

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Interações entre plantas carnívoras e suas presas: um estudo dos
mecanismos de atração de *Drosera* da Serra do Cipó, Minas Gerais

Atílio Álvaro de Jesus Andrade

São João del-Rei

2024

Átlio Álvaro de Jesus Andrade

Interações entre plantas carnívoras e suas presas: um estudo dos mecanismos de atração de *Drosera* da Serra do Cipó, Minas Gerais

Orientador: Prof. Dr. Cleber José da Silva

Coorientador: Dr. Júnio Gonçalves Silva

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Minatel Gonella Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

São João del-Rei

2024

Atílio Álvaro de Jesus Andrade

Título: Interações entre plantas carnívoras e suas presas: um estudo dos mecanismos de atração de *Drosera* na Serra do Cipó, Minas Gerais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Aprovado em: 07/03/2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. Cleber José da Silva (Orientador)

Universidade Federal de São João del-Rei

Prof. Dr. José Elvino do Nascimento Júnior (Membro titular)

Universidade Federal de São João del-Rei

Prof. Dr. Vinicius Coelho Kuster (Membro titular)

Universidade Federal de Jataí- Goiás

Prof. Dra. Gislene Carvalho de Castro (Membra suplente)

Universidade Federal de São João del-Rei

Dra. Daiane Szczerbowski Montes Vidal (Membra suplente)

Universidade Federal de Minas Gerais



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 3/2024 - PGE (13.08)

Nº do Protocolo: 23122.008654/2024-86

São João del-Rei-MG, 14 de março de 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL - REI / UFSJ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA - PGE



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO – M.Sc.

Aos sete dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e quatro, às 14 horas, na Universidade Federal de São João del - Rei, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado do aluno **Atilio Álvaro de Jesus Andrade**. A banca examinadora foi **composta pelo professor Dr. Vinícius Coelho Kuster, UFJ, examinador externo, pelo professor José Elvino do Nascimento Júnior, UFSJ, examinador interno, pelo professor Cleber José da Silva, UFSJ, orientador**. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do professor Cleber José da Silva, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou ao candidato que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada **“Interações entre plantas carnívoras e suas presas: um estudo dos mecanismos de atração de Drosera da Serra do Cipó, Minas Gerais”**, marcando um tempo de cinquenta minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o Professor Cleber José da Silva passou a palavra ao examinador externo, Vinícius Coelho Kuster, para arguir o candidato e, em seguida, para o examinador interno, José Elvino do Nascimento Júnior, para que fizesse o mesmo. Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, o candidato foi APROVADO conforme as normas vigentes na Universidade Federal de São João del – Rei. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa no prazo de 30(trinta) dias, a contar da data de defesa, contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante na folha de correção anexa, conforme o artigo 97 da Resolução CONEP Nº 001, de 15 de março de 2023. O candidato não terá o título se não cumprir as exigências acima descritas.

(Assinado digitalmente em 21/03/2024 11:00)

CLEBER JOSE DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DECEB (12.11)
Matrícula: ###704#3

(Assinado digitalmente em 14/03/2024 15:06)

JOSÉ ELVINO DO NASCIMENTO JUNIOR
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
PGE (13.08)
Matrícula: ###982#0

(Assinado digitalmente em 20/03/2024 19:53)

ATÍLIO ALVARO DE JESUS ANDRADE

DISCENTE

Matrícula: 2022#####1

(Assinado digitalmente em 14/03/2024 13:11)

VINÍCIUS COELHO KUSTER

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.207-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufsj.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **3**, ano: **2024**, tipo: **ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**, data de emissão: **14/03/2024** e o código de verificação: **f2c7b0eca2**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A554i Andrade, Atílio Álvaro de Jesus.
Interações entre plantas carnívoras e suas presas:
um estudo dos mecanismos de atração de Drosera da
Serra do Cipó, Minas Gerais / Atílio Álvaro de Jesus
Andrade ; orientador Cleber José da Silva;
coorientador Paulo Sergio Minatel Gonella Silva. --
São João del-Rei, 2024.
50 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ecologia) -- Universidade Federal de São João del
Rei, 2024.

1. Plantas Carnívoras. 2. Drosera. 3. Ecologia. 4.
Interação Inseto Planta. 5. Serra do Cipó. I. Silva,
Cleber José da, orient. II. Silva, Paulo Sergio
Minatel Gonella, co-orient. III. Título.

*'...at the present moment, I care more about Drosera
than the origin of all the species in the world.'*

Charles Darwin

Letter to Charles Lyell (1860)

Financiamentos:



Universidade Federal
de São João del-Rei



Apoio e colaborações:



Universidade Federal
de São João del-Rei



AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me dar forças e fortalecer minha mente e espírito para chegar até aqui e conseguir concluir mais essa etapa de minha vida.

Aos meus familiares e amigos, que sempre me apoiaram. A meu pai, Adriano Avelino de Andrade e, em especial, a minha mãe, Dulceana Natália Magalhães de Andrade, que me incentivou a seguir a carreira acadêmica na área que mais amo, no estudo das mais diversas formas de vida e suas complexas interações com o ambiente.

Ao meu orientador Cleber José da Silva, meu coorientador Paulo Sergio Minatel Gonella Silva e meu coorientador Júnio Gonçalves Silva, que apesar de todas adversidades, sempre caminhamos em frente, e por todo o suporte dado desde o dia que ingressei no programa, não só nos momentos de reflexão e trabalho, mas como amigos. Obrigado pela confiança depositada em mim, por todos ensinamentos, e pelos cafezinhos.

Ao doutor Danilo Pacheco Cordeiro, pela ajuda na identificação dos insetos e à doutora Daiane Szczerbowski, pelo conhecimento compartilhado e pela ajuda nas análises químicas. A professora doutora Mariana Naomi Saka, e aos discentes Patrícia Paulino Melo, Rafaela Romão Fernandes de Azevedo, Valeria Venância de Paula Santos e Luiz Henrique Rocha Pinto, pela ajuda em campo. A Rayssa Andrade por toda ajuda no laboratório.

Agradeço à UFSJ (Universidade Federal de São João del-Rei) pelos mais de 6 anos de aprendizado e pelas oportunidades concedidas.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) por ter financiado minha pesquisa. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela concessão da licença de coleta.

Aos professores doutores Vinicius Coelho Kuster e José Elvino do Nascimento Júnior, por todo conhecimento compartilhado, e por todas sugestões feitas em minha banca de qualificação, que enriqueceram e muito este trabalho.

Ao PGE (Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFSJ) e todos os professores membros do programa, que por meio das disciplinas e ensinamentos, contribuíram para meu amadurecimento pessoal, intelectual e acadêmico. Sem vocês esse trabalho jamais teria sido concluído.

Por último, mas não menos importante, a todos que acompanharam mesmo que de longe, e desejaram que o trabalho fosse feito da melhor forma possível. A todos que de alguma forma ajudaram e incentivaram, o meu mais profundo agradecimento!

SUMÁRIO

Resumo	11
Abstract	12
1. Introdução	13
2. Material e Métodos	15
2.1. Caracterização da Área de Estudo	15
2.2. Material Vegetal.....	17
2.2.1. Espécies utilizadas no estudo.....	18
2.3. Análise Histoquímica.....	20
2.4. Análise Cromatográfica.....	22
2.4.1. Análise dos voláteis.....	22
2.4.1.1. Dissolução em DMSO com fluxo de ar.....	22
2.4.1.2. Dissolução em DMSO por exposição.....	23
2.4.1.3. Dissolução em acetato de etila por esfregaço.....	23
2.4.2. Análise Cromatográfica.....	24
2.5. Análise das Presas.....	25
3. Resultados	26
4. Discussão	37
5. Conclusão	44
6. Referências Bibliográficas	45

RESUMO

Nesta dissertação, foram realizadas investigações histoquímicas e cromatográficas acerca de substâncias produzidas para possível atração de presas de *Drosera quartzicola* e *Drosera tentaculata* (Droseraceae), duas espécies de plantas carnívoras, coletadas no Parque Nacional da Serra do Cipó, localizada na região centro-leste de Minas Gerais. Foi feito também um levantamento das presas capturadas por *Drosera*, buscando correlacionar se a posição da folha de cada espécie (ereta ou patente ao solo) influencia na quantidade e na diversidade de presas capturadas. As análises histoquímicas indicaram a presença de fenóis, lipídios ácidos, mucilagem, pectina, proteínas e esteroides na cabeça dos tentáculos de ambas as espécies. Essas análises indicaram também, nos tricomas do meio da lâmina foliar, a presença de fenóis, enzimas digestivas, lipídios ácidos e proteínas para ambas espécies. Além disso, foi revelada presença de esteroides, como também ácidos resiníferos, fenóis e lipídios ácidos nos tricomas de *D. quartzicola*. Enzimas digestivas foram evidenciadas na cabeça dos tentáculos e nos tricomas do meio da lâmina foliar em ambas espécies. Análises de cromatografia gasosa acoplada a detector de massas foram realizadas na intenção de detectar voláteis produzidos pelas espécies. No entanto, as análises mostraram resultados negativos. Verificou-se também que a posição da folha influencia o tipo de presa capturada, com mais insetos caminchantes capturados pelas espécies com folhas patentes ao solo, e mais insetos alados capturados pelas espécies com folhas eretas. As espécies de folhas eretas capturaram mais presas, e também uma diversidade taxonômica de insetos maior, se comparado as espécies de folhas patentes ao solo.

Palavras-chave: *Drosera*, interação inseto-planta, plantas carnívoras, Serra do Cipó.

ABSTRACT

In this dissertation, histochemical and chromatographic investigations were carried out on substances produced to possibly attract prey of *Drosera quartzicola* and *Drosera tentaculata* (Droseraceae), two species of carnivorous plants, collected in Serra do Cipó National Park, located in the central-eastern region of Minas Gerais. A survey of prey captured by *Drosera* was also carried out, seeking to correlate whether the position of the leaf of each species (erect or parallel to the ground) influences the quantity and diversity of prey captured. Histochemical analyzes indicated the presence of phenols, acid lipids, mucilage, pectin, proteins, and steroids in the tentacle heads of both species. These analyzes also indicated, in the trichomes in the middle of the leaf blade, the presence of phenols, digestive enzymes, acid lipids and proteins in both species. Furthermore, the presence of steroids, as well as resin acids, phenols and acid lipids, was revealed in the trichomes of *D. quartzicola*. Digestive enzymes were evidenced in the head of the tentacles and in trichomes in the middle of the leaf blade in both species. Gas chromatography analyzes coupled to a mass detector were performed with the intention of detecting volatiles produced by the species. However, the analyzes showed negative results. It was also found that the position of the leaf influences the type of prey captured, with more walking insects captured by species with leaves parallel to the ground, and more winged insects captured by species with erect leaves. Species with erect leaves captured more prey, and also a greater taxonomic diversity of insects, compared to species with leaves parallel to the ground.

Key-words: carnivorous plants, *Drosera*, insect-plant interaction, Serra do Cipó.

1. INTRODUÇÃO

As plantas são organismos que desempenham papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecológico do planeta. O conhecimento sobre como as plantas influenciam o comportamento do seu entorno, em especial o comportamento dos insetos, aumentou nas últimas décadas. Exemplo disso são os crescentes estudos na área de emissão de compostos voláteis por plantas (Hatcher *et al.*, 2021; Adams, 2017). Isso mostra que as plantas não são passivas, e que elas evoluíram especificamente para sobreviver no ambiente onde estão, seja para atrair polinizadores, como para repelir herbívoros, e até para inibir o crescimento de outras plantas ao seu redor (Mithöfer, 2022).

Embora as plantas sejam objeto de estudo desde os primórdios, ainda há muito a ser descoberto. Um dos tópicos pouco explorados são os estudos químicos sobre as formas de predação das plantas carnívoras, e como elas sobrevivem em *habitats* cada vez mais afetados por ações antropogênicas e por fatores ambientais diversos (Banaś *et al.*, 2023). Além disso, as plantas carnívoras são importantes indicadoras de biodiversidade e conservação ambiental, sendo muitas dessas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, reforçando ainda mais a necessidade de novos estudos acerca dessas plantas (Cross *et al.*, 2020).

As plantas carnívoras são predadoras que atraem suas presas com odores e/ou estímulos visuais, as prendem e as digerem (Nishihara *et al.*, 2023). O modo com que elas absorvem nutrientes é uma adaptação ao *habitat* pobre em nutrientes, suprimindo a escassez de nutrientes do solo, como também é um diferencial competitivo e de sobrevivência frente a outras plantas (Fleischmann *et al.*, 2018). As plantas carnívoras têm como *habitat* locais pobres em nitrogênio e fósforo, porém com muita água e incidência solar, já que o custo de produzir folhas com armadilhas para capturar presas diminui a eficiência fotossintética. Nesses *habitats*, é possível encontrar altas densidades de indivíduos de plantas carnívoras (Tagawa & Watanabe, 2021).

Charles Darwin (1875) foi o primeiro a registrar que algumas plantas podem capturar e digerir animais, sugerindo que a origem da carnivoria em plantas ocorreu mais de uma vez, e de forma independente, que foi confirmado em estudos recentes como o de Adamec *et al.*, (2021). Por isso que dentre as 300.000 espécies de plantas com flores, cerca de 860 espécies (0,28%) são plantas carnívoras, podendo ser encontradas em 13 famílias e 19 gêneros diferentes, que segundo Lin *et al* (2021), comprova que a síndrome carnívora em plantas se desenvolveu de forma independente pelo menos 12 vezes no reino vegetal. Dentre as plantas carnívoras, a família Droseraceae, pertencente à ordem Caryophyllales (Nepenthales, *sensu* Fleischmann *et al.*, 2018), tem distribuição mundial, possuindo três gêneros: *Aldrovanda* L., *Dionaea* Sol. ex J. Ellis, e *Drosera* L., sendo que os dois primeiros são monotípicos (Nishihara *et al.*, 2023).

Drosera é o maior gênero de plantas carnívoras em número de espécies, sendo composto por aproximadamente 250 espécies (Gonella *et al.*, 2022). O Brasil possui 32 espécies e uma notoespécie (espécie híbrida que é o cruzamento natural de duas espécies diferentes), sendo 19 delas endêmicas, e 12 espécies consideradas ameaçadas em extinção (Flora e Funga do Brasil, 2023; Gonella *et al.*, 2022). Dentre todas as 32 espécies brasileiras, é possível dividi-las de acordo com a posição e arranjo das folhas. As folhas que as droseras utilizam para capturar presas possuem duas variações em sua posição em relação ao solo, sendo elas eretas, ou patentes (em forma de roseta) (Gonella *et al.*, 2022).

As droseras são caracterizadas pela presença de emergências glandulares vascularizadas e móveis (tentáculos), situadas sobre a superfície adaxial da lâmina foliar. Esses tentáculos exsudam uma mucilagem com compostos adesivos, utilizando armadilhas do tipo adesiva para capturar suas presas (Gonella, 2012). Quando os tentáculos recebem um estímulo gerado pelos movimentos da presa após ser capturada, os tentáculos próximos ao local que a presa está se dobram em direção a ela, para garantir sua captura e maximizar a área de digestão (Hatcher *et al.*, 2021). As presas geralmente morrem afogadas na mucilagem, com o processo digestivo durando alguns dias, restando apenas o exoesqueleto de quitina no final do processo.

Apesar do conhecimento evolutivo como um todo ter se aprofundado com o avanço da biologia molecular, e embora alguns gêneros como *Dionaea* e *Sarracenia* tenham seus mecanismos de atração de presas elucidados na literatura, outros gêneros

como *Drosera* foram pouco estudados. É confirmado, por exemplo, nas plantas carnívoras do gênero *Dionaea*, que os insetos são atraídos pelo mimetismo do cheiro de alimentos, sendo capazes de produzir uma mistura volátil, gerando um odor que possui forte semelhança com frutos e flores de plantas (Kreuzwieser *et al.*, 2014). Outro exemplo são as plantas carnívoras do gênero *Sarracenia*, que atraem presas emitindo compostos voláteis tipicamente encontrados em flores e frutos, sugerindo que suas armadilhas são mímicas de flores e frutos, porém as *Drosera* emitem compostos voláteis em baixas quantidades e que são normalmente emitidos por folhas verdes comuns não carnívoras, não chegando a um consenso de qual forma esse gênero consegue atrair suas presas (Jürgens *et al.*, 2015).

A Serra do Cipó, na região central de Minas Gerais, é um dos centros de diversidade de *Drosera* no Brasil, onde são encontradas 11 espécies do gênero (Rivadavia & Gonella, 2011; Gonella *et al.*, 2014; Gonella *et al.*, 2022). No estudo de Rivadavia & Gonella (2011), é descrita uma nova espécie de *Drosera*, *D. quartzicola* Rivadavia & Gonella, endêmica da Serra do Cipó, e com tricomas que ocorrem em seu pecíolo também descritos pela primeira vez, denominados “translúcidos”, cuja função é desconhecida.

Diante da escassez de estudos sobre as formas como as droseras atraem suas presas e quais tipos de insetos compõe sua alimentação, o presente trabalho tem como objetivo geral aprofundar o conhecimento acerca da interação ecológica das droseras com suas presas, e tem como objetivos específicos analisar as presas de espécies de *Drosera*, avaliando se as presas variam a depender do tipo de folha.

Além disso, o estudo visa investigar as possíveis substâncias usadas pelas plantas para atrair suas presas, e averiguar como esses mecanismos de atração variam entre espécies e entre diferentes padrões de folhas, bem como investigar a função dos tricomas translúcidos identificados em *D. quartzicola*, visando fornecer informações importantes que ajudem a contribuir para a conservação não só das espécies estudadas, mas também do gênero como um todo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no Parque Nacional da Serra do Cipó (Figura 1), que se localiza na região centro-leste de Minas Gerais, próximo ao distrito homônimo do município de Santana do Riacho, situado na porção sul da Cadeia do Espinhaço, no qual predominam afloramentos de rocha quartzítica e arenítica, entre os paralelos 19°12'-19°35'S e longitude 43°30'-43°60'W. A serra possui esse nome devido ao seu principal curso d'água, o rio Cipó (Meguro *et al.*, 2007).

O Parque possui clima do tipo Cwb de Köppen, denominado Tropical Subquente Mesotérmico Brando e Tropical Subquente Semi-Úmido, sendo verões chuvosos e invernos secos, com temperaturas podendo chegar até 28 °C no verão, e abaixo de 15 °C no inverno (Jardim & Galvani, 2022). Tem altitudes que variam entre 750 e 1800 m, possuindo precipitação média anual entre 1.300 e 1.600 mm (Ribeiro & Figueira, 2011).

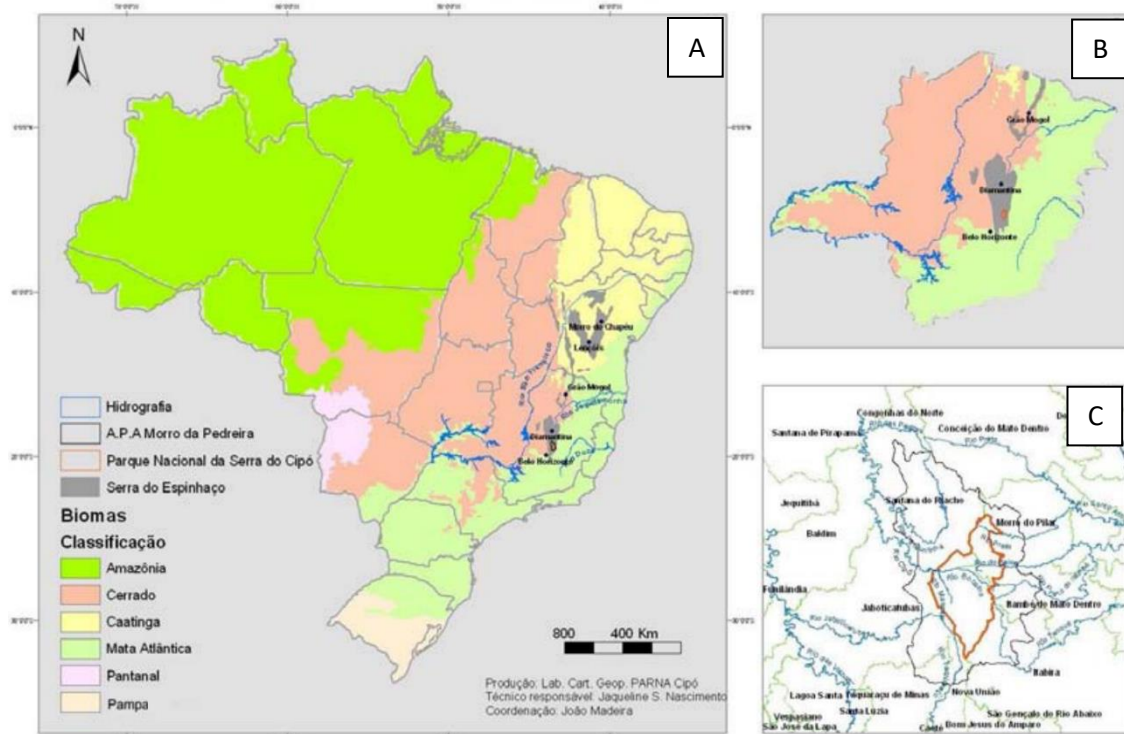


Figura 1. A. Mapa geográfico delimitando Biomas presentes no Brasil. B. Mapa em detalhe apresentando o Estado de Minas Gerais e localização do Parque Nacional da Serra do Cipó e Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira. C. Detalhe apresentando limites das duas unidades de conservação, limites dos municípios da região e seus principais rios, estando a Serra do Cipó com o traço na cor laranja. Fonte: [ICMBIO](#)

De acordo com o plano de manejo do parque (MMA-ICMBIO, 2009), os biomas Mata Atlântica e Cerrado estão presentes, incluindo também áreas significativas das fitofisionomias de Campos Rupestres e Mata Ciliar. O parque é também uma área de importância científica por possuir muitas espécies endêmicas (Gonçalves *et al*, 2022).

2.2. Material vegetal

Foram realizadas duas expedições ao Parque Nacional da Serra do Cipó, sendo uma em setembro de 2022 e uma em maio de 2023. Na primeira expedição foram coletados três indivíduos de sete espécies, e na segunda expedição dez indivíduos de duas espécies. A coleta de cada um dos indivíduos foi realizada de maneira espaçada em cada população, a fim de se evitar espécimes clones.

Toda a expedição e todos os processos realizados neste trabalho foram observados, descritos e registrados por meio de fotografias. Um indivíduo de cada espécie da segunda coleta serviu como material testemunho, que foi herborizado e depositado no Herbário do *Campus Dom Bosco* da UFSJ (HUFSJ 12633 sendo *Drosera quartzicola* e HUFSJ 12639 sendo *Drosera tentaculata*).

As coletas foram feitas após aprovação de licença para coleta dentro do Parque Nacional da Serra do Cipó. Vale ressaltar que a licença foi obtida para coletar 3 exemplares de todas espécies encontradas na primeira coleta, e após nova solicitação de licença, para a segunda coleta, visando somente as duas espécies de interesse do estudo, foi permitido coletar 10 exemplares de cada uma das duas espécies. As restrições são justificadas por se tratarem de espécies de pequena população, e por *D. quartzicola* ser endêmica e estar ameaçada de extinção.

A primeira coleta foi uma expedição preliminar investigativa, onde foram coletados três indivíduos de todas espécies de droseras encontradas, não só no ponto de coleta, mas em toda a trilha escolhida, entre os paralelos 19°12'-19°20'S e longitude 43°30'-43°40'W, sendo observado e coletado as seguintes espécies: *D. camporupestris* Rivadavia (2003: 85), *D. chrysolepsis* Taubert (1893: 505), *D. communis* Saint-Hilaire [1824: t. XV (1)], *D. quartzicola* Rivadavia & Gonella (2011: 34), *D. spirocalyx* Gonella

& Rivadavia in Gonella *et al.* (2014: 155), *D. tentaculata* Rivadavia (2003: 79) e *D. tomentosa* Saint-Hilaire (1826: 261).

Os espécimes coletados foram preservados em FAA 70 (formaldeído, ácido acético glacial e etanol 70%, 1:1:18, v/v), sendo analisados e fotografados em microscópio estereoscópico trinocular (lupa) acoplada à câmera (modelo AxioCam ERc5s, Zeiss) e do programa Axio Vision Documentation. Após serem analisados, decidiu-se focar o estudo nas espécies *D. quartzicola* e *D. tentaculata*.

A segunda coleta ocorreu em maio de 2023, sendo coletados 10 indivíduos de *D. quartzicola* e 10 indivíduos de *D. tentaculata* vivos, para fazer análises com o material fresco. O ponto da coleta foi escolhido por ser um local onde ambas espécies coexistem, sendo localizado no paralelo 19°30'S e 43°55'W de longitude, com 1330 m de altitude (Figura 2). Todos os insetos encontrados nas espécies presentes no ponto de coleta que eram visíveis a olho nu foram coletados e armazenados em álcool 70%.

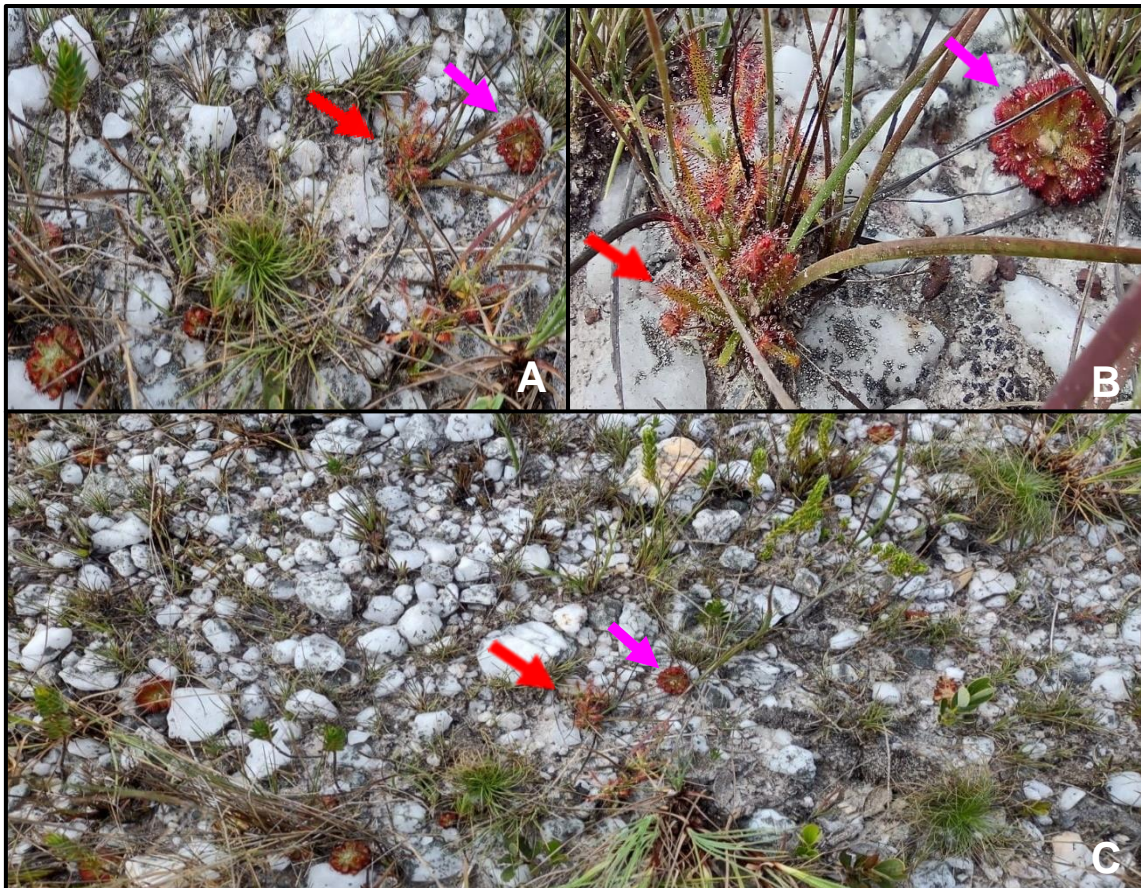


Figura 2. *Drosera quartzicola* e *D. tentaculata* coexistindo lado a lado no ponto de coleta. Seta vermelha: espécimes de *D. quartzicola*. Seta rosa: espécimes de *D. tentaculata*.

2.2.1. Espécies utilizadas no estudo

As duas espécies foram escolhidas para o estudo pelo fato de *D. quartzicola* possuir folhas eretas, ser endêmica da Serra do Cipó, ter poucos estudos acerca dessa espécie, e por ter sido descoberta recentemente (Rivadavia & Gonella, 2011); e *D. tentaculata*, por possuir folhas em forma de roseta (paralelas ao solo), e possuir populações próximas de *D. quartzicola*, podendo ser realizado análises comparativas.

De acordo com Gonella *et al.* (2022), *D. quartzicola* (Figura 3) são ervas perenes rosetadas, com folhas eretas, acaulescentes, que as vezes formam caules curtos cobertos de folhas mortas persistentes, podendo chegar até 4 cm de altura. Têm pêlos glandulares brancos de 0,5-3,0 mm de comprimento, presente nas folhas, com escapos, pedicelos e sépalas. Possuem também tricomas diminutos, que são glândulas sésseis de 0,03 mm de diâmetro encontradas esparsamente nas folhas (abaxialmente), e com tricomas globosos

multicelulares translúcidos-amarelados, de 0,10-0,15 mm de diâmetro presentes na lâmina (abaxialmente) e nos pecíolos (adaxial e abaxialmente). *D. quartzicola* cresce em pequenas populações em areia fina misturada com cascalho de quartzo branco, entre gramíneas e ciperáceas esparsas. Tem o *habitat* geralmente úmido no período chuvoso, mas em contrapartida no inverno o *habitat* se torna muito seco. Floresce na estação úmida. Foi observada crescendo em simpatria com *D. tentaculata* e *D. chrysolepsis* em vegetações de campo rupestre da Serra do Cipó.



Figura 3. *Drosera quartzicola*. **A.** Espécime com inflorescência. **B.** Uma população de *D. quartzicola*.

Segundo Gonella *et al.* (2014), *D. tentaculata* (Figura 4) são ervas perenes rosetadas, com folhas próximas ao solo em forma de roseta de 3-17 mm de comprimento, acaulescentes e por vezes formando colunas de folhas mortas de até 2,5 cm de altura. O indumento geral é formado por pêlos glandulares brancos de até 1,5 mm de comprimento na superfície abaxial da folha, sendo raramente encontrado na superfície adaxial do pecíolo e próximo à base do escapo. Possuem tricomas glandulares capitados nos pedicelos, sépalos, brácteas e no escapo, com minúsculas glândulas sesséis nas folhas e em partes da inflorescência. São endêmicas da Cadeia do Espinhaço, sendo encontradas na Bahia e em Minas Gerais, em vegetação de campo rupestre em *habitats* montanhosos

entre 800 até 1600 m, crescendo geralmente em areia branca e fina com cascalho de quartzo, sendo também encontradas em finas camadas de solo sob arenito e em solo turfoso-arenoso. Sua floração ocorre no período seco do inverno, sendo encontrada crescendo em simpatria com *D. camporupestris*, *D. chrysolepis*, *D. montana*, *D. quartzicola*, *D. schwackei*, *D. spiralis*, *D. spirocalyx* e *D. tomentosa*.

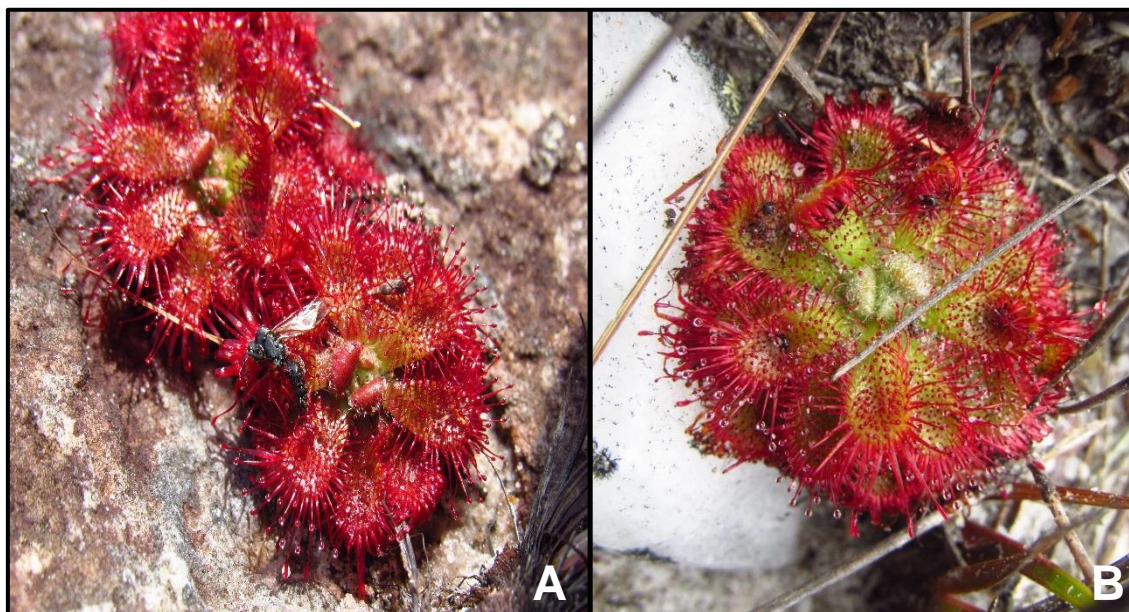


Figura 4. *Drosera tentaculata*. **A.** Ao lado esquerdo, um espécime com nenhuma presa capturada, e ao lado direito, um espécime com uma presa capturada. **B.** Espécime com seis presas capturadas.

2.3. Análise histoquímica

Para a realização dos testes histoquímicos, foram utilizadas folhas adultas e frescas de três indivíduos de cada espécie, com o intuito de identificar as principais classes de metabólitos produzidos.

Os testes foram realizados nas lâminas foliares inteiras e nos pecíolos. Os controles foram realizados simultaneamente, seguindo as recomendações dos respectivos autores dos testes histoquímicos (Tabela 1).

Os metabólitos foram descritos e registrados por meio de fotomicrografias obtidas em microscópio óptico trinocular acoplado à câmera (Modelo AxioCam ERc5s, Zeiss) e do programa *Axio Vision Documentation*.

Tabela 1. Grupos de metabólitos e respectivos testes aplicados em folhas de *Drosera* spp. para detectar as principais classes de metabólitos primários e secundários.

	Grupos de Metabólitos	Testes Aplicados
Compostos Fenólicos	Compostos Fenólicos Gerais	Dicromato de Potássio (Gabe, 1968)
	Taninos	Vanilina Clorídrica (Mace & Howell, 1974)
	Lignina	Floroglucinol (Jensen, 1962)
Enzimas	Enzimas de Digestão	Fosfatase Ácida (Gomori, 1956)
Lipídios	Lipídios Totais	Sudan III (Sass, 1951)
		Sudan Vermelho Escarlata (Pearse, 1980)
		Vermelho Neutro (Kirk, 1970)
	Lipídios Ácidos e Neutros	Sulfato Azul de Nilo (Cain, 1947)
Polissacarídeos	Polissacarídeos Gerais	Reagente de Schiff (McManus, 1948)
	Pectinas	Vermelho de Rutênio (Johansen, 1940)
		Ácido Tânico (Pizzolato & Lillie, 1973)
	Mucopolissacarídeos	Azul de Alcian (Pearse, 1980)
Proteínas		Xilidine Ponceau (XP) (O' Brien & McCully, 1981)
		Azul Brilhante de Comassie (Fischer, 1968)
Terpenoides	Óleos Essenciais e Óleo-resinas	Reagente de Nadi (David & Carde, 1964)
	Esteroides	Tricloreto de Antimônio (Hardman & Sofowora, 1972; Mace <i>et al.</i> , 1974)

2.4. Análise cromatográfica

Para as análises cromatográficas, foram utilizados seis indivíduos de cada espécie, no intuito de se identificar possíveis voláteis produzidos.

2.4.1. Análise dos voláteis

2.4.1.1. Dissolução em DMSO com fluxo de ar

Ao sistema indicado na Figura 5, em frascos de análise diferentes, foram introduzidos 2 frascos com 1 indivíduo de *D. tentaculata* em cada, 2 frascos com 1 indivíduo de *D. quartzicola* em cada, 1 frasco somente com o solo, e 1 vazio (o branco). Os recipientes utilizados foram frascos de polipropileno H 107 (50 mL) esterilizado nos quais foram realizadas duas aberturas laterais, uma das aberturas foi conectada um tubo de vidro com algodão embebido em DMSO (dimetilsulfóxido). A extremidade deste tubo de vidro foi conectada à uma bomba de vácuo operando à 200 mmHg. A outra abertura foi conectada a um tubo de vidro contendo algodão seco na sua extremidade. Os frascos com os indivíduos de drosera possuíam também o solo coletado junto com as espécies. O sistema permaneceu sob fluxo de ar induzido pela bomba de vácuo por 3 h. Após este tempo, percolou-se 1,0 mL de DCM (diclorometano) ao algodão de maneira a extrair os voláteis dissolvidos durante a aplicação do fluxo de ar. O extrato em DCM foi imediatamente submetido às análises cromatográficas.



Figura 5. Sistema de dissolução em DMSO com fluxo de ar.

2.4.1.2. Dissolução em DMSO por exposição

O experimento foi realizado em diferentes béqueres de vidro esterilizados, sendo 1 béquer de 250 mL contendo o solo, 1 béquer de 500 mL vazio (branco), 1 béquer de 1 L contendo 6 indivíduos de *D. quartzicola*, e 1 béquer de 1 L contendo 6 indivíduos de *D. tentaculata* (Figura 6). Os béqueres com as espécies vegetais continham também o substrato no qual as mesmas estavam plantadas. Juntamente com as plantas, foram fixadas hastes de madeira contendo na extremidade um pedaço de algodão (25 mg) embebido em DMSO (100 μ L). Ajustou-se o sistema de maneira que o algodão permaneceu 5 cm acima do nível do solo e no centro do béquer. Os béqueres foram cobertos com plástico filme, permanecendo assim por 24 h. Após este tempo, os algodões foram percolados com 1 mL de DCM e o extrato formado foi imediatamente submetido às análises cromatográficas.



Figura 6. Sistema de dissolução em DMSO por exposição.

2.4.1.3. Dissolução em Acetato de Etila por esfregaço

Foram realizados dois esfregaços, sendo um esfregaço em todos os 6 indivíduos de *D. quartzicola*, e outro esfregaço em todos 6 indivíduos de *D. tentaculata* (Figura 7). Os esfregaços foram realizados usando uma haste de madeira com algodão embebido de acetato de etila (100 μ L) em sua extremidade, o procedimento foi realizado 3 vezes em cada indivíduo, e posteriormente, os algodões foram extraídos com 1 mL de DCM. Também foi realizado o branco deste ensaio.



Figura 7. Adsorção em acetato de etila por esfregaço.

2.4.2. Análise cromatográfica

A detecção dos voláteis foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos do Campus de Sete Lagoas. Utilizou-se equipamento Shimadzu GC-17A equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna capilar de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm, filme espessura de 0,25 μm). As seguintes condições cromatográficas foram empregadas: gás de arraste N_2 sob fluxo de 1,8 mL min^{-1} ; temperatura do injetor de 220 $^{\circ}\text{C}$; temperatura do detector de 240 $^{\circ}\text{C}$; temperatura inicial da coluna de 40 $^{\circ}\text{C}$, isotérmica por 4 min seguido de aquecimento a 3 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$ a 240 $^{\circ}\text{C}$, permanecendo isotérmica por 15 min; volume de injeção de amostra de 1,0 μL (10 mg mL^{-1} em diclorometano); razão de divisão de 1:10 e pressão da coluna de 115 kPa.

As análises foram realizadas em triplicata e a concentração de cada componente foi calculada como a porcentagem da área do pico correspondente à área total de todos os picos observados no cromatograma. Para identificar os compostos, os extratos foram analisados em aparelho Shimadzu GC-17A, equipado com coluna de sílica fundida RTX-5 (30 m x 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 μm) e acoplado ao espectrômetro de massa Shimadzu GCMS- QP5050A. Todas as amostras foram inseridas em microvials de 1mL juntamente com diclorometano.

As condições cromatográficas foram as mesmas utilizadas para as análises de GC-MS. A identificação dos componentes do extrato foi realizada pela comparação de seus índices de retenção relativa (IRR) (Adams, 2017) em relação a uma série de alcanos padrão (C7-C30), bem como uma comparação de seus espectros de massa com aqueles disponíveis no banco de dados da biblioteca Wiley (Wiley 7.0 e NIST 11).

2.5. Análise das presas

Dentro do ponto de coleta, e após coletar os 10 exemplares permitidos de cada espécie para as análises histoquímicas e para as análises cromatográficas, foram coletadas todas as folhas de droseras que possuíam insetos em sua lâmina foliar, a fim de capturar o máximo de insetos sem danificá-los com o manuseio. Foi feita amostragem total das populações, levando um tempo total de 2 horas e 30 minutos.

As folhas foram separadas de acordo com sua posição, sendo coletadas presas de folhas eretas e presas de folhas em forma de roseta. Nesta análise não foram utilizadas somente as folhas das duas espécies de *Drosera*, como também de todas espécies encontradas no local, afim de se ter um resultado amplo e com mais dados. O ponto de coleta possuía também *D. spirocalyx* possuindo folha em forma de roseta, e *D. chrysolepsis* com folhas eretas.



Figura 8. Frascos de tampa azul com presas de droseras de folhas em forma de roseta, e frascos de tampa vermelha com presas de folhas eretas.

Após a coleta, os insetos foram armazenados em álcool 70% e foram encaminhados ao Laboratório de Anatomia Vegetal do DECEB, *Campus* de Sete Lagoas da UFSJ (Figura 8), sendo feito o registro fotográfico em microscópio estereoscópico trinocular (lupa) acoplada à câmera (modelo AxioCam ERc5s, Zeiss) e do programa *Axio Vision Documentation*. Após os registros fotográficos, os insetos foram contabilizados e devidamente identificados com o auxílio do taxonomista entomólogo Dr. Danilo Pacheco Cordeiro, chegando ao menor grau taxonômico possível.

3. RESULTADOS

Análise histoquímica

Os resultados das análises histoquímicas das folhas de *D. quartzicola* e *D. tentaculata* estão resumidos na Tabela 2, e os registros fotográficos nas Figuras 9-12. Dentre os 16 testes realizados, 10 testes foram positivos em *D. quartzicola* (62,50%), e 9 testes foram positivos em *D. tentaculata* (56,25%).

Tabela 2. Caracterização histoquímica das folhas de *D. quartzicola* e *D. tentaculata*.

Grupo de Compostos	Teste Aplicado	<i>D. quartzicola</i>			<i>D. tentaculata</i>	
		Ten.	Tri.	Tri. T.	Ten.	Tri.
Compostos Fenólicos	Dicromato de Potássio	+	+	+	+	+
	Vanilina Clorídrica	N.C.	N.C.	-	N.C.	N.C.
Enzimas	Floroglucinol	-	-	-	-	-
	Fosfatase Ácida	+	+	-	+	+
Lipídios	Sudan III	-	-	-	-	-
	Sudan Vermelho	-	-	-	-	-
	Escarlate	-	-	-	-	-
	Azul do Nilo	+	+	+	+	+
Polissacarídeos	Vermelho Neutro	-	-	-	-	-
	Reagente de Schiff	+	+	-	+	+
	Vermelho de Rutênio	+	+	-	+	N.C.
	Ácido Tânico	+	-	-	+	-
Proteínas	Azul de Alcian	-	-	-	-	-
	Azul de Comassie	+	+	-	+	+
	Xilidine Ponceau	+	+	-	+	N.C.
Terpenoides	Reagente de Nadi	-	-	+	-	-
	Tricloreto de Antimônio	+	-	+	+	-

Tem.- Tentáculos; **Tri.-** Tricomas; **Tri. T.-** Tricomas Translúcidos; **N.C.-** Não Conclusivo; + = reação positiva; - = reação negativa.

Compostos fenólicos foram evidenciados em ambas espécies, já que o teste dicromato de potássio, para detectar fenóis, foi positivo nas duas espécies, sendo o dicromato de potássio positivo nos tentáculos, tricomas da região mediana da lâmina foliar, e nos tricomas translúcidos de *D. quartzicola* (Figura 9 K-L), e nos tentáculos e tricomas da região mediana da lâmina foliar em *D. tentaculata* (Figura 11 K-L). Ao usar o teste de fosfatase ácida, no intuito de detectar possíveis enzimas digestivas e onde as plantas secretam essas enzimas para digerir as presas, obteve-se resultado positivo nos tentáculos e nos tricomas da região mediana de ambas espécies (Figura 10 M-N, e Figura 12 M-N).

Polissacarídeos deram resultado positivo em três dos quatro testes realizados, sendo a presença de mucilagem e amido positiva nos tentáculos e tricomas de ambas

espécies, confirmada pelo reagente de schiff (Figura 10 Q-R e Figura 12 O-P). A presença de pectina nos tentáculos e tricomas de *D. quartzicola* foi confirmada pelo emprego do teste vermelho de rutênio (Figura 10 U-V), enquanto para *D. tentaculata* foi positivo nos tentáculos, sendo não conclusivo nos tricomas (Figura 12 S-T). A presença de pectinas na cabeça dos tentáculos das duas espécies foi confirmada através do teste com ácido tânico (Figura 9 E-F e Figura 11 E-F).

Por meio do teste azul de comassie, realizado para detectar a presença de proteínas, obteve-se resultados positivos nítidos nos tentáculos e tricomas de ambas espécies (Figura 9 G-H e Figura 11 G-H), e com o teste de xilidine ponceau (XP), obteve-se resultados positivos nas hastes dos tentáculos de ambas espécies, porém não conclusivos na cabeça dos tentáculos por ser a mesma cor de natureza do tentáculo. Nos tricomas de *D. quartzicola*, por serem transparentes, foi possível observar o resultado positivo para proteínas (Figura 10 W-X). Já nos tricomas de *D. tentaculata*, que são vermelhos, não foi possível chegar em um resultado conclusivo (Figura 12 U-V).

Foi observado coloração azul nos tricomas e tentáculos de ambas espécies quando se empregou azul do nilo, evidenciando lipídios ácidos, e coloração rosa nos tricomas translúcidos de *D. quartzicola*, evidenciando lipídios neutros (Figura 9 I-J e Figura 11 I-J). A presença de ácidos resiníferos nos tricomas translúcidos de *D. quartzicola* foi confirmada pelo uso do reagente de nadi, no entanto não apresentou coloração azul, descartando a presença de óleos essenciais em ambas espécies (Figura 10 O-P). O teste com tricloreto de antimônio evidenciou a presença de esteroides nos tentáculos e nos tricomas translúcidos de *D. quartzicola* (Figura 10 S-T), e nos tentáculos de *D. tentaculata* (Figura 12 Q-R). Os demais testes histoquímicos aplicados não evidenciaram resultados positivos.

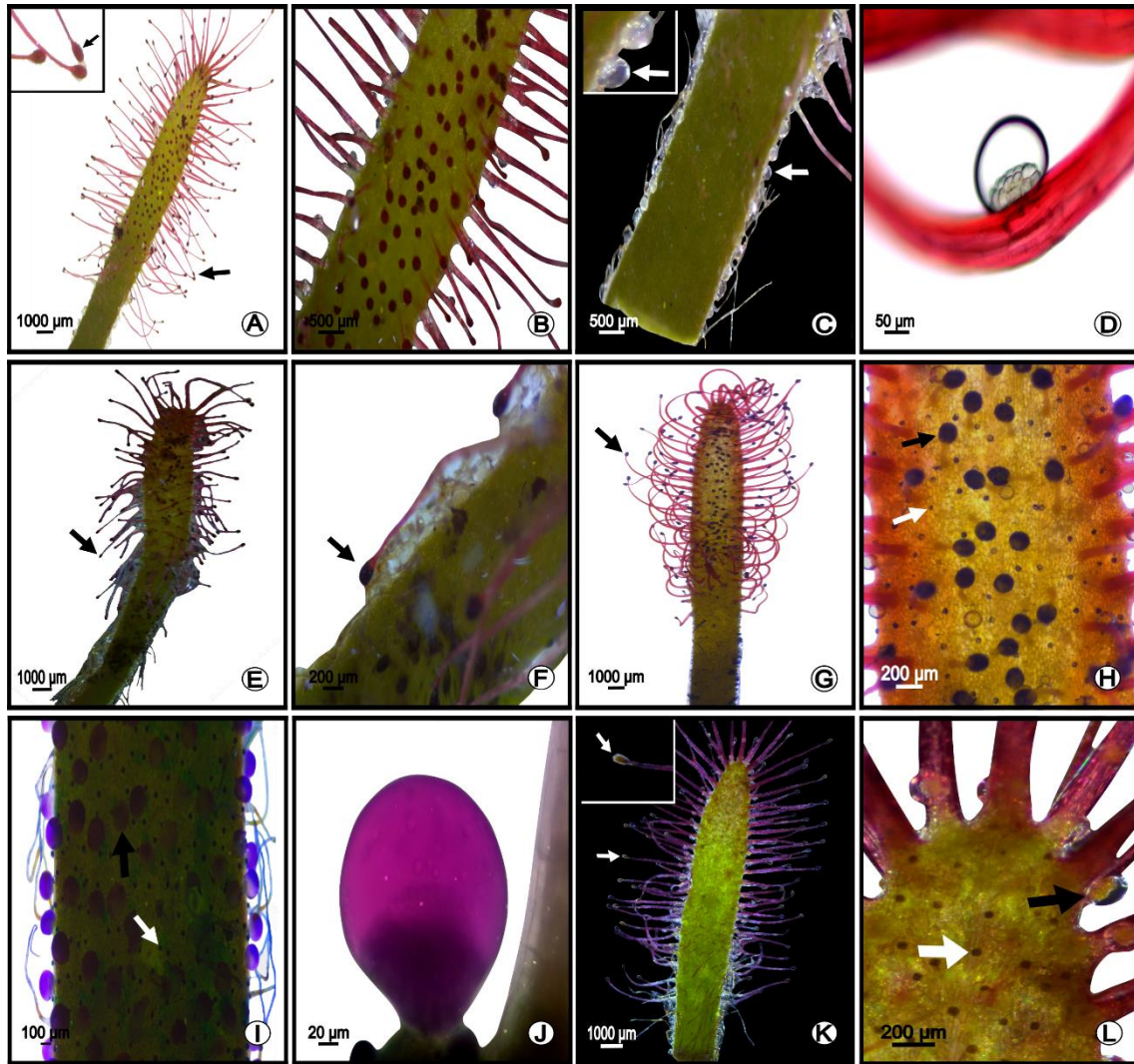


Figura 9. Folhas de *D. quartzicola*. **A-D.** Folha em sua coloração natural (branco), nota-se que os tentáculos (detalhe) são vermelhos e todos tricomas, tanto os do meio da lâmina foliar como os do pecíolo, são translúcidos. **E-F.** Reação positiva ao ácido tânico (coloração preta) evidenciando a presença de pectina nos tentáculos. **G-H.** Reação positiva ao azul de comassie (coloração azul) evidenciando a presença de proteínas nos tentáculos e nos tricomas. **I-J.** Reação positiva ao sulfato azul do nilo (coloração rosa nos tricomas translúcidos e azul nos tricomas) mostrando a presença de lipídios ácidos nos tricomas da região mediana da lâmina foliar (seta branca) e lipídios neutros nos tricomas translúcidos (seta preta). **K-L.** Reação positiva ao dicromato de potássio (coloração marrom) evidenciando a presença de fenóis nos tentáculos (detalhe), e nos tricomas da região mediana da lâmina foliar.

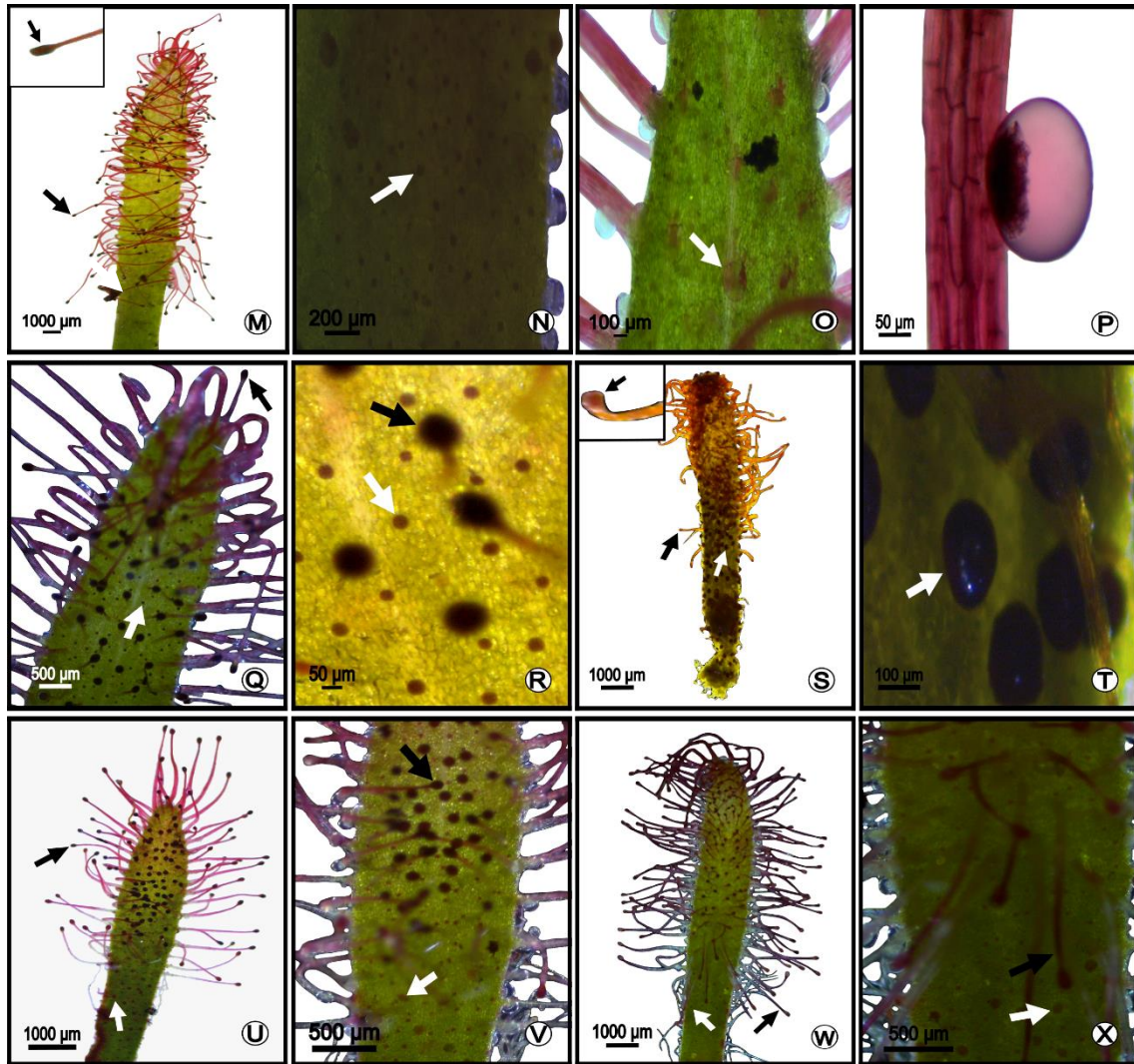


Figura 10. Folhas de *D. quartzicola*. **M-N.** Reação positiva a fosfatase ácida (coloração marrom) mostrando a presença de enzimas digestivas nos tentáculos (detalhe) e nos tricomas da região mediana da lâmina foliar. **O-P.** Reação positiva ao reagente de nadi (coloração púrpura) mostrando a presença de ácidos resiníferos nos tricomas translúcidos. **Q-R.** Reação positiva ao reagente de schiff evidenciando a presença de mucilagem e fenóis nos tentáculos e tricomas. **S-T.** Reação positiva ao tricloreto de antimônio (coloração vermelho alaranjado nos tentáculos e roxa nos tricomas translúcidos) mostrando a presença de esteroides nos tentáculos (detalhe) e nos tricomas translúcidos. **U-V.** Reação positiva ao vermelho de rutênio (coloração rosa escuro) mostrando a presença de pectina nos tentáculos e tricomas. **W-X.** Reação positiva ao xilidine ponceau (coloração vermelho intenso) evidenciando a presença de proteínas nas hastes dos tentáculos e nos tricomas. Os tentáculos foram representados pela seta preta e os tricomas foram representados pela seta branca.

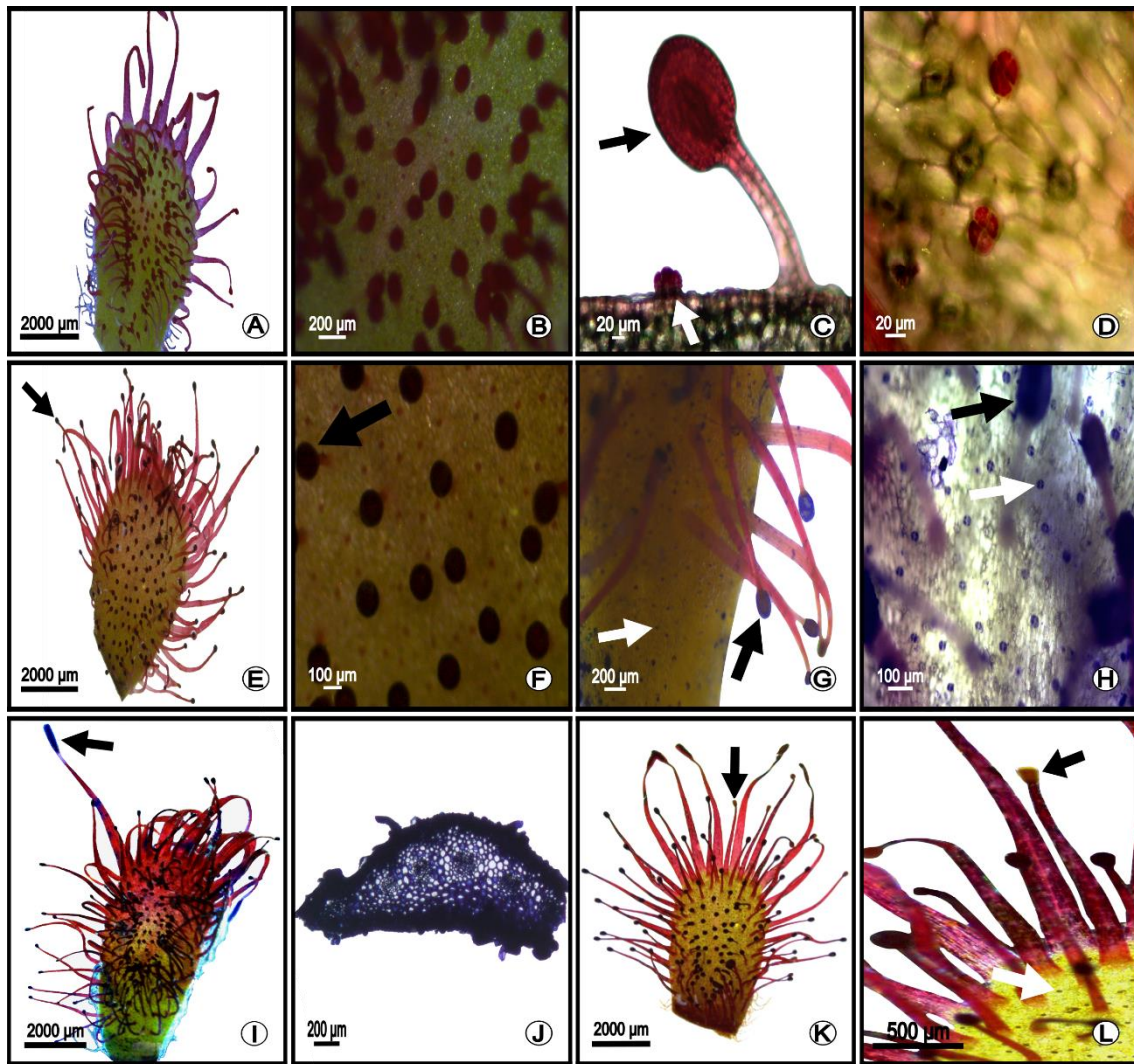


Figura 11. Folhas de *D. tentaculata*. **A-D.** Folha em sua coloração natural (branco), nota-se que os tentáculos são vermelhos e os tricomas são vermelhos também, diferente de *D. quartzicola* que todos tricomas são translúcidos. **E-F.** Reação positiva ao ácido tânico (coloração preta) evidenciando a presença de pectina nos tentáculos. **G-H.** Reação positiva ao azul de comassie (coloração azul) evidenciando a presença de proteínas nos tentáculos e nos tricomas. **I-J.** Reação positiva ao sulfato azul do nilo (coloração azul) mostrando a presença de lipídios ácidos nos tentáculos e nos tricomas. **K-L.** Reação positiva ao dicromato de potássio (coloração marrom) evidenciando a presença de fenóis nos tentáculos e nos tricomas da lâmina foliar. Os tentáculos foram representados pela seta preta e os tricomas foram representados pela seta branca.

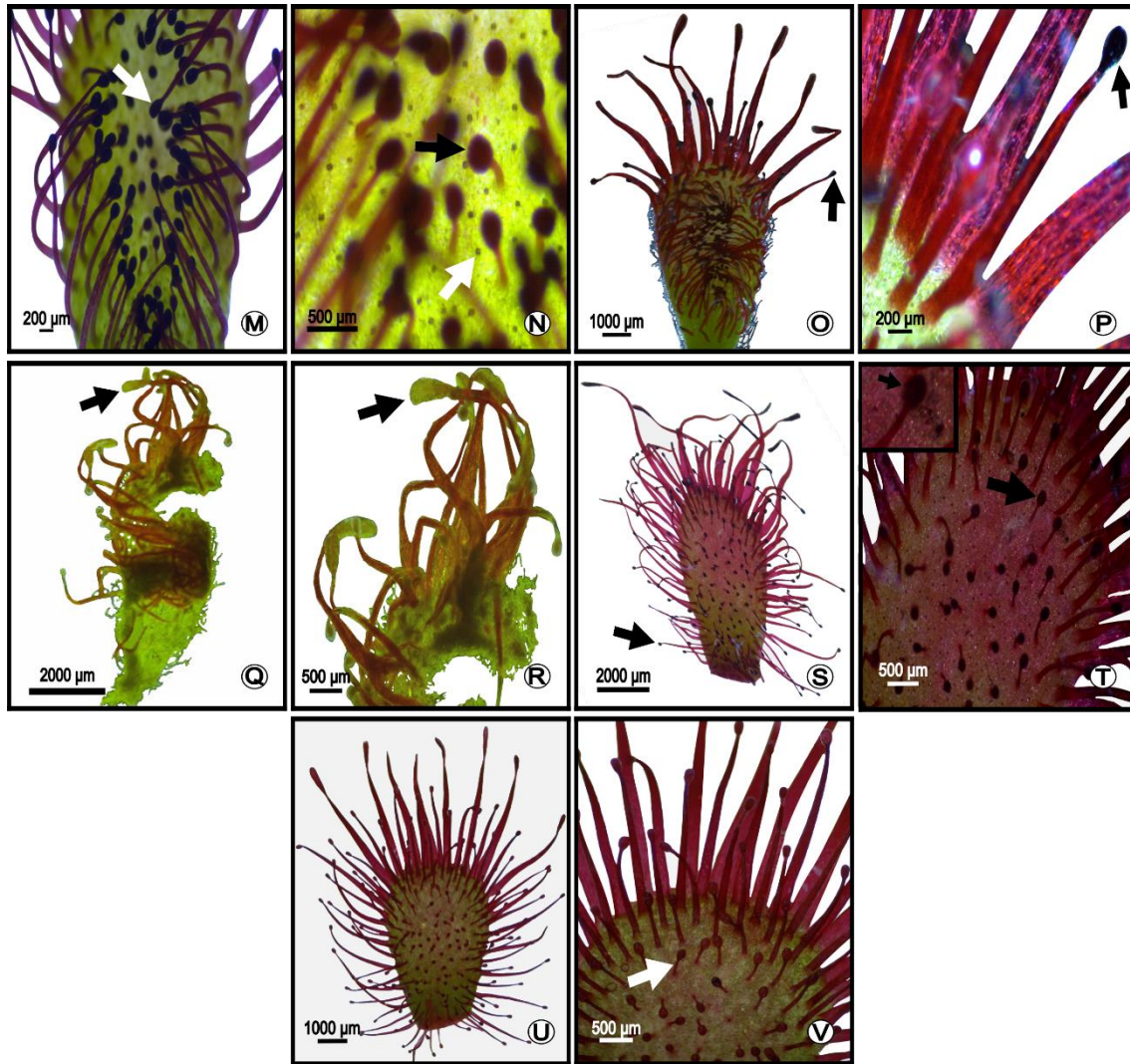


Figura 12. Folhas de *D. tentaculata*. **M-N.** Reação positiva a fosfatase ácida (coloração marrom) mostrando a presença de enzimas digestivas nos tentáculos e nos tricomas da região mediana da lâmina foliar. **O-P.** Reação positiva ao reagente de schiff evidenciando a presença de mucilagem e fenóis nos tentáculos e tricomas. **Q-R.** Reação positiva ao tricloreto de antimônio (coloração vermelho alaranjado) mostrando a presença de esteroides nos tentáculos. **S-T.** Reação positiva ao vermelho de rutênio (coloração rosa escuro) mostrando a presença de pectina nos tentáculos. **U-V.** Reação positiva ao xilidine ponceau (coloração vermelho intenso) evidenciando a presença de proteínas nas hastes dos tentáculos. Os tentáculos foram representados pela seta preta e os tricomas foram representados pela seta branca, com exceção de **M e V**, que está sendo representado tentáculos.

Análise cromatográfica

A Figura 13 apresenta um exemplo de cromatograma obtido nas análises de CG-MS. Neste ensaio com *D. quartzicola* não foram detectadas substâncias possivelmente liberadas pela planta, sendo observado apenas constituintes do branco e ftalatos contaminantes.

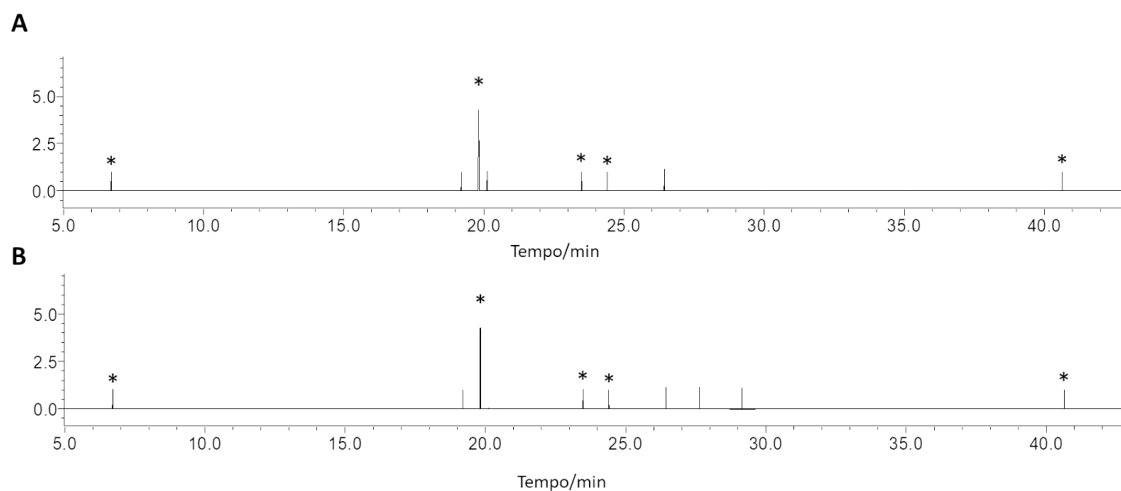


Figura 13. Cromatograma do ensaio de dissolução de voláteis em DMSO com auxílio de fluxo de ar. **A-** Cronograma da espécie *D. quartzicola*. **B-** Cronograma da espécie *D. tentaculata*. *- são sinais encontrados no branco (algodão e solventes empregados). Demais sinais encontrados foram identificados como ftalatos, contaminantes comuns em análises cromatográficas.

Para todas as análises se obteve resultados negativos, visto que as substâncias encontradas nos extratos foram identificadas, por comparação entre espectros de massas provenientes nas bibliotecas *NIST 07, 08 e 11*, como sendo contaminantes provenientes no algodão, DMSO e/ou acetato de etila empregados nas análises. É possível que exista compostos voláteis e os volatilizáveis, porém em concentração diminuta comparado à dos contaminantes encontrados nas corridas cromatográficas, o que inviabilizou a detecção.

Análise das presas

Dentre os 137 insetos coletados, 85 foram de droseras de folha ereta (62,04%), sendo 66 insetos alados e 19 caminchantes, e dos 52 insetos de droseras em forma de roseta (37,96%), 48 eram caminchantes e 4 alados (Tabela 3 e Figura 14). Com isso, é possível perceber a diferença da quantidade de insetos caminchantes que as folhas mais próximas ao solo capturaram, e como as folhas eretas, mais altas, capturaram mais insetos alados.

A diferença entre a quantidade de insetos capturados e os dois tipos foliares é significativa, sendo observado que as folhas eretas capturaram mais insetos (Tabela 3),

se mostrando mais eficiente que as folhas em forma de roseta no período em que a coleta foi realizada, assim como as folhas eretas capturaram em sua maioria insetos alados, constituindo 77,64% do total de insetos (Figura 15), enquanto as folhas patentes capturaram majoritariamente insetos caminchantes, sendo 92% do total de insetos capturados (Figura 16).

Tabela 3. Quantidades de presas caminchantes e aladas que foram coletadas em folhas eretas e folhas em formato de roseta.

Insetos	Ereta	Roseta	Total	Total %
Alados	66	4	70	51,09
Caminchantes	19	48	67	48,91
Total	85	52	137	100,00

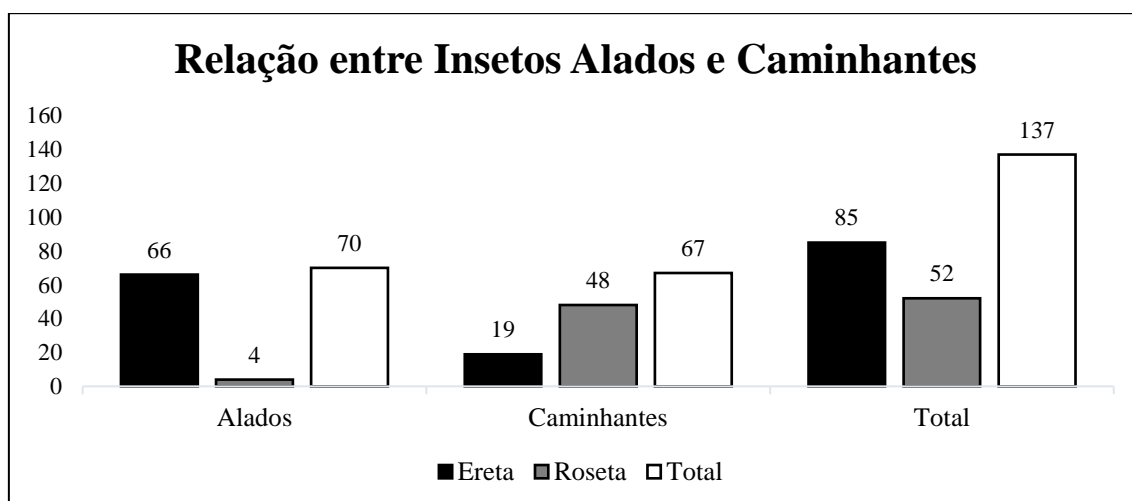


Figura 14. Gráfico exibindo a quantidade de indivíduos alados e indivíduos caminchantes das presas capturadas nas folhas eretas e nas folhas em formato de roseta.

É mostrado na Tabela 4 e na Figura 15 que os 137 insetos coletados estão em 7 ordens taxonômicas diferentes, com insetos de todas sete ordens encontrados em folhas eretas, sendo os representantes da ordem Diptera os mais abundantes de folhas eretas, representando 40,00% (Figura 16). Nas folhas paralelas ao solo, somente 3 ordens foram encontradas, sendo Hymenoptera os mais abundantes, representando 88,46% (Figura 17). Também foi realizado registros fotográficos de cada ordem, sendo possível observar insetos que foram capturados em diferentes estágios de desenvolvimento (Figura 18).

Tabela 4. Quantidades de cada ordem taxonômica de presas capturadas em folhas eretas e folhas em formato de roseta.

Insetos	Ereta	Roseta	Total	Total %
Coleoptera	1	0	1	0,73
Diptera	34	3	37	27,01
Formicidae*	14	46	60	43,80
Hemiptera	19	3	22	16,06
Hymenoptera	11	0	11	8,03
Lepdoptera	3	0	3	2,19
Psocoptera	2	0	2	1,46
Thysanoptera	1	0	1	0,73
Total	85	52	137	100,00
Total %	62,04	37,96	100,00	

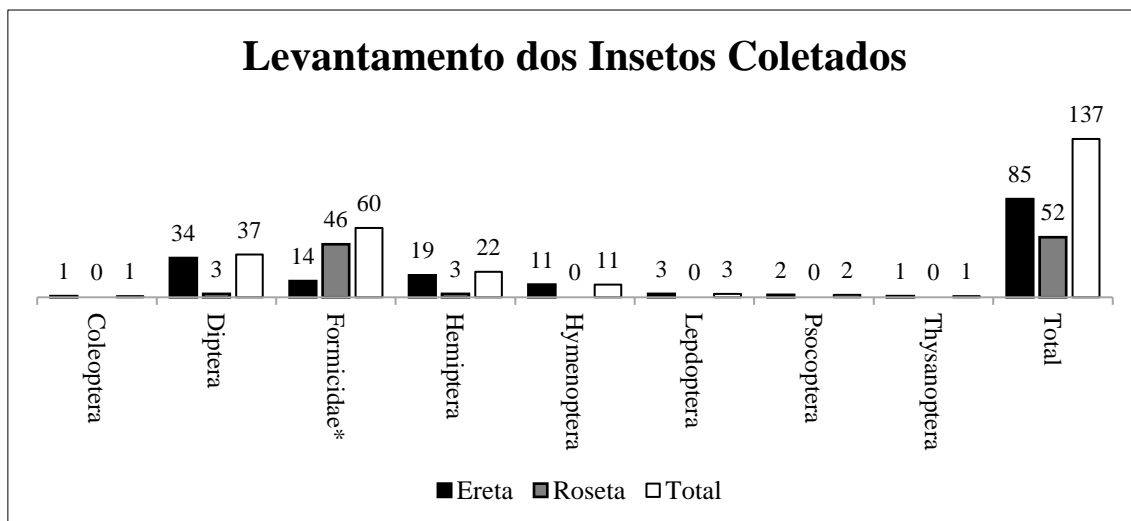


Figura 15. Gráfico exibindo a quantidade de cada ordem taxonômica encontrada nas presas capturadas em folhas eretas e nas folhas em formato de roseta.

*Formicidae faz parte de Hymenoptera, mas foi separado pelo fato dos insetos Formicidae serem caminchantes, e os outros Hymenoptera serem alados.

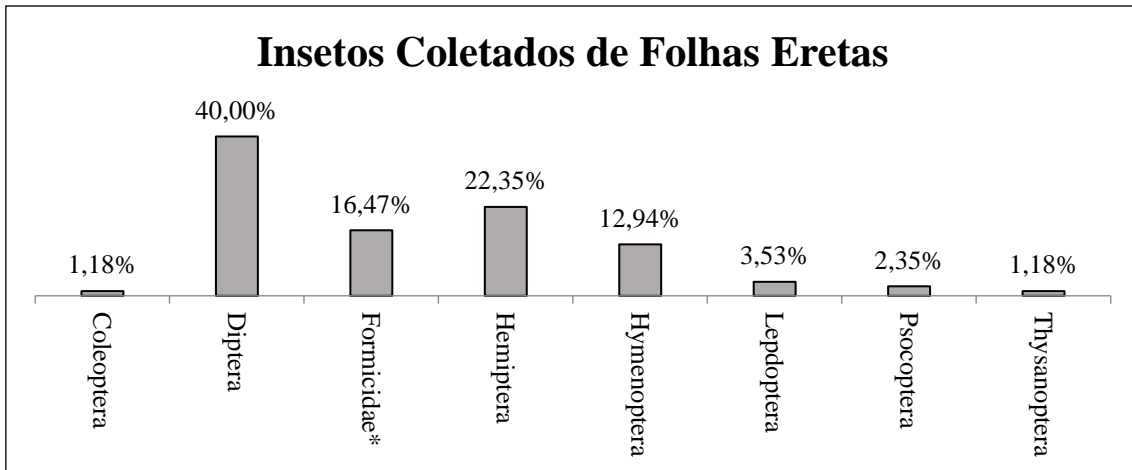


Figura 16. Gráfico exibindo a porcentagem de cada ordem taxonômica encontrada nas presas capturadas em folhas eretas.

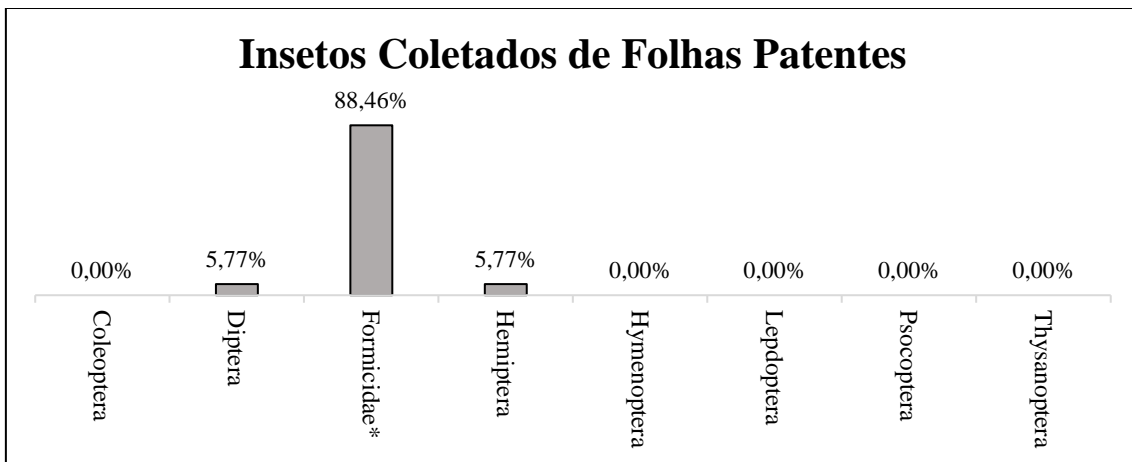


Figura 17. Gráfico exibindo a porcentagem de cada ordem taxonômica encontrada nas presas capturadas em folhas patentes.

*Formicidae faz parte de Hymenoptera, mas foi separado pelo fato dos insetos Formicidae serem caminchantes, e alguns Hymenoptera serem alados.

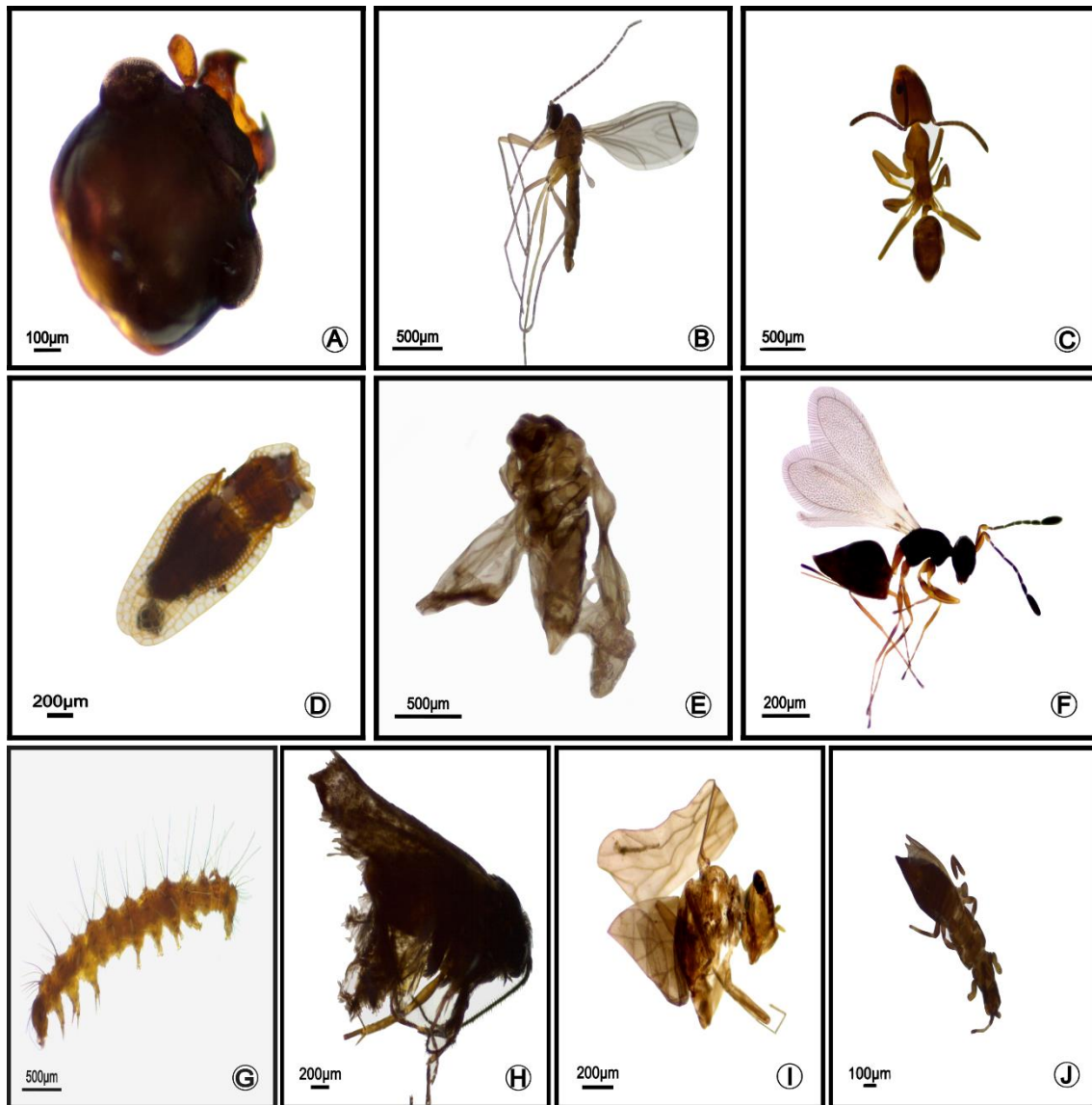


Figura 18. Tipos de presas capturadas. **A.** Coleoptera; **B.** Diptera; **C.** Formicidae*; **D.** Ninfa Hemiptera; **E.** Hemiptera; **F.** Hymenoptera; **G.** Larva de Lepidoptera; **H.** Lepidoptera; **I.** Psocoptera; **J.** Thysanoptera.

*Formicidae faz parte de Hymenoptera, mas foi separado pelo fato dos insetos Formicidae serem caminchantes, e alguns Hymenoptera serem alados.

4. DISCUSSÃO

Análise histoquímica

Os compostos fenólicos são os metabólitos secundários mais comuns de todo reino vegetal, sendo esperado de se encontrar nas duas espécies. Os fenóis, detectados por meio do dicromato de potássio, foram observados nos tentáculos e nos tricomas do meio da lâmina foliar de ambas espécies, podendo ter funções antioxidantes, atrativos para polinizadores e proteção contra a luz UV (Hano & Tungmunthum, 2020). Além disso, há evidências de sua ação regulatória no crescimento da planta e na reprodução (Cheynier *et al.*, 2013;). Não foi realizado nenhum teste específico de flavonoides, porém a presença de antocianinas em droseras já foi relatada no estudo químico de Kováčik *et al.* (2012), sendo possível observar sua presença por toda extensão da lâmina foliar das droseras, já que as antocianinas são responsáveis pela pigmentação vermelha nas plantas. A presença destes compostos fenólicos também foi relatada no gênero *Nepenthes* (Sanusi *et al.*, 2017).

Os flavonoides são uma classe de compostos fenólicos que podem ser encontrados em droseras e utilizados em sua bioatividade, sendo associados com naftoquinonas (Kolodziej *et al.*, 2002). Os flavonoides são de interesse farmacêutico por seu potencial anti-inflamatório, sendo comprovado no estudo de Fukushima *et al.* (2009), que elaborou um extrato com indivíduos de *Drosera rotundifolia*, *Drosera tokaiensis* e *Drosera spatulata*, espécies encontradas no Japão, confirmando que as duas primeiras possuem capacidade de suprimir a expressão gênica inflamatória em células mastócitas humanas, mas a *Drosera spatulata* não obteve nenhum resultado anti-inflamatório, indicando que nem todas espécies podem possuir potencial para uso farmacológico.

Alguns estudos utilizando extratos de droseras indicam a presença de naftoquinonas, possuindo potencial antimicrobiano e antimicobacteriano (Babula *et al.*, 2010; Egan & Kooy, 2012). Um exemplo é o estudo de Kooy (2007), que elaborou um composto a partir do extrato de indivíduos de *Drosera capensis*, espécie nativa da África do Sul, que possui potente atividade antimicobacteriana contra várias cepas de *Mycobacterium tuberculosis*, incluindo cepas multirresistentes a drogas, interferindo na cadeia de transporte de elétrons da micobactéria.

Três dos quatro testes de polissacarídeos se mostraram positivos, sendo possível observar a presença de pectina nos tentáculos e tricomas de *D. quartzicola*, confirmada pelo teste vermelho de rutênio, enquanto para *D. tentaculata* foi positivo nos tentáculos,

sendo não conclusivo nos tricomas. A presença de pectinas também foi confirmada na cabeça dos tentáculos das duas espécies por meio do teste com ácido tânico, sugerindo que essa substância auxilia na viscosidade da mucilagem (Blehová *et al.*, 2010). A mucilagem foi confirmada pelo teste de schiff. Ela é composta por polissacarídeos como arabinose, galactose, ácido glucurônico, manose e xilose (Erni *et al.*, 2008), sendo o aparelho de Golgi a estrutura celular responsável pela sua produção e secreção (Lichtscheidl *et al.*, 2021).

A presença de proteínas foi observada nos tentáculos e tricomas de ambas espécies por meio do teste azul de comassie e do teste de xilidine ponceau, indicando que essas proteínas podem estar relacionadas à defesa, podendo possuir efeitos antibacterianos, como também para auxiliar no processo de digestão de presas, com enzimas proteolíticas (Wójciak *et al.*, 2023). O resultado positivo da fosfatase ácida nos tentáculos e nos tricomas da região mediana da lâmina foliar de ambas espécies reforça o estudo de Freund *et al.* (2022), indicando que o processo de digestão acontece principalmente no meio da lâmina foliar, por isso os tentáculos, ao agarrarem uma presa, se curvam, levando o inseto para a região mediana da lâmina, maximizando assim a superfície de contato com as enzimas digestivas.

A presença de esteroides evidenciada nos tentáculos de ambas espécies por meio do teste com tricloreto de antimônio indica que podem ser utilizados pela planta para diversos processos fisiológicos, como, por exemplo, crescimento, e para defesa contra patógenos e insetos. Porém suas funções para as droseras ainda são pouco conhecidas (Hatcher *et al.*, 2020). É relatado que o hormônio jasmonato é responsável por sinalizar a captura de presas, instigando o movimento dos tentáculos em direção ao meio da lâmina foliar, e que as concentrações de ácido jasmônico aumentam em resposta à captura de presas, podendo diferenciar uma presa de uma herbivoria por um inseto fitófago através do acúmulo de ácido jasmônico (Krausko *et al.*, 2017). Em outros gêneros, como em *Dionaea*, os jasmonatos induzem o fechamento da armadilha e a secreção de fluidos digestivos (Scherzer *et al.*, 2017; Pavlovič & Mithöfer, 2019) e em *Aldrovanda*, o jasmonato não possui papel na captura de presas, sendo o ácido salicílico o responsável por induzir o fechamento de suas armadilhas (Jakšová *et al.*, 2021).

As secreções dos tricomas translúcidos de *D. quartzicola* parecem ter uma natureza complexa. Os resultados positivos para detecção de fenóis por meio do dicromato de potássio sugerem que estes tricomas podem estar relacionados com a defesa da planta contra bactérias e fungos, como já mencionado anteriormente (Wójciak *et al.*, 2023). A presença de ácidos resiníferos, confirmados pelo resultado positivo ao reagente de nadi, podem indicar que esses tricomas também atuam na defesa contra ataques de insetos fitófagos, assim como contra fungos, como observado em outras plantas não carnívoras (Kaitera *et al.*, 2021). A presença de esteroides pelo teste do tricloreto de antimônio sugere que estes podem atuar na defesa contra bactérias e fungos. A secreção destes tricomas apresenta possuindo também lipídios neutros em sua composição, expressa pelo resultado positivo do azul do nilo.

Um fator importante para a captura de presas é a presença da mucilagem nas pontas dos tentáculos e nos tricomas de toda a lâmina foliar, que foi confirmada pelo reagente de schiff em ambas espécies. Além disso, foi observado resultado positivo de lipídios ácidos na cabeça dos tentáculos, como também nos tricomas do meio da lâmina foliar de ambas espécies, pelo teste azul do nilo, indicando que é produzido não só mucilagem na cabeça dos tentáculos, mas também lipídios, para deixar a secreção ácida. Esses dados reforçam as observações de Crowder *et al.* (1990) que a secreção da mucilagem é ácida, auxiliando no processo de digestão das presas. O estudo de Thóren *et al.* (2003) demonstrou que a *Drosera rotundifolia* reduziu a produção de mucilagem à medida que recebeu adição de nutrientes ao solo (Nitrogênio a partir do adubo químico NPK 14:5:21), indicando que a mucilagem é totalmente ligada a captura de presas, e que as condições nutricionais da planta podem controlar a produção de mucilagem, e, por consequência, a sua eficiência em capturar presas, de acordo com suas necessidades nutricionais. Todos os dados encontrados no presente estudo evidenciam a natureza complexa da secreção produzida pelas duas espécies de drosera.

Não só a mucilagem é alterada para aumentar ou diminuir a quantidade de presas capturadas de acordo com a necessidade da planta, como também a cor das droseras como um todo pode ser alterada, com as droseras podendo diminuir a quantidade de cor vermelha em seus tecidos vegetais alterando para a cor verde, diminuindo a quantidade de antocianinas presentes nas folhas, dessa forma podendo não capturar nenhuma presa, como afirma Spolon (2013). Essa estratégia de mudar a cor também pode ser utilizada

pelas droseras em casos de incidência solar extrema, de forma que quanto mais incidência solar aja no ambiente, mais vermelha a drosera se tornará, pois, uma das funções das antocianinas é a proteção dos sistemas fotossintéticos contra efeitos oxidativos ocasionados pelo fotoestresse, protegendo contra raios UV (Steyn *et al.*, 2002).

Embora alguns gêneros de plantas carnívoras produzam compostos voláteis como *Dionaea*, que mimetiza o cheiro de alimentos (Kreuzwieser *et al.*, 2014), e *Sarracenia*, que também atraem presas emitindo compostos voláteis encontrados em flores e frutos (Jürgens *et al.*, 2012), com base nas análises realizadas, as droseras provavelmente não produzem substâncias voláteis relevantes para atração de presas. Uma forma de justificar essa diferença com outros gêneros de plantas carnívoras se deve ao fato de a síndrome carnívora ter se originado de forma independente no mínimo 12 vezes durante a história evolutiva, o que reforça as diferentes estratégias de cada gênero em capturar suas presas (Lin *et al.*, 2021).

Caso as droseras produzam alguma substância de atração de presas, esta poderia servir para atrair erroneamente os polinizadores, de forma que o polinizador seria uma presa, impedindo a planta de se reproduzir e levando a espécie à extinção, reforçando ainda mais os resultados obtidos das droseras não produzirem nenhum composto atrativo em suas lâminas foliares, reduzindo assim o conflito polinizador-presa citado por Murza *et al.* (2006). Outra forma de evitar que os polinizadores sejam capturados pelas armadilhas são as hastes florais serem bem longas e distantes das armadilhas (Anderson, 2010), e também as cores dos tentáculos, pelo fato de serem vermelhos, cor que a maioria dos insetos não consegue enxergar (Chittka *et al.*, 2001; Fox *et al.*, 2007; Auclerc *et al.*, 2010), porém os polinizadores podem enxergar o vermelho por diferenças na intensidade da luz refletida, ou por somente diferenciar as partes vermelhas do fundo em que estão inseridas, podendo dessa forma distinguir onde está a flor para polinizar, e onde estão as armadilhas para não ir (Schaefer & Ruxton 2009; Jürgens *et al.*, 2012).

Análise cromatográfica

A cromatografia gasosa é uma técnica sensível, amplamente utilizada na separação e identificação de compostos voláteis presentes em amostras (Kreuzwieser *et al.*, 2014; Hennivanda, 2020; Maiolini, 2022).

Neste estudo, foi utilizado cromatografia gasosa acoplada a um detector de massas (CG-MS), na intenção de identificar compostos voláteis liberados pela *D. quartzicola* e *D. tentaculata* com base nas relações massa/carga (m/z) e nas intensidades dos sinais nos espectros de massas.

Os experimentos foram planejados no sentido de (i) maximizar a extração dos voláteis liberados no ar pelo uso de uma bomba de vácuo que permitisse a percolação da atmosfera em contato com a planta em um solvente adequado; (ii) realizar a extração dos voláteis minimizando o estresse nos indivíduos por meio do emprego da técnica de extração por exposição e (iii) analisar as substância voláteis e volatilizáveis presentes na superfície foliar dos indivíduos por meio de esfregaço entre o aparato extrator e as estruturas foliares das espécies.

Nas situações i e ii foi empregado DMSO como absorvente, visto seu elevado ponto de ebulição (189 °C) e alta capacidade de solubilizar substâncias orgânicas. A necessidade de um absorvente não volátil é justificada por, no caso i, a existência de um fluxo constante de ar sob o adsorvente proveniente da arquitetura do experimento que poderia levar a sua volatilização, já no caso ii, justifica-se o uso do DMSO pelo longo tempo de duração do experimento (24h) que tem a necessidade da presença do solvente durante todo tempo no aparato extrator.

Na situação iii, o emprego do acetato de etila como solvente na metodologia de esfregaço é justificado pela alta capacidade de dissolução de substâncias orgânicas do solvente e pela necessidade de maior uso de solvente extrator neste experimento. O uso de DMSO neste caso, devido a necessidade de maior volume (3 vezes mais), poderia acarretar em complicações nas análises cromatográficas, perdendo informações dos períodos iniciais da corrida cromatográfica devido a necessidade de o detector permanecer desligado por maior tempo, dado maior volume de DMSO. O acetato de etila, por outro lado, devido sua volatilidade não prejudica a execução da técnica.

As análises das amostras e dos brancos foram realizadas em triplicata. Os extratos foram diluídos em DCM para injeção no CG-MS. Os parâmetros escolhidos para a análise cromatográfica e de espectroscopia de massas foram baseados na literatura (Guimarães *et al.*, 2008; Silva, 2020; Ribeiro, 2020).

É também relevante o apontamento da possível baixa quantidade de voláteis liberados pelas espécies estudadas, o que acarretaria na necessidade de um tempo de exposição ainda maior dos meios extratores aos voláteis, como também é válido salientar a possibilidade de as droseras de fato não produzirem metabólitos secundários voláteis, o que corrobora com o estudo de Jürgens *et al.* (2009), que realizou análises cromatográficas de uma espécie de vários gêneros de plantas carnívoras, sendo uma delas a *Drosera binata*, confirmando que essa espécie emitiu aromas muito fracos e com um baixo número de componentes, sendo estes voláteis normalmente emitidos por folhas verdes tipicamente encontradas na maioria das plantas, e não ligado a atração de presas.

Análise das Presas

O presente trabalho corrobora com o estudo de Verbeek & Boasson (1993), no qual foi feito um levantamento das presas de 7 espécies de droseras da Austrália, sendo 4 espécies de folhas eretas e 3 espécies de folhas patentes ao solo, sendo confirmado que as espécies de folhas eretas capturaram quase exclusivamente presas aladas, sendo em sua maioria dípteros e homópteros, enquanto as espécies de folhas patentes capturaram predominantemente insetos caminchantes, em sua maior parte colêmbolas e himenópteras.

Foi realizado um estudo sobre a *Drosera hirtella* por Spolon (2013), espécie brasileira com folhas em forma de roseta, e uma parte de seu estudo envolveu coletar presas de *D. hirtella*, sendo encontrado em sua maioria colêmbolas e formigas, o que corrobora com a quantidade de presas caminchantes ser maior em droseras patentes, se comparada com droseras de folhas eretas, encontrada neste trabalho. Ellison & Gotelli (2009) fizeram um levantamento de estudos sobre presas de plantas carnívoras encontradas mundialmente, sendo analisado 13 espécies de droseras, e de forma geral para o gênero, os dípteros são os insetos mais capturados por droseras, seguidos por colêmbolas e homópteras.

As análises realizadas com os dados indicam que as espécies com folhas patentes não competem por presas com as espécies de folhas eretas, possuindo diferentes presas, com a posição da folha influenciando diretamente no tipo de presa capturada, podendo ser uma possível segregação de nicho entre espécies, pelo fato de ambas serem encontradas próximas entre si, maximizando a captura de insetos e reduzindo a competição, de modo que a maioria dos insetos que passem por aquela área sejam capturados por uma ou por outra espécie dependendo de seu tipo foliar, evidenciando como as plantas carnívoras estão bem adaptadas ao seu *habitat* (Ellison & Gotelli, 2008).

De acordo com Potts & Krupa (2016), que realizaram estudos na *Drosera brevifolia*, uma espécie que ocorre nos Estados Unidos, e também o estudo de Jürgens *et al.* (2015) que estudaram a *Drosera arcturi* e a *Drosera spatulata*, espécies da Nova Zelândia, foi indicado que as droseras não produzem nenhum volátil para atrair suas presas, com a mucilagem nos tentáculos agindo como teias de aranha, onde as presas são capturadas sem nenhuma produção de compostos químicos de atração, o que corrobora com o presente estudo, que de acordo com os testes realizados, não foi identificado nenhuma substância produzida pelas droseras que seja relevante para atração de presas.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo corrobora que as droseras, aparentemente, não produzem substâncias voláteis para atração de suas presas, o que deve ser feito por outros mecanismos, possivelmente visuais ou ao acaso. Estudos futuros com as espécies brasileiras podem ajudar a elucidar os mecanismos pelos quais estas atraem suas presas. No entanto, apesar de não produzirem substâncias para atrair presas, elas possuem muitos componentes químicos com potencial uso farmacêutico, podendo produzir substâncias antifúngicas, antivirais, anti-inflamatórias e antibacterianas, sendo necessário novos estudos que busquem utilizar esse potencial químico.

As droseras de diferentes tipos de folhas (eretas e patentes) aparentam não competir entre si por presas, pelo contrário, se beneficiam dessa diferença, e as espécies coexistirem juntas é um importante conhecimento ecológico, mostrando a importância da

diversidade funcional e de se investigar aspectos de segregação de nicho ecológico na evolução desse grupo de plantas. Nesse contexto, estudos que avaliem de forma mais aprofundada a interação ecológica entre diferentes espécies de droseras, assim como estudos avaliando a dieta das droseras em diferentes épocas do ano em um mesmo local podem ser úteis para um bom direcionamento de planos de conservação, como também são necessários mais estudos comparativos entre droseras de diferentes tipos foliares em outras regiões do mundo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMEC, L.; MATUŠIKOVA, I.; PAVLOVIČ, A., 2021. Recent ecophysiological, biochemical and evolutionary insights into plant carnivory. *Ann Bot.*, vol. 128, pp. 241-259.

ADAMS R.P., 2017. Identification of Essential oil Components by Gas chromatography/Mass Spectroscopy. ed. 4.1 Illinois: Allured Publishing Corporation. Carol Stream, 804 p.

ANDERSON, B., 2010. Did *Drosera* evolve long scapes to stop their pollinators from being eaten? *Annals of Botany*, vol. 106, pp. 653-657.

AUCLERC, A.; LIBOUREL, P.A.; SALMON, S.; BELS, V.; PONGE, J.F., 2010. Assessment of movement patterns in *Folsomia candida* (Hexapoda: Collembola) in the presence of food. *Soil Biol. Biochem.*, vol. 42, pp. 657-659.

BABULA, P.; ADAM, V.; HAVEL, L.; KIZEK, R., 2009. Noteworthy Secondary Metabolites Naphthoquinones – their Occurrence, Pharmacological Properties and Analysis. *Curr. Pharm. Anal.* Vol. 5, pp. 47-68.

BANAŠ, K.; RONOWSKI, R.; MARCINIAK P., 2023. Effects of Environmental Conditions on the Individual Architectures and Photosynthetic Performances of Three Species in *Drosera*. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 24, n.12, 23 p.

BLEHOVÁ, A.; BOBÁK, M.; ŠAMAJ, J.; HLINKOVÁ, E., 2010. Changes in the formation of an extracellular matrix surface network during early stages of indirect somatic embryogenesis in *Drosera spathulata*. *Acta Botanica Hungarica*, vol. 52, pp. 23-33.

- CAIN, A.J., 1947. The Use of Nile Blue in the Examination of Lipoids. *Journal of Cell Science*, vol. 88, 383 p.
- CHEYNIER, V.; COMTE, G.; DAVIES, K.M.; LATTANZIO, V.; MARTENS, S., 2013. Plant Phenolics: Recent Advances on Their Biosynthesis, Genetics, and Ecophysiology. *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 72, pp 1-20.
- CHITTKA, L.; SPAETHE, J.; SCHMIDT, A.; HICKELSBERGER, A., 2001. Adaptation, constraint, and chance in the evolution of flower color and pollinator color vision, pp. 106–126. In: L. Chittka and J. D. Thomson (eds.). *Cognitive ecology of pollination*. Cambridge Univ. Press, 360 p.
- CHRISTENHUSZ, M.J.M.; BYNG, J.W., 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, vol. 261, n. 3, pp. 201-217.
- CORDEIRO, D.P.; GONELLA, P.M., 2021. Quando as moscas são salvas por uma planta carnívora: projeto Diptero fauna da Serra do Padre Ângelo. *O Balancim*, n. 2, 7 p.
- CROSS, A.T.; KRUEGER, T.A.; GONELLA P.M.; ROBINSON, A.S.; FLEISCHMANN, A.S., 2020. Conservation of carnivorous plants in the age of extinction. *Global Ecology and Conservation*, vol. 24, e01272, ISSN 2351-9894.
- CROWDER, A.A.; PEARSON, M.C.; GRUBB, P.J.; LANGLOIS, P.H., 1990. *Drosera L.* *Journal of Ecology*, vol. 78, pp. 233-267.
- DARWIN, C.R., 1859. *The origin of species by means of natural selection*. London: John Murray.
- DARWIN, C.R., 1875. *Insectivorous plants*. London: John Murray.
- DAVID, R.; CARDE, J.P., 1964. *Comptes Rendus de l'Academie des Science Paris*, vol. 258, 1338 p.
- EGAN, P. A.; KOOY, F. V. D., 2012. Coproduction and ecological significance of naphthoquinones in carnivorous sundews (*Drosera*). *Chemistry And Biodiversity*, vol. 9, n. 6, pp. 1033-1044.
- ELLIS, J., 1768. *The St. James Chronicle; or the British Evening Post*, Thursday Sept. 1 to Saturday Sept. 3, n. 1172, vol. 4.
- ELLISON, A.; LUBOMÍR, A., (eds), 2018. *Carnivorous Plants: Physiology, ecology, and Evolution*. Oxford, online edn, Oxford Academic.
- ELLISON, A.M.; GOTELLI, N.J., 2009. Energetics and the evolution of carnivorous plants-Darwin's "most wonderful plants in the world". *Journal of Experimental Botany*, vol. 60, n. 1, pp. 19-42.

- ERNI P.; VARAGNAT M.; MCKINLEY, G.H., 2008. Little shop of horrors: rheology of the mucilage of *Drosera* sp., a carnivorous plant. AIP Conference Proceedings, vol. 1027, pp. 579-581.
- FISCHER, D.B., 1968. Protein staining of ribboned Epon sections for light microscopy. Histochemie, vol. 16, pp. 92-96.
- FLEISCHMANN, A.; CROSS, A.T.; GIBSON, R.; GONELLA, P.M.; DIXON, K.W., 2018. Systematics and evolution of Droseraceae. Oxford University Press, Oxford, pp. 45-57.
- FLEISCHMANN A.; SCHLAUER J.; SMITH S.A.; GIVNISH T.J., 2018. Evolution of carnivory in angiosperms. Oxford: Oxford University Press, pp. 22-41.
- FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2023. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.
- FOX, G.L.; COYLE-THOMPSON, C.A.; BELLINGER, P.F.; COHEN, R.W., 2007. Phototactic responses to ultraviolet and white light in various species of Collembola, including the eyeless species, *Folsomia candida*. Journal Insect Sci., vol. 722, pp. 1-12.
- FREUND, M.; GRAUS, D.; FLEISCHMANN, A.; GILBERT, K.; LIN, Q.; RENNER, T.; STIGLOHER, C.; ALBERT, V.; HEDRICH, R.; FUKUSHIMA, K., 2022. The digestive systems of carnivorous plants, Plant Physiology, vol. 190, pp. 44-59.
- FUKUSHIMA, K.; NAGAI, K.; HOSHI, Y.; MASUMOTO, S.; MIKAMI, I.; TAKAHASHI, Y.; KOBORI, M., 2009. *Drosera rotundifolia* and *Drosera tokaiensis* suppress the activation of HMC-1 human mast cells. Journal of Ethnopharmacology, vol. 125, n. 1, pp. 90-96.
- FURR, M.; MAHLBERG, P.G., 1981. Histochemical Analyses of Laticifers and Glandular Trichomes in *Cannabis sativa*. Journal of Natural Products, vol. 44, 153 p.
- GABE, M., 1968. Techniques Histologiques, 1a ed., Masson et Cie: Paris.
- GIVNISH, T.J.; BURKHARDT, E.L.; HAPPEL, R.E.; WEINTRAUB, J.D., 1984. Carnivory in the Bromeliad *Brocchinia reducta*, with a Cost/Benefit Model for the General Restriction of Carnivorous Plants to Sunny, Moist, Nutrient-Poor Habitats. The American Naturalist, vol. 124, n.4, pp. 479-497.
- GOMORI, G., 1956. Histochemical methods for acid phosphatase. J Histochem Cytochem, vol. 4, n. 5, pp. 453-461.
- GONÇALVES, T.S.; SOUZA, S.R.; MOTA, N.M.; BAHIA, T.O.; NUNES, Y.R.F.; VELOSO, M.D.M.; FERNANDES, G.W., 2022. Caracterização dos Estágios de

Sucessão Ecológica em Fragmentos de Floresta Estacional Decidual na Região do Parque Nacional da Serra do Cipó. Revista Arquivos Científicos (IMMES). Macapá, AP, vol. 5, n. 2, pp. 1-8.

GONELLA, P.M., 2012. Revisão taxonômica do clado tetraploide-brasileiro de *Drosera* L. (Droseraceae). Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 237 p.

GONELLA, P.M., 2017. Sistemática de *Drosera* sect. *Drosera* s.s. (Droseraceae). Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 159 p.

GONELLA, P.M.; CARAM, S.V.; DUTRA, V.F., 2022. Flora of Espírito Santo: Droseraceae. Rodriguésia, vol. 73, 9 p.

GONELLA, P.M.; RIVADAVIA, F.; SANO, P.T.; FLEISCHMANN, A., 2014. Elucidating the controversial *Drosera montana* complex (Droseraceae): a taxonomic revision. Phytotaxa, vol. 172, pp. 141-175.

GONELLA, P.M.; RIVADAVIA, F.; FLEISCHMANN, A., 2015. *Drosera magnifica* (Droseraceae): the largest New World sundew, discovered on Facebook. Phytotaxa, vol. 220, n. 3, pp. 257-267.

GONELLA, P.M.; SANO, P.T.; RIVADAVIA, F.; FLEISCHMANN, A., 2022. A synopsis of the genus *Drosera* (Droseraceae) in Brazil. Phytotaxa, © Magnolia Press, vol. 553, no. 1, pp. 01-76.

GUIMARÃES, L.L.; CARDOSO, M.G.; ZACARONI, L.M.; LIMA, R.; PIMENTEL, F.A.; MORAIS, A.R., 2008. Influência da luz e da temperatura sobre a oxidação do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf). Quím Nova. Vol. 31, n. 6, pp. 1476–1480.

HANO, C.; TUNGMUNNITHUM, D., 2020. Plant Polyphenols, More than Just Simple Natural Antioxidants: Oxidative Stress, Aging and Age-Related Diseases. Medicines, vol. 7, n. 26, 9 p.

HARDMAN, R.; SOFOWORA, E.A., 1972. Antimony Trichloride as A Test Reagent for Steroids, Especially Diosgenin and Yamogenin, in Plant Tissues. Stain Technology, vol. 47, 205 p.

HATCHER, C.R.; RYVES, D.B.; MILLETT, J., 2020. The function of secondary metabolites in plant carnivory, Annals of Botany, vol. 125, pp. 399-411.

HATCHER, C.R.; SOMMER, U.; HEANEY, L.M.; MILLETT, J., 2021. Metabolomic analysis reveals reliance on secondary plant metabolites to facilitate carnivory in the Cape sundew, *Drosera capensis*. *Annals of Botany*, vol. 128, n. 3, pp. 301-314.

HENNIVANDA, H., 2020. Applications of natural deep eutectic solvents to extraction and preservation of biomolecules. Ph.D Thesis, Leiden University, The Netherlands, 155 p.

HEUBL, G.; BRINGMANN, G.; MEIMBERG, H., 2006. Molecular phylogeny and character evolution of carnivorous plant families in Caryophyllales--revisited. *Plant Biol (Stuttg)*, vol. 8, n. 6, pp. 821-830.

IPNI, 2023. International Plant Names Index. Published on the Internet <http://www.ipni.org>, The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Herbarium.

JAKŠOVÁ, J.; ADAMEC, L.; PETŘÍK, I.; NOVÁK, O.; ŠEBELA, M.; PAVLOVIČ, A., 2021. Contrasting effect of prey capture on jasmonate accumulation in two genera of aquatic carnivorous plants (*Aldrovanda*, *Utricularia*). *Plant Physiol Biochem.*, vol. 166, pp. 459-465.

JARDIM, C.H.; GALVANI, E., 2022. Unidades Topoclimáticas no Parque Nacional da Serra do Cipó. *Revista Brasileira de Climatologia*, Dourados, MS, vol. 30, pp. 221-245.

JENSEN, W.A., 1962. *Botanical Histochemistry-Principles and Practice*. Freeman, William and Jensen, San Francisco, 408 p.

JOHANSEN, D.A., 1940. *Plant microtechnique*. New York: Mcgraw-Hill Book, 523 p.

JÜRGENS, A.; EL-SAYED, A.M.; SUCKLING, D.M., 2009. Do carnivorous plants use volatiles for attracting prey insects?. *Functional Ecology*, vol. 23, pp. 875-887.

JÜRGENS, A.; SCILIGO, A.; WITT, T.; EL-SAYED, A.; SUCKLING, D.M., 2012. Pollinator-prey conflict in carnivorous plants. *Biological Reviews*, vol. 87, pp. 602-615.

JÜRGENS, A.; WITT, T.; SCILIGO, A.; EL-SAYED, A.M., 2015. The effect of trap colour and trap-flower distance on prey and pollinator capture in carnivorous *Drosera* species. *Funct Ecol*, vol. 29, pp. 1026-1037.

- KAITERA, J.; PIISPANEN, J.; BERGMANN, U., 2021. Terpene and resin acid contents in Scots pine stem lesions colonized by the rust fungus *Cronartium pini*. For. Path., vol. 51, pp. 1-9.
- KIRK, J.R.P.W., 1970. Neutral red as a lipid fluorochrome. Stain Technology, vol. 45, pp. 1-4.
- KOŁODZIEJ, H.; PERTZ, H.; HUMKE, A., 2002. Main constituents of a commercial *Drosera* fluid extract and their antagonist activity at muscarinic M3 receptors in guinea-pig ileum. Pharmazie, vol. 57, pp. 201-203.
- KOOY, F. V. D., 2007. The medicinal and chemical aspects of naphthoquinones isolated from *Euclea natalensis* A. DC. on *Mycobacterium tuberculosis*. Ph.D. Thesis, Pretoria, South Africa, 127 p.
- KOVÁČIK, J.; KLEJDUS, B.; REPCÁKOVÁ, K., 2012. Phenolic Metabolites in Carnivorous Plants: Inter-Specific Comparison and Physiological Studies. Plant Physiol. Biochem., vol. 52, pp. 21-27.
- KRAUSKO M.; PERUTKA Z.; ŠEBELA M., 2017. The role of electrical and jasmonate signalling in the recognition of captured prey in the carnivorous sundew plant *Drosera capensis*. New Phytologist, vol. 213, pp. 1818-1835.
- KREUZWIESER, J.; SCHEERER, U.; KRUSE, J.; BURZLAFF, T.; HONSEL, A.; ALFARRAJ, S.; GEORGIEV, P.; SCHNITZLER, J.; GHIRARDO, A.; KREUZER, I.; HEDRICH, R.; RENNENBERG, H., 2014. The Venus flytrap attracts insects by the release of volatile organic compounds. Journal of Experimental Botany, vol. 65, n. 2, pp. 755-766.
- LICHTSCHEIDL U.E., LANCELA S., WEIDINGER M., ADLASSNIG C., KOLLER-PEROUTKA M., BAUER S., KRAMMER S., HEPLER P.; 2021. Gland cell responses to feeding in *Drosera capensis*, a carnivorous plant. Protoplasma, vol. 258, pp. 1291-1306.
- LIN, Q.; ANÉ, C.; GIVNISH T.J.; GRAHAM, S.W., 2021. A new carnivorous plant lineage (*Triantha*) with a unique sticky-inflorescence trap. Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 118, n. 33, 6 p.

LINNAEUS, C., 1753. *Species Plantarum, Impensis Laurentii Salvii, Holmiae* [Stockholm], vol. 1, 560 p.

MACE, M.E.; HOWELL, C.R., 1974. Histochemistry and identification of condensed tannin precursors in roots of cotton seedlings. *Canadian Journal of Botany*, vol. 52, 2423 p.

MAIOLINI, T.C.S., 2022. Análise metabolômica e biológica de óleos essenciais de espécies da família myrtaceae com ação anti-T.cruzi. Tese de Doutorado em Química, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 111 p.

MCMANUS, J.F.A., 1948. Histological and histochemical uses of periodic acid. *Stain Technology*, vol. 23, pp. 99-108.

MEGURO, M.; PIRANI, J.R.; MELLO, S.R.; CORDEIRO, I., 2007. Composição florística e estrutura das florestas estacionais decíduas sobre calcário a oeste da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo* vol. 25, n. 2, pp. 147-171.

MÉNDEZ, M.; KARLSSON, P.S., 1999. Costs and Benefits of Carnivory in Plants: Insights from the Photosynthetic Performance of Four Carnivorous Plants in a Subarctic Environment. *Oikos*, vol. 86, n.1, pp. 105-112.

MITHÖFER, A., 2022. Carnivorous plants and their biotic interactions, *Journal of Plant Interactions*, vol. 17, n. 1, pp. 333-343.

MMA-ICMBIO, 2009. Plano de manejo. Parque Nacional da Serra do Cipó: Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira. Brasília-DF. 152 p. Disponível em:

MURZA, G. L.; HEAVER, J. R.; DAVIS, A. R., 2006. Minor pollinator–prey conflict in the carnivorous plant, *Drosera anglica*. *Plant Ecology*, vol. 184, n. 1, pp. 43-52.

NISHIHARA, S.; SHIGA, T.; NISHIHIRO, J., 2023. The discovery of a new locality for *Aldrovanda vesiculosa* (Droseraceae), a critically endangered free-floating plant in Japan. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 25 p.

O'BRIEN, T.P.; MCCULLY, M.E., 1981. The study of plant structure principles and selected methods. Termarcarphi Pty. Ltda, Melbourne.

PAVLOVIČ A, MITHÖFER A., 2019. Jasmonate signalling in carnivorous plants: copycat of plant defence mechanisms. *J. Exp Bot*, vol. 70, pp. 3379-3389.

PEARSE, A.G.E., 1980. *Histochemistry theoretical and applied*. Longman Group Limited, vol. 2, 4 ed.

PIZZOLATO, T.D.; LILLIE, R.D., 1973. Mayer's tannic acid ferric chloride stain for mucins. *Journal Histochem Cytochem*, vol. 21, pp. 56-64.

POTTS, L.; KRUPA, J.J., 2016. Does the Dwarf Sundew (*Drosera brevifolia*) Attract Prey?. *The American Midland Naturalist*, vol. 175, n. 2, pp. 233-241.

RIBEIRO, K.T.; FILIPPO, D.C.; PAIVA, C.L.; MADEIRA, J.A.; NASCIMENTO, J.S., 2005. Ocupação por *Brachiaria* spp. (Poaceae) no Parque Nacional da Serra do Cipó e infestação decorrente da obra de pavimentação da rodovia MG-010, na APA Morro da Pedreira, Minas Gerais. *Anais do Simpósio Brasileiro de Espécies Invasoras*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, pp. 1-17.

RIBEIRO, L.A., 2020. Análise de biomarcadores em ar exalado como ferramenta para rastreio diagnóstico precoce de doenças. Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à banca examinadora do Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 33 p.

RIBEIRO, M.C.; FIGUEIRA, J.E.C., 2011. Uma abordagem histórica do fogo no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais–Brasil. *Revista Biodiversidade Brasileira–Manejo do fogo em áreas protegidas*, ICMBIO, n. 2., pp. 212-227.

RIVADAVIA, F., 2003. Four new species of sundews, *Drosera* (Droseraceae), from Brazil. *Carnivorous Plant Newsletter*, vol. 32, pp. 79-92.

RIVADAVIA, F.; GONELLA, P.M., 2011. *Drosera quartzicola* (Droseraceae), a new and threatened species from the Serra do Cipó, Brazil. *Phytotaxa*, Magnolia Press, vol. 29, pp. 33-40.

SAINT-HILAIRE, A.F.C.P., 1824. *Plantes usuelles des Brésiliens* 3. Grimbart, Paris, pl. XV pp. 1-5.

SAINT-HILAIRE, A.F.C.P., 1826. *Histoire des plantes les plus remarquables du Brésil et du Paraguay* vol. 1, n. 6. A. Belin, Paris.

SANUSI, S.B.; ABU BAKAR, M.F.; MOHAMED, M.; SABRAN, S.F.; MAINASARA, M.M., 2017. Ethnobotanical, Phytochemical, and Pharmacological Properties of Nepenthes Species: A Review. Asian J. Pharm. Clin. Res., vol. 10, pp. 16-19.

SASS, J.E., 1951. Botanical microtechnique, 2 ed. Iowa State College Press, 228 p.

SCHAEFER, H.M.; RUXTON, G.D., 2008. Fatal Attraction: Carnivorous Plants Roll Out the Red Carpet to Lure Insects. Biology Letters, vol. 4, pp. 153-155.

SCHERZER S.; SHABALA L.; HEDRICH B.; FROMM J.; BAUER H.; MUNZ E.; JAKOB P.; AL-RASCHEID K.; KREUZER I.; BECKER D., 2017. Insect haptoelectrical stimulation of Venus flytrap triggers exocytosis in gland cells. Proc Natl Acad Sci, USA, vol. 114, pp. 4822 -4827.

SILVA, C.J., 2007. Leaf morphoanatomy and chemical composition of seven Melaleuca L. (Myrtaceae) species. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 89 p.

SILVA, C.J., 2010. Chemical and anatomical studies in Myrtaceae and Asteraceae species and first report of colleters in Myrtaceae. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 110 p.

SILVA, E.A.J., 2020. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial das folhas de *Psidium guajava* no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 37 p.

SOLON, M.G., 2013. Variação de coloração em *Drosera hirtella* (Droseraceae) e sua relação com variáveis ambientais. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 71 p.

STEYN, W.J.; WAND, S.J.E.; HOLCROFT, D.M. & JACOBS, G., 2002. Anthocyanins in Vegetative Tissues: a Proposed Unified Function in Photoprotection. New Phytologist, vol. 155, pp. 349-361.

TAGAWA, K.; WATANABE, M., 2021. Group foraging in carnivorous plants: Carnivorous plant *Drosera makinoi* (Droseraceae) is more effective at trapping larger prey in large groups. Plant Species Biology, vol. 36, pp. 114-118.

TAUBERT, P.H.W. (1893) *Plantae Glaziovianae novae vel minus cognitae*. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, vol. 17, pp. 502-506.

THORÉN, L.M.; TUOMI, J.; KAMARAINEN, T.; LAINE, K., 2003. Resource Availability Affects Investment in Carnivory in *Drosera rotundifolia*. *New Phytologist*, vol. 159, pp. 507-511.

WÓJCIAK, M.; FELDO, M.; STOLARCZYK, P.; PŁACHNO, B.J., 2023. Carnivorous Plants from *Nepenthaceae* and *Droseraceae* as a Source of Secondary Metabolites. *Molecules*, vol., 28, n. 5, 20 p.