



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE BIOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

PÂMELA CLEMENTE DE MENESES SILVA

**ANATOMIA E HISTOQUÍMICA DE FOLHA E CAULE DE *Herissantia crispa* (L.)
Brizicky e *Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky (MALVACEAE) EM DIFERENTES
ÁREAS DA CAATINGA**

Recife

2020

PÂMELA CLEMENTE DE MENESES SILVA

**ANATOMIA E HISTOQUÍMICA DE FOLHA E CAULE DE *Herissantia crispa* (L.)
Brizicky e *Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky (MALVACEAE) EM DIFERENTES
ÁREAS DA CAATINGA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Biologia Vegetal

Orientador (a): Dra. Emília Cristina Pereira de Arruda

Co-orientador (a): Dra. Maria Izabel Gallão

Recife

2020

Catálogo na fonte
Elaine C Barroso
(CRB4 1728)

Silva, Pâmela Clemente de Meneses

Anatomia e histoquímica de folha e caule de *Herissantia crisper* (L.) Brizicky e *Herissantia tiubae* (K. Schum.) Brizicky (Malvaceae) em diferentes áreas da Caatinga / Pâmela Clemente de Meneses Silva – 2021.

130 f.: il., fig., tab.

Orientadora: Emilia Cristina Pereira de Arruda

Coorientadora: Maria Isabel Gallão

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, 2021. Inclui referências e anexos.

1. Plantas da caatinga 2. Histoquímica 3. Plasticidade I. Arruda, Emilia Cristina Pereira de (orient.) II. Gallão, Maria Isabel (coorient.) III. Título

581.9813

CDD (22.ed.)

UFPE/CB – 2021-157

PÂMELA CLEMENTE DE MENESES SILVA

**“ANATOMIA E HISTOQUÍMICA DE FOLHA E CAULE DE *Herissantia crispa* (L.)
Brizicky e *Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky (MALVACEAE) EM DIFERENTES
ÁREAS DA CAATINGA”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Biologia Vegetal

Aprovada em: 28/08/2020

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Emília Cristina Pereira de Arruda (Orientador) – UFPE

Prof. Dra. Natália Maria Corte Real de Castro- UNIBRA

Prof. Dra. Cláudia Ulisses de Carvalho Silva-UFRPE

A Deus, por me permitir estar viva.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que ilumina meu caminho e me dá forças para superar as dificuldades.

Aos meus pais, que me deram os alicerces para eu seguir com minhas próprias pernas. Ao meu pai Pedro (in memoriam) pelo enorme incentivo desde criança para que eu lutasse por uma qualidade de vida melhor, sempre olhando por mim e não deixando que nenhum mal me atingisse. A minha mãe Salvanir, mulher guerreira e batalhadora que se dedica com todas suas forças para que eu nunca desista, que me ama e que está ao meu lado para enfrentarmos as adversidades que a vida nos impõe.

Ao meu irmão Saulo, pelo companheirismo.

A minha avó fonte de sabedoria e exemplo de vida e a todos meus familiares que torcem pelo meu crescimento.

Ao meu namorado Jorge, pelo amor incondicional, pela cumplicidade, pela compreensão, pelo apoio e por me dar força nos momentos que eu quis desistir. Obrigado por fazer meus dias mais felizes, mais cheios de cores, mais cheios de paz. Obrigado por me fazer rir quando tenho vontade de chorar. Obrigado por lutar pelos nossos sonhos que são muitos e grandes, mas cada vitória ao seu lado a vida fica mais leve e mais bonita.

Aos meus amigos de pós-graduação que me arrancaram sorrisos e estiveram presentes durante toda essa nossa jornada, obrigada Felicidade, Gleyce e Weverton.

Ao meu amigo Lucas, por todos os ensinamentos de anatomia, por tornar a vida na pós mais alegre, por sua risada inconfundível, pelas ajudas nas aulas de campo, por compartilhar de tantos desastres na vida que nem ligamos mais, obrigado pela sua amizade e que apesar de toda distância ela permaneça.

A minha amiga Bella, pelo presente que foi sua amizade, por me dar forças quando eu mais precisei, por me escutar e compartilhar dos momentos mais ansiosos, Obrigada por estar presente todo dia, que nossa amizade permaneça apesar da distância.

A minha amiga Aryelli, por todo esse tempo de amizade, por acreditar no meu potencial (e eu no dela), pelas palavras que sempre me colocam pra cima, por suas palavras de fé que sempre me ajudam quando eu mais preciso.

Aos colegas do Laboratório de Biologia Celular Vegetal e do Laboratório de Anatomia Vegetal (Laveg), em especial Dani, Silvia e Aryane.

Ao Departamento de Micologia, aos laboratórios Lika e Labecotox da UFPE por todo suporte técnico necessário a minha pesquisa.

Às minhas orientadoras pelo acolhimento, paciência e incentivo durante toda essa jornada.

Ao Cnpq pelo financiamento dos meus estudos.

RESUMO

As condições ambientais, como aquelas observadas na Caatinga podem promover ajustes na morfoanatomia das espécies as quais estão sujeitas ao clima semi-árido.. Assim, esse estudo teve por objetivo analisar comparativamente a anatomia foliar e caulinar, além da composição histoquímica de *Herissantia tiubae* Brizicky e *Herissantia crispa* (L.) Brizicky, em diferentes áreas da Caatinga sob condições ambientais distintas, a fim de verificar possíveis alterações morfoanatômicas nessas estruturas. Para respondê-lo, esta dissertação foi dividida em dois capítulos. No primeiro capítulo, foi comparada a anatomia de folha e caule de duas espécies de Malvaceae ocorrentes na Caatinga com fins taxonômicos e ecológicos. Já no segundo capítulo, foi verificado se as condições ambientais de duas áreas diferentes de Caatinga promoveriam alterações morfoanatômicas e nos compostos químicos presentes em estruturas secretoras dessas mesmas espécies. A primeira área de estudo foi o Parque Nacional do Vale do Catimbau, com vegetação de Caatinga arbustiva, já a segunda área foi próxima à região do Cânion do São Francisco em Piranhas-Alagoas, caracterizada por uma Caatinga arbórea. Após as técnicas usuais em anatomia, foram analisadas imagens em microscopia ótica e eletrônica de varredura. Com isso, foi constatado que as espécies apresentaram cavidades, idioblastos cristalíferos, mesofilo dorsiventral, características comuns na família Malvaceae, além de tricomas tectores (estrelados e unicelulares) e tricomas glandulares (pedunculados, filiformes e globosos), estes por sua vez contendo compostos químicos de grande importância medicinais e ecológica fundamentais para sobrevivência das espécies vegetais Caatinga. Além disso, pode-se perceber que alguns dos caracteres anatômicos de caule e folhas eram plásticos, favorecendo a sobrevivência das espécies no ambiente estudado, e outros conservativos, promovendo um agrupamento de acordo com as características anatômicas mais semelhantes.

Palavras-chave: Herbáceas; Condições ambientais; Semi-árido; Plasticidade fenotípica; Tricomas glandulares; Histoquímica; Estruturas secretoras.

ABSTRACT

Environmental conditions, such as those observed in the Caatinga, can promote adjustments in the morphoanatomy of species that are subject to semi-arid climate. Thus, this study aimed to comparatively analyze the foliar and stem anatomy, in addition to the histochemical composition of *Herissantia tiubae* Brizicky and *Herissantia crispa* (L.) Brizicky, in different areas of the Caatinga under different environmental conditions in order to verify possible morphoanatomic changes in these structures. To answer this, this statement was divided in to two chapters. In the first chapter, the leaf and stem anatomy of two species of Malvaceae occurring in the Caatinga was compared for taxonomic and ecological purposes. In the second chapter, it was verified whether the environmental conditions of two different areas of Caatinga would promote morphoanatomic changes and in the chemical compounds present in secretory structures of these same species. The first study area was the Catimbau Valley National Park, with shrubby Caatinga vegetation, while the second area was close to the São Francisco Canyon region in Piranhas-Alagoas, characterized by a tree Caatinga. After the usual techniques in anatomy, images were analyzed in optical and scanning electron microscopy. It was found that the species presented cavities, crystalline idioblasts, mesophilus dorsiventral, common characteristics in the Malvaceae family, besides the trichomas tectores (starry and unicellular) and glandular trichomas (pedunculated, filiform and globular), these in turn containing chemical compounds of great medicinal and ecological importance for the survival of the Caatinga plant species. In addition, it can be seen that some of the anatomic characters of stem and leaves were plastic, favoring the survival of the species in the studied environment, and other conservative, promoting a grouping according to the most similar anatomical characteristics.

Keywords: Herbaceous; Environmental conditions; Semi-arid; Phenotypic plasticity; Glandular trichomes; Histochemical; Secretory structures.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral.....	11
2.2	Objetivos Específicos.....	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1	A CAATINGA: SOLOS E VEGETAÇÃO.....	12
3.2	ADAPTAÇÕES ANATÔMICAS DAS PLANTAS NA CAATINGA.....	13
3.2.1	Tricomas.....	13
3.2.2	Idioblastos.....	14
3.2.3	Canais e cavidades.....	15
3.3	INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA MORFOSIOLOGIA E ANATOMIA DE ESPÉCIES VEGETAIS.....	15
3.4	INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM ESTRUTURAS SECRETORAS.....	17
3.5	FAMÍLIA MALVACEAE JUSS: CARACTERÍSTICAS GERAIS, MORFOANATÔMICAS E SUAS ESTRUTURAS SECRETORAS.....	19
3.6	O GÊNERO <i>Herissantia</i> Medik.....	22
4	INVESTIGAÇÃO ANATÔMICA COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES DE MALVACEAE DE UMA FLORESTA SAZONALMENTE SECA.....	24
5	INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA ANATOMIA DE FOLHA E CAULE DE DUAS ESPÉCIES DE MALVACEAE: UMA VISÃO ECOLÓGICA EM DIFERENTES ÁREAS DA CAATINGA.....	52
6	CONCLUSÃO.....	118
	REFERÊNCIAS.....	119
	ANEXO A.....	129
	ANEXO B.....	130

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é classificada como uma floresta tropical sazonalmente seca (FTSS) com chuvas irregulares, taxas pluviométricas anuais abaixo de 1000 mm e longos períodos de seca (MORO et al. 2016). Além disso, essas áreas possuem solos férteis e abrigam espécies com altas taxas de endemismo sendo, sendo a região a mais ameaçada por perda de biodiversidade do mundo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

Em regiões semi-áridas, como a Caatinga, as plantas podem apresentar estratégias de sobrevivência, tais como variação na densidade de estômatos e tricomas, aumento na espessura da cutícula e do mesofilo etc., em resposta a variabilidade das condições ambientais (MESQUITA *et al.*, 2018). Essa capacidade de adaptação pode estar relacionada à plasticidade genotípica ou fenotípica (BOLNICK *et al.*, 2011), podendo influenciar o desenvolvimento da planta, a morfoanatomia, a produção de seus metabólitos secundários bem como influenciar a sua sobrevivência (BIANCHINI, 2011).

Além dessas estratégias, os metabólitos secundários desempenham papéis importantes na fisiologia das plantas atuando na defesa, atração ou competição por espaço, além de interações inter e intra-específicas (ESQUINCA & MORENO, 2008; VACA-SÁNCHEZ *et al.*, 2016). Esses compostos são produzidos e/ou armazenados em estruturas secretoras como tricomas, idioblastos, canais e cavidades, localizados nos tecidos de diferentes órgãos das plantas podendo estar presentes em folhas, pecíolos, caules e nas flores (CASTRO *et al.*, 2009).

Sabendo que inúmeras espécies da família Malvaceae possuem essas estruturas secretoras e são amplamente utilizadas em todas as partes do mundo para fins diversos como ornamentais, na indústria de bens de consumo e para o tratamento de males da saúde, além de forrageiras (OTERO *et al.*, 2000; BOVINI, 2010) e que esta família ocorre na Caatinga com uma grande diversidade de espécies, foram selecionadas para este estudo as espécies *Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky e *Herissantia crispa* (L.) Brizicky, de acordo com sua importância farmacológica e quimiotaxonomica, previamente relatada, como por exemplo, *H.tiubae* contra ação espasmolítica (GOMES *et al.*, 2005) e *H. crispa* com atividade anticancerígena (PARK *et al.*, 2005).

Além dessa importância medicinal, essas espécies possuem importantes papéis ecológicos no ecossistema da Caatinga favorecendo a criação e a conservação de abelhas (Maia-Silva *et al.* 2012), e também são indicadas para recuperação de áreas degradadas (Fabricante *et al.* 2015). Apesar disso, estudos ecológicos e anatômicos são escassos para essas espécies.

Diante disso, este estudo analisou comparativamente a anatomia foliar e caulinar, além da composição histoquímica de *Herissantia tiubae* Brizicky e *Herissantia crispa* (L.) Brizicky, em diferentes áreas da Caatinga sob condições ambientais distintas, a fim de verificar possíveis alterações morfoanatômicas, principalmente, nas suas estruturas secretoras e nos tipos de compostos químicos presentes nessas estruturas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Identificar alterações anatômicas e histoquímicas nas estruturas secretoras de folha e de caule de populações de *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa* em ambientes com condições distintas.

1.1.1. Objetivos Específicos

- Localizar as estruturas secretoras nos órgãos e tecidos destas espécies buscando compreender sua função em cada ambiente;
- Caracterizar as estruturas secretoras das espécies estudadas do ponto de vista morfoanatômico correlacionando suas características ao ambiente da Caatinga;
- Identificar os tipos de compostos químicos presentes nas estruturas secretoras;
- Verificar a variação nos tipos de compostos químicos presentes nas estruturas secretoras nos diferentes ambientes

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A CAATINGA: SOLOS E VEGETAÇÃO

A Caatinga é uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca exclusiva do Brasil que ocupa cerca de 9,92% do território brasileiro (IBGE, 2010) possuindo altas taxas de endemismo, incluindo espécies vegetais de grande importância econômica e medicinal (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014), apesar disso, é também a região mais ameaçada de perda de biodiversidade (SANTOS *et al.*, 2013).

É também caracterizada por rochas cristalinas formadas durante o período terciário no pré-Cambriano, e que, ao sofrer erosão formou solos ricos em nutrientes, mas pedregosos, originando assim os terrenos cristalinos, ou também como são conhecidos a “superfície sertaneja”, onde são encontrados os afloramentos rochosos (inselbergues). (AD’SABER, 1974; IBGE, 1985; MORO *et al.*, 2016; QUEIROZ *et al.*, 2017).

De acordo com BRASIL (2005), a região semiárida nordestina apresenta clima quente, baixa precipitação anual, alta evapotranspiração, risco de seca/aridez maior que 60%. Sendo o sertão a região mais árida, com solos rasos, pedregosos, pobres em nutrientes e com uma vegetação baixa (RIZZINI *et al.*, 1992). Isso ocorre principalmente por causa dessa variação temporal e diminuição da estação chuvosa, que ocasiona consequentemente, a diminuição da disponibilidade de água do solo prejudicando assim o estabelecimento das espécies vegetais (OCHOA *et al.*, 2016).

Os solos variam em composição em uma curta distância e podem influenciar a formação vegetacional, juntamente com o regime de chuvas, topografia, distúrbios antrópicos (SAMPAIO, 1995; PRADO, 2003; CRUZ *et al.*, 2013). Essa variação na estrutura da vegetação foi descrita por Sampaio (1995), na qual as espécies arbóreas eram mais relacionadas com solos do tipo latossolos e espécies herbáceas e de pequeno porte com solos arenosos. A topografia é formada de altitudes que variam de 400 a 1200m, principalmente formadas por cadeias montanhosas como Borborema, Ibiapaba, Araripe e a Chapada Diamantina (SILVA & SOUZA, 2018).

Os solos dessa região possuem uma característica de formação de mosaicos, ou seja, eles variam em profundidade, concentração de nutrientes e de sal, além da sua composição de minerais, o que pode explicar ainda mais a influência sobre as características adaptativas em diferentes áreas de Caatinga (RODAL *et al.*, 1992).

A análise dos solos é de extrema importância para conservação da Caatinga, uma vez que o uso inadequado da terra acelera o processo de desertificação, principalmente devido ao

seu uso inadequado (LEAL *et al.*, 2005). Além de que, o conhecimento das propriedades químicas e físicas do solo é importante para o manejo adequado e entendimento do potencial de crescimento e distribuição das espécies, principalmente em solos arenosos que, geralmente, são pobres em nutrientes (GONÇALVES *et al.*, 2014).

Nessas florestas tropicais sazonalmente secas, variações nas condições ambientais, principalmente na precipitação, temperatura ou nutrição do solo, podem gerar mudanças na distribuição e em ajustes morfológicos e fisiológicos nessas espécies (FRENETTE-DUSSAULT *et al.*, 2012; GRIME & PIERCE, 2012; NEVES *et al.*, 2015).

2.2. ADAPTAÇÕES ANATÔMICAS DAS PLANTAS NA CAATINGA

Devido às condições climáticas da Caatinga, as espécies vegetais desenvolveram estratégias de sobrevivência para garantir a evitar os efeitos nocivos da seca (MESQUITA *et al.*, 2018). Geralmente espécies de regiões áridas possuem folhas com mesofilo mais espesso devido ao parênquima paliádico bem desenvolvido, cutículas e paredes periclinais das células epidérmicas mais espessadas, além disso, possuem esclerênquima bem desenvolvido circundando os feixes vasculares (FAHN & CUTLER, 1992; FAHMY, 1997; ELIAS *et al.*, 2003; ROTONDI *et al.*, 2003).

Sendo assim, características como a presença de caules suculentos, espinhos, órgãos de reservas nas raízes (xilopódios), assim como mudanças no metabolismo e fechamento estomático são processos adaptativos que visam o uso eficiente da água nessas florestas (LARCHER, 2000 e COSTA *et al.*, 2007).

Além dessas características, temos a presença estruturas secretoras: tricomas, idioblastos, canais e cavidades que desempenham papéis fundamentais para sobrevivência das plantas no ambiente de Caatinga.

2.2.1. Tricomas

Os tricomas são apêndices de origem protodérmica com estrutura variável que pode ser encontrada na epiderme de órgãos reprodutivos de espécies vegetais. São classificadas como unicelulares ou pluricelulares, sésseis ou pedunculados, secretores (glandulares) ou não-secretores (não-glandulares), como escamas, papilas e pelos absorventes (ESAU, 1974). Estes tricomas consistem em uma cabeça unicelular ou multicelular de formato e tamanho diferentes presentes na extremidade superior. Nos tricomas sésseis, a cabeça está diretamente

conectada à superfície da planta, enquanto em tricomas pedunculados esta conexão ocorre por meio de um pedúnculo que pode ser uni ou multicelular e de tamanho variável (FAHN, 1979a).

Tricomas tectores, geralmente, servem para aumentar a resistência mecânica contra a herbivoria (KENNEDY, 2003), interceptam a radiação solar, para evitar a dessecação e fotoinibição (HALLIK *et al.*, 2017), além de potencialmente poderem participar em reações químicas na superfície da folha, principalmente na adsorção de ozônio (O₃) (Li *et al.*, 2018). Os tricomas glandulares também podem atuar na defesa contra agentes bióticos e abióticos, isso é possível por causa da secreção de flavonóides, monoterpenos ou lactonassessquiterpênicos (THITZ *et al.*, 2017).

É importante salientar, que as características dos tricomas são extremamente importantes do ponto de vista sistemático, uma vez que são úteis para estabelecer as relações dentro da família Malvaceae (DORR, 1990). Um exemplo disso é a presença de tricomas estrelados, uma característica da família Malvaceae (METCALFE & CHALK, 1950; HUTCHINSON, 1969).

2.2.2. Idioblastos

Idioblastos secretores são células individualizadas de composição química distinta das células que a cercam; apresentam formato variável e são classificadas de acordo com as substâncias sintetizadas (CASTRO & DEMARCO, 2008). Esses idioblastos, geralmente, são designados por secretarem mucilagem ou óleos, sendo possível identificá-los com testes histoquímicos ou pelo tipo de parede celular, sendo de constituição celulósica nos idioblastos de mucilagem, ou suberificadas nos de óleos (ASCENSÃO, 2007).

Em muitas espécies de plantas, os idioblastos podem conter cristais de composição e de formatos variados (FOSTER, 1956). Esses cristais, geralmente, são formados por oxalato de cálcio (CaC₂O₄) ou de carbonato de cálcio amorfo (CaCO₃), e podem possuir formas de ráfides, drusas, prismas, estiloides ou areia cristalina (KARTAL, 2016)

NAKATA (2012) propôs que idioblastos de cristais podem ter funções como a regulação de alta capacidade ou sequestro de cálcio, desintoxicação de metais pesado, proteção contra herbivoria, além da proteção contra fotoinibição e controle de temperatura nas folhas (HORNER *et al.*, 2017). Além disso, o padrão de distribuição e acumulação desses idioblastos contendo drusas (cristais) nas nervuras são comuns em diversas espécies,

podendo auxiliar em estudos taxonômicos e ecológicos (FRANCHESCHI & NAKATA, 2005).

2.2.3. Canais e cavidades

Canais (ou dutos) e cavidades (ou bolsas) são glândulas compostas por um epitélio de células secretoras que delimitam um lume, alongado nos canais e isodiamétrico nas cavidades, no qual o material é secretado; este exsudato pode possuir natureza química variável (FAHN, 1990).

Cavidades ou canais podem ser formados a partir de três tipos de processo: 1) esquizógeno, formados pela separação das células iniciais; 2) lisígeno, formados pela autólise de células secretoras e 3) esquizolisígeno, formados por uma combinação dos dois processos (FAHN, 1979). Essas estruturas são formadas por um conjunto de células meristemáticas que, por divisões radiais e tangenciais rápidas e sucessivas, formam as células epiteliais que delimitam o lúmen e as células da bainha. No entanto, o processo de formação do lúmen inicia-se juntamente com o início do processo secretor e depende da pressão interna do exsudato sobre as células epiteliais que as circundam (ASCENSÃO, 2007).

Há relatos da presença de células e ductos mucilaginosos em muitas famílias de plantas, incluindo Malvaceae, Polygalaceae, Lauraceae, Rhamnaceae e Araucariaceae (BAKKER & GERRITSEN, 1989; CLIFFORD *et al.*, 2002; MASTROBERTI & MARIATH, 2008). Essas estruturas têm funções de evitar perda de água, armazenamento de água durante períodos secos, reserva de alimento e captura de insetos como no caso das plantas carnosas (FAHN, 1989).

Com todas essas adaptações e estratégias de sobrevivência, sabe-se ainda que a morfologia e anatomia de algumas espécies vegetais são influenciadas por fatores ambientais permitindo que as mesmas se ajustem à determinadas condições.

2.3. INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA MORFOSIOLOGIA E ANATOMIA DE ESPÉCIES VEGETAIS

O clima desempenha um papel crucial na distribuição geográfica de espécies de plantas e comunidades. A estreita relação entre clima e plantas reflete-se em adaptações funcionais e na grande diversidade morfológica e taxonômica (GARZON *et al.*, 2011).

Alterações ambientais, como na luminosidade, podem influenciar o desenvolvimento das plantas, causando danos oxidativos, interferindo nos processos de condutância estomática, de transpiração e de assimilação de gás carbônico (LAMBERS *et al.*, 2008; MENGARDA *et al.*, 2009). Dentre essas alterações, o excesso de luminosidade pode promover alterações morfofisiológicas principalmente na alocação de biomassa (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Ainda nesse contexto, as estruturas secretoras parecem ser um bom caráter para compreensão da influência de fatores ambientais, uma vez que produzem e armazenam determinados tipos de substâncias. Há diversos trabalhos na literatura citando alterações dessas estruturas em plantas presentes em ambientes com diferentes condições ambientais, sobretudo, naqueles com elevadas altitudes. SHEUE *et al.*, (2003) relatam que em *Pinus taiwanensis* Hayata (Pinaceae) presentes em áreas geográficas com altitudes que variam de 700 a 3100m, o número de ductos/canais resiníferos por área foliar presentes no mesófilo estudada foi significativamente maior em altitudes médias, sendo que a posição dessas estruturas no mesófilo foliar foi de grande importância taxonômica para diferenciar essa população de uma outra população presente na China.

Além disso, de acordo com MUNIZ *et al.*, (2018) fatores ambientais como diferentes climas e tipos de solos têm uma influência significativa na morfoanatomia de *Aldama grandiflora* (Gardner) E.E. Schill. & Panero (= *Viguiera grandiflora*) (Asteraceae), principalmente, no arranjo de ductos secretores. Neste trabalho, o arranjo e a distribuição dos ductos variou em uma mesma população e em um mesmo indivíduo, dependendo da seção analisada, do local que o material foi coletado, principalmente com a variação da temperatura, precipitação e altitude desses locais.

No mesmo sentido, THITZ *et al.*, (2017) comprovaram que a produção de tricomas em *Betula pendula* Roth (Betulaceae) varia em resposta à um efeito interativo entre diferentes níveis de umidade do solo e temperatura elevada nos tricomas foliares da face adaxial. Embora esses efeitos isolados tenham provocado a diminuição da densidade desses tricomas, o cultivo dessas plantas em solo seco e com temperatura elevada provocou um aumento da densidade dessas estruturas em relação as plantas cultivadas em solo seco e sob temperatura a 25°C. Já Neto *et al.*, (2019) mostraram que plantas com baixa disponibilidade água apresentaram maior presença de tricomas glandulares por área foliar na face abaxial quando comparadas com plantas sempre irrigadas.

Segundo LIHAVAINEN *et al.*, (2017) um aumento na umidade relativa do ar reduz o déficit de pressão de vapor nas plantas, consequentemente, reduz a densidade de tricomas glandulares por área foliar e também modifica a morfologia e composição química das ceras cuticulares em *Betula pendula* Roth.

SILVA *et al.*, (2019) também considera a variação anatômica encontrada *Richtera* *discoidea* (Less.) Kuntze como respostas às condições ambientais, principalmente, relacionadas à altitude e ao estresse hídrico. Essa espécie apresenta indumento em toda a planta, lâmina foliar e epiderme com cutícula espessa, presença de hipoderme, drusas (cristais) no clorênquima, parênquima paliçádico bem desenvolvido, esclerênquima envolvendo feixes vasculares, sendo estas características comuns em plantas com recursos hídricos limitados.

VASIC & DUBAK (2012) verificaram que folhas de *Juniperus oxycedrus* L. (Cupressaceae) variam morfológicamente e anatomicamente como resultado da aclimatização às mudanças do microclima condicionadas por um aumento na altitude (420, 620, 820, 1020, 1220, e 1420 m) e observaram que folhas coletadas de plantas crescendo a 620 m apresentaram as características xeromórficas mais proeminentes (i.e. cutículas espessas e paredes epidérmicas espessas) em relação às demais. Variações na morfologia e anatomia nas plantas influenciadas por fatores ambientais também podem incluir variações nas estruturas secretoras, assim como também na produção dos seus metabólitos primários e secundários.

2.4. INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM ESTRUTURAS SECRETORAS

As plantas vasculares produzem substâncias químicas que possuem grande importância para o homem. Essas substâncias são produzidas em tecidos secretores em diferentes partes da planta e possuem diversas funções incluindo atração de polinizadores, defesa contra herbivoria, controle osmótico, entre outras (FAHN, 2000).

Essas secreções (exsudatos) podem ser soluções aquosas contendo sais minerais, aminoácidos e açúcares, misturas de metabólitos primários (proteínas, polissacarídeos e pectinas) ou por misturas mais complexas formadas por metabólitos primários e secundários (terpenóides, alcalóides) (ASCENSÃO, 2007).

Uma mesma estrutura pode sintetizar um exsudato com uma grande variedade de substâncias complexas quimicamente (CSEKE *et al.*, 2007; ASCENSÃO *et al.*, 1999;

MONTEIRO *et al.*, 1999; ADLER, 2000) e a classificação desses tecidos depende do tipo de substância produzida (FAHN, 1979a). Estruturas secretoras podem ser caracterizadas por células que ocorrem de forma isolada (idioblastos) ou em estruturas multicelulares: epiderme, hipoderme, tricomas, emergências, cavidades e ductos (ASCENSÃO, 2007).

A presença de metabólitos secundários está relacionada a três fatores: genética, meio ambiente e técnicas de cultivo (CRUZ *et al.*, 2014). De acordo com BOTREL *et al.*, (2010) dentro dos parâmetros ambientais, a temperatura e a precipitação são os fatores que mais interferem na composição de óleos essenciais em idioblastos presentes nas plantas aromáticas. Podemos citar ainda SOUZA *et al.*, (2018) que concluíram em seu trabalho que a variabilidade química e o rendimento do óleo volátil de *Spiranthera odoratissima* A. St.-Hil. (Rutaceae) foram influenciados pela sazonalidade, neste caso a precipitação pluviométrica foi o fator meteorológico que mais influenciou a composição química dos óleos voláteis das folhas dessa espécie.

Além desses parâmetros, a altitude também é uma importante característica ambiental que influencia a produção de substâncias químicas pelas estruturas secretoras, promovendo variações na produção de seus metabólitos secundários como descrito por COSTA (2007). GOBBO-NETO & LOPES (2007), corroborando com isso, citam uma correlação positiva entre o conteúdo total de flavonoides e a altitude, e essa correlação pode ser explicada pelo aumento da radiação ultravioleta em altitudes maiores e os flavonoides oferecem proteção à planta ao absorverem e/ou dissiparem a energia solar, dificultando assim o dano dos tecidos mais internos pela radiação UVB.

Ainda nesse sentido, ZARINKAMAR *et al.*, (2011) em seu trabalho com *Crocus sativus* L., o açafrão-verdadeiro, relataram que o açafrão produzido em maiores altitudes possui uma qualidade maior, devido a uma maior produção de carotenóides responsáveis pela cor (Crocina), sabor (Pirocrocina) e aroma (Safranal), mas que também estão relacionados com a proteção da planta contra danos oxidativos pela radiação UVB.

RODRÍGUEZ-GARCÍA *et al.*, (2015) relataram que a síntese de resina, metabólito secundário pertencente ao grupo dos terpenos, em estruturas secretoras de *Pinus pinaster* Ait. no centro da Espanha pode ser induzida por fatores ambientais como altas temperaturas, radiação e evapotranspiração. Nessa espécie, a seca prolongada no verão no Mediterrâneo limita o metabolismo da planta, tendo efeitos negativos no rendimento de resina e na defesa contra insetos.

Além disso, altas temperaturas (acima de 32°C) podem ainda reduzir as quantidades de alguns tetraterpenóides (licopeno) no tomate principalmente durante o estágio final da maturação desses frutos (HERNÁNDEZ *et al.*, 2015). Já WANG *et al.*, (2015) mostraram a influência do estresse hídrico sobre o aumento da produção de licopeno nessa mesma espécie, revelando que a síntese desse composto é dinâmica e complexa, além de dependente de fatores ambientais. TAKKIS *et al.*, (2015) também estudaram o efeito de temperaturas elevadas na secreção de néctar floral de duas espécies de Lamiaceae do Mediterrâneo *Ballota acetabulosa* (L.) Benth. e *Teucrium divaricatum* Heldr. Neste trabalho, os autores demonstraram que o aumento da temperatura pode causar um efeito negativo sobre a produção de néctar em *B. acetabulosa*, mas não em *T. divaricatum*, desde que essas plantas não sejam submetidas também a estresse hídrico. Sendo que essa diminuição na quantidade de néctar, pode ter efeitos negativos nas interações planta-polinizador, devido a indisponibilidade de recursos (SCAVEN & RAFFERTY, 2013).

As plantas vasculares produzem substâncias químicas que possuem grande importância para o homem. Essas substâncias são produzidas em tecidos secretores em diferentes partes da planta e possuem diversas funções incluindo atração de polinizadores, defesa contra herbivoria, controle osmótico, entre outras (FAHN, 2000).

Essas secreções (exsudatos) podem ser soluções aquosas contendo sais minerais, aminoácidos e açúcares, misturas de metabólitos primários (proteínas, polissacarídeos e pectinas) ou por misturas mais complexas formadas por metabólitos primários e secundários (terpenóides, alcalóides) (ASCENSÃO, 2007).

Uma mesma estrutura pode sintetizar um exsudato com uma grande variedade de substâncias complexas quimicamente (CSEKE *et al.*, 2007; ASCENSÃO *et al.*, 1999; MONTEIRO *et al.*, 1999; ADLER, 2000) e a classificação desses tecidos depende do tipo de substância produzida (FAHN, 1979a). Estruturas secretoras podem ser caracterizadas por células que ocorrem de forma isolada (idioblastos) ou em estruturas multicelulares: epiderme, hipoderme, tricomas, emergências, cavidades e ductos (ASCENSÃO, 2007).

2.5. FAMÍLIA MALVACEAE JUSS: CARACTERÍSTICAS GERAIS, MORFOANATÔMICAS E SUAS ESTRUTURAS SECRETORAS

Malvaceae é uma família cosmopolita ou pantropical (GRINGS, 2011), estimada em 250 gêneros com mais de 4300 espécies, formadas por árvores, arbustos ou ervas (RAO *et al.*,

2018), tendo como representantes de grande importância econômica/agrícola: o algodão (quatro espécies de *Gossypium*), kenaf ou cânhamo (*Hibiscus cannabinus* L.), cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.), noz-de-cola (*Cola spp.*) e quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), além de várias espécies ornamentais como *Hibiscus syriacus* L., *Hibiscus rosa-sinensis* L. e *Alcea rosea* L. (VADIVEL *et al.*, 2016).

Como características morfológicas de Malvaceae é importante ressaltar que essa família possui folhas alternadas, simples, lobuladas, dissecadas ou digitadas, raramente unifolioladas, geralmente claramente palmatinervadas, inteiras a denteadas, serrilhadas ou crenadas. As estípulas estão presentes, podendo ser reduzidas. Possuem tricomas tipicamente estrelados. Geralmente as flores são hermafroditas ou unissexuais, hipóginas, geralmente actinomorfas, raramente zigomorfas ou assimétricas. As flores têm nectários com muitos tricomas glandulares, geralmente posicionados sobre as sépalas que são em número de cinco, mais frequentemente convexas basalmente, com cinco pétalas imbricadas. Os estames são de cinco a numerosos. O ovário é superior, com placentação axial, com estigma capitado ou lobulado. Os frutos são mais frequentemente cápsulas loculicidas, esquizocarpos ou nozes (VADIVEL *et al.*, 2016).

Do ponto de vista anatômico, SOLEREDE (1908); METCALFE e CHALK (1950) e BAYER & KUBITZKI (2003) descreveram que a família Malvaceae é caracterizada pela ocorrência de cavidades, células ou ductos de mucilagem. Além de citar que essas estruturas podem ter origem lisígena, resultado de dissolução de células, ou esquizogênicas, são geralmente delimitadas por células intactas, ocorrendo na epiderme, no parênquima medular ou do córtex primário. Ainda nesse estudo, eles verificaram que no parênquima de caules e folhas dessa família, podem ser encontradas células isoladas contendo taninos, além de idioblastos contendo cristais de oxalato de cálcio que ocorrem principalmente de forma aglomerada. As folhas, geralmente, possuem mesófilo dorsiventral e em alguns casos o parênquima lacunoso ou paliádico pode ser reduzido ou ausente. Os estômatos são geralmente anomocíticos, ou seja, são cercados por células epidérmicas não especializadas e as folhas são frequentemente hipoestomáticas. Já para anatomia de madeira, eles citam que o floema secundário é geralmente estratificado e a ocorrência combinada de raios em camadas e dilatados é típica da família. Além disso, o parênquima axial da madeira é abundante, podendo ser paratraqueal, vasicêntrico ou confluyente em bandas concêntricas e/ou predominantemente apotraqueais.

ROCHA & MACHADO (2009) demonstraram que a presença de nectários extraflorais e florais, e de estruturas secretoras de mucilagem, presentes nos órgãos vegetativos, como folhas, caule e raiz e órgãos reprodutivos, são de grande importância taxonômica e ecológica para seus representantes, principalmente a presença de tricomas secretores, idioblastos, canais e cavidades.

Em um estudo com sete espécies do gênero *Hibiscus* L. (Malvaceae), SHAHEEN *et al.*, (2009), encontraram oito tipos principais de tricomas foliares glandulares e não-glandulares, sendo os tricomas glandulares com haste unicelular e cabeça multicelular unisseriada ou bisseriada uma característica comum entre essas espécies. Neste trabalho, demonstraram que em *Hibiscus* ambas as superfícies foliares são recobertas por diferentes tipos de tricomas que formam um indumento de densidade e textura variável. Em *H. sabdariffa* a presença de idioblastos significa adaptação a condições xéricas e também pode estar relacionado a ambientes expostos a um déficit hídrico (FRANCHESCHI & NAKATA, 2005; RAGHU *et al.*, 2019)

Adaptações fisiológicas e anatômicas em espécies de *Peperomia* Ruiz & Pav. permitem que estes táxons sobrevivam em condições extremas nos Andes peruanos desde o nível do mar até altas altitudes, expostas a alta incidência luminosa e seca periódica. Essas espécies apresentam proteção para o tecido fotossintético interno primário (parênquima paliçádico) contra fotoinibição filtrando e dispersando a irradiação solar e moderando a temperatura interna da folha. Isso ocorre através do processo de fechamento parcial ou completo do parênquima aquífero pela ondulação da folha e exposição da superfície da folha abaxial com redução da tensão do parênquima lacunoso contendo os cristais (HORNER *et al.*, 2017).

Uma variação na pressão da água no solo de 20-60 kPa, provoca um aumento na quantidade de idioblastos nas folhas de *Piper aduncum* L., além do aumento na produção de óleo essencial. Devido ao estresse hídrico, a produção de óleo essencial é reduzida, fazendo com que essa espécie se adapte a diferentes condições de disponibilidade de água no solo (JACINTO *et al.*, 2018).

De acordo com o estudo de Raghu (2015) com duas espécies de Malvaceae, *H. surattensis* L. e *H. sabdariffa* L., mostraram ductos e idioblastos de mucilagem. Essas duas estruturas podem ser diferenciadas principalmente pelos seus processos de formação e de secreção, sendo os idioblastos formados pela diferenciação de células da epiderme ou do

mesófilo e os ductos por um processo esquizogênico, formando o lúmen secretor (FAHN, 1979; RAGHU, 2015).

Além desse estudo, LATTAR *et al.*, (2018) relataram que *Heliocarpus popayanensis* Kunth e *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. apresentam pequenas cavidades mucilaginosas em suas flores, parênquima secretor e idioblastos cristalíferos. Apesar dessas características em comum, essas espécies apresentam diferenças morfológicas significativas que juntamente com dados moleculares apoiam a inclusão de cada gênero em diferentes tribos na subfamília Grewioideae (Malvaceae).

2.6. O GÊNERO *Herissantia* Medik

O gênero *Herissantia* compreende seis espécies, restritas à América tropical com a maior ocorrência no México, Antilhas e América do Sul. Apenas *H. crispa* L. (Brizicky) apresenta registros de distribuição desde os Estados Unidos até a Argentina (SILVA *et al.*, 2009). Já *H. tiubae* (K. Schum) Brizicky pode ser encontrada no nordeste brasileiro, onde ocorre em áreas do semiárido, no domínio da caatinga, em lugares abertos e ensolarados, principalmente, às margens das estradas, normalmente entre os estados da Bahia e Pernambuco (ALBUQUERQUE *et al.*, 2007).

No Brasil, apenas quatro espécies podem ser encontradas, as quais se caracterizam pelo porte herbáceo, subarbustivo ou arbustivo, com ramos cilíndricos, pubescentes a velutinos, além de folhas ovadas, dentadas; estípulas reduzidas, filiformes, as vezes caducas. Suas flores são axilares, solitárias ou em inflorescências, pediceladas; epicálise ausente; cálice cupuliforme, 5-laciniado; 5 pétalas brancas com mácula escura na base; androceu incluído; ramos estilares 10–14; estigmas capitados. Já os frutos são esquizocárpicos, inflados, pendentes; mericarpos 10–14, pubescentes ou hispídeos, com paredes frágeis, deiscentes, com 1–3 sementes; glabras ou pilosas (MEDIK, 1788).

Dentre os diferentes gêneros que compõem a família, *Herissantia* possui diversos tipos de fitoconstituintes na secreção produzida por suas estruturas secretoras, como ácido graxo, triterpenos, esteróides, ácido fenólico, flavonóides na forma de aglicona ou glicosilados, relatados na literatura (SILVA *et al.*, 2005).

H. tiubae é conhecida popularmente como mela-bode ou lava-prato, possui ação antiespasmolítica (GOMES *et al.*, 2005), antiinflamatória e anti-ansiedade (em estudos relacionados com a asma) (MOZZINI-MONTEIRO, 2013), possui efeito vasorelaxante em

artéria mesentérica superior (importante para problemas cardiovasculares como a hipertensão) (SILVA *et al.*, 2005b), moduladora de resistência bacteriana (FALCÃO-SILVA *et al.*, 2009) e é utilizada na medicina popular contra influenza e febre (ALBUQUERQUE *et al.*, 2007).

Já *H. crisper*, conhecida popularmente como malva-rasteira ou malvavísco, possui atividade anticancerígena e antitumoral, devido à sua ação antioxidante, antinociceptiva, antiinflamatória, antiulcerogênica, antidiarreica e antimicrobiana (LIMA *et al.*, 2009).

Além dessa importância medicinal e econômica, essas espécies possuem importantes papéis ecológicos no ecossistema da Caatinga, como a atração de polinizadores e defesa contra herbivoria, já que à medida que aumenta a herbivoria as plantas tendem a aumentar a produção de compostos secundários em resposta a esse ataque (OLIVEIRA, 2017).

Corroborando com esse papel ecológico, FABRICANTE *et al.*, (2015) cita que *H. crisper* é indicada para o plantio consorciado e recuperação de áreas degradadas por *Prosopis* sp. (algaroba), que já invadiu mais de um milhão de hectares e tem causado sérios prejuízos para biodiversidade. Já MAIA-SILVA *et al.*, (2012) cita que devido à sua importância melífera *H. tiubae* favorece a criação e a conservação de abelhas, podendo ser utilizada em jardins de flora melífera.

3. INVESTIGAÇÃO ANATÔMICA COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES DE MALVACEAE DE UMA FLORESTA SAZONALMENTE SECA

Original Article

Investigação anatômica comparativa de duas espécies de Malvaceae de uma floresta sazonalmente seca

Pâmela Clemente de Meneses Silva^a, Maria Izabel Gallão^b, Emília Cristina Pereira de Arruda^a

^a Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901.

^b Universidade Federal do Ceará, Avenida Humberto Monte, s/n - Pici, Fortaleza - CE, 60440-593.

Resumo

Uma análise morfoanatômica comparada com fins taxonômicos e ecológicos inédita foi realizada em duas espécies do gênero *Herissantia*, *Herissantia tiubae* mais conhecida na medicina popular como mela-bode e *Herissantia crispa* que é conhecida popularmente como malva-rasteira. Para isso foram feitos cortes à mão livre, os quais foram corados com safralau, montados em glicerina e analisados em microscopia ótica. Para visualização tridimensional dessas estruturas da superfície epidérmica foi realizado a microscopia eletrônica de varredura (MEV). Essas duas espécies apresentaram uma grande diversidade e distribuição de tricomas tectores, principalmente estrelados que constituem uma sinapomorfia em Malvaceae, além de tricomas glandulares em caules e folhas. Assim como em outras espécies da família, foi também relatado para essas espécies a presença de estruturas secretoras que exsudam compostos secundários com importância medicinal, merecendo mais estudos. Os tipos de tricomas encontrados foram assim classificados: dois tricomas tectores (estrelados e unicelulares) e três tricomas glandulares (pedunculados, filiformes e globosos). Outros caracteres anatômicos de importância taxonômica observados foram: cavidades mucilaginosas, idioblastos cristalíferos, mesofilo dorsiventral, comuns na família Malvaceae. Além disso, existe uma diferença marcante entre as duas espécies em relação aos tricomas glandulares, principalmente pela presença de tricomas glandulares piriformes filiformes unisseriados, sendo relatado neste trabalho pela primeira vez em caules e folhas de *H. crispa* e de cavidades de ar (caule) em *H. crispa*, e ausência destes em *H. tiubae*, uma característica que auxilia na separação dessas duas espécies.

Palavras-chave: mela-bode, malva-rasteira, tricomas glandulares, tricomas tectores, estruturas secretoras, Caatinga

1. INTRODUÇÃO

A família Malvaceae Juss. é cosmopolita e apresenta distribuição Pantropical (Grings, 2011). No Brasil, encontra-se representada por 73 gêneros e 791 espécies, das quais 422 espécies e 7 gêneros são endêmicos (BFG, 2018). No nordeste do Brasil foram registradas 294 espécies, que encontram-se distribuídas ao longo dos mais diversos domínios fitogeográficos, dentre eles a Caatinga (Bovini, 2015).

Essa família também se destaca pela sua importância econômica, principalmente pela produção de algodão (quatro espécies de *Gossypium* L.), de cacau (*Theobroma cacao* L.) e de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) (Vadivelet *al.*, 2016), na indústria farmacêutica, no seu uso ornamental (espécies de *Hibiscus* L.) e forragimento (Souza & Lorenzi, 2012).

Do ponto de vista anatômico, a família Malvaceae é caracterizada pela ocorrência de cavidades, células ou ductos de mucilagem (Solereider, 1908; Metcalfe & Chalk, 1950; Bayer & Kubitzki, 2003), sendo a presença dessas estruturas nos órgãos vegetativos das plantas, bem como os nectários extraflorais e florais de grande importância taxonômica e ecológica para seus representantes (Rocha & Machado, 2009). Sendo assim, a descrição dessas estruturas nos diferentes órgãos das plantas pode auxiliar na distinção de ordens, tribos, gêneros e espécies, auxiliando estudos taxonômicos (Solereide, 1908; Metcalfe & Chalk 1950, 1979; Metcalfe, 1983), estudos fisiológicos e dos princípios ativos em estudos farmacológicos de plantas medicinais (Wagner, 1991; Peter & Shanower, 1998).

As características morfológicas dos tricomas são extremamente importantes do ponto de vista taxonômico, uma vez que são úteis para estabelecer as relações dentro da família Malvaceae (Dorr, 1990, Celka *et al.*, 2015), desempenhando um papel importante na identificação de gêneros e espécies (Hayat *et al.* 2009; Gavrilović *et al.* 2018b). Um exemplo disso é a presença de tricomas estrelados, uma característica marcante e que constitui uma sinapomorfia da família Malvaceae (Metcalfe & Chalk, 1950; Hutchinson, 1969).

Pertencente a essa família, o gênero *Herissantia* compreende seis espécies, restritas à América tropical com a maior ocorrência no México, Antilhas e América do Sul. As espécies estudadas aqui são perenes, nativas das Américas (FRYXELL, 1997) e ocorrem em floresta tropical sazonalmente seca, como a caatinga, sendo que uma delas, *H. crispa* L. (Brizicky), tem uma distribuição mais abrangente ocorrendo desde os Estados Unidos até a Argentina

(Silva et al., 2009) e *H.tiubae* (K.Schum.)Brizickyé endêmica do Brasil (LIMA & CONCEIÇÃO, 2016).

Dentre os diferentes gêneros que compõem a família, *Herissantia* possui diversos tipos de fitoconstituintes na secreção produzida por suas estruturas secretoras, como ácidos graxos, triterpenos, esteróides, ácido fenólico, flavonóides na forma de aglicona ou glicosilados (Silva et al., 2005).

Uma vez que, os estudos com *Herissantia* concentram-se principalmente em fitoquímica, nas atividades biológicas de extratos e uso na medicina popular, pouco se conhece acerca dos aspectos anatômicos e ecológicos, principalmente, de suas estruturas secretoras e seu valor para a taxonomia e ecologia do gênero.

Sendo assim, o presente estudo traz uma análise morfoanatômica comparativa inédita de folhas e caules de *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa*, duas espécies ocorrentes em distintas áreas de Caatinga, sendo uma delas endêmica do Brasil, contribuindo para o conhecimento biológico dessas espécies em florestas tropicais sazonalmente secas, como a Caatinga, bem como para prover suporte para futuras pesquisas acerca do potencial farmacológico, medicinal e ecológico das mesmas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Material Vegetal

Amostras de folhas e caules de cinco indivíduos de *H. tiubae* (K.Schum.) Brizicky e *H. crispa* (L.) Brizicky (Figura 1) foram coletadas, bem como registradas no Herbário UFP – Geraldo Mariz Universidade Federal de Pernambuco sob os números 85293/ 85295 (*H. tiubae*) e 85294/85296 (*H. crispa*). O estudo foi desenvolvido no Parque Nacional do Vale do Catimbau localizado no município de Buíque em Pernambuco, na qual foram coletadas folhas e caules a partir do terceiro nó dessas plantas (Figura 1) para análises em Microscopia Ótica e Microscopia Eletrônica de Varredura.

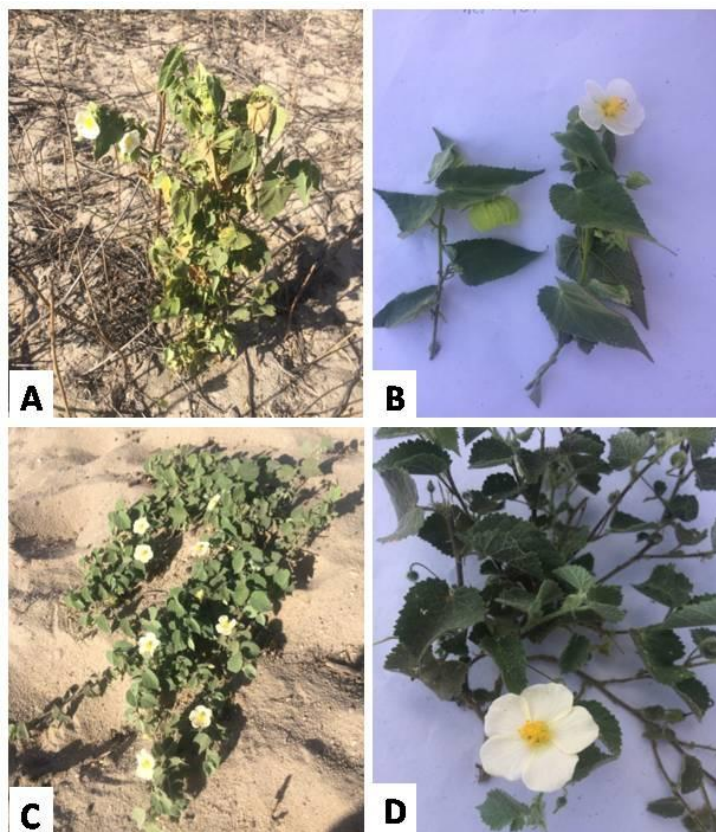


Figura 1. A) *Herissantia tiubae* presente na Caatinga arbustiva no Parque Nacional do Vale do Catimbau em Buíque-PE. B) Exsicata de *H. tiubae*. C) *Herissantia crispa* fixada em solo arenoso da Caatinga arbustiva no Parque Nacional do Vale do Catimbau em Buíque-PE. D) Exsicata de *H. crispa*.

2.2. Microscopia Ótica

Para análise geral dos tecidos, o material foi fixado em FAA 50 por 48h, depois armazenado em etanol 70% e a partir disso, foram realizados cortes transversais a mão livre com auxílio de lâmina de barbear para produção de lâminas semipermanentes. Esses cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio 50%, corados com azul de alcian 1% e safranina 1% (safrablau) e montados em glicerina 50% (Kraus & Arduin, 1997; Johansen, 1940, adaptado).

A análise das epidermes foliares foi feita através da dissociação com uma mistura de peróxido de hidrogênio 30% e de ácido acético (1:1). O material permaneceu em estufa a 60°C overnight e após isso foram coradas com safranina (Franklin, 1945) para verificação dos tricomas foliares.

As imagens foram obtidas em microscópio de luz (Modelo BX41, Olympus Optical) acoplado a uma câmera digital (Modelo UC30) no Laboratório de Anatomia Vegetal (LaVeg-UFPE).

Este trabalho classificou os tricomas estrelados de acordo com o trabalho de Inamdar & Chohan(1969), os tricomas glandulares filiformes piriformes de acordo com Rao (1991) e os tricomas glandulares pedunculados e globosos por Shaheen et al. (2009) e Fahn (1988).

2.3. Microscopia Eletrônica de Varredura

Para observação detalhada da superfície epidérmica, amostras de material foram levadas ao laboratório de Imunopatologia KeizoAsami (LIKA-UFPE) e fixados em solução de Glutaraldeído a 2,5%, paraformaldeído 2% e em tampão fosfato 0,1 M, pH 7,3 (Karnovisk, 1965), foram desidratadas em série etanólica (10-100%) e submetidas ao “ponto crítico” com dióxido de carbono BAL-TEC CPD 030. Após isso, foram montadas com fita adesiva dupla face em suporte de alumínio (*stub*) e metalizadas com ouro (Silveira, 1989).

3.RESULTADOS

3.1. Caracterização morfoanatômica de *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa* (Ver Tabela 1).

3.1.1. Folha

Em vista frontal, foi possível observar que a superfície foliar adaxial de *H.tiubae* apresentou células epidérmicas poligonais com paredes celulares anticlinais retas, enquanto que a superfície foliar abaxial apresentou células epidérmicas com o mesmo formato, porém, com paredes sinuosas.

As duas espécies apresentam estômatos em ambas as faces epidérmicas, sendo, portanto, classificadas como anfiestomáticas (Figura 2). Para *H. tiubae* foi observado estômatos de dois morfotipos diferentes: anisocíticos na face adaxial (Figura 2A) e anomocíticos na face abaxial (Figura 2B), enquanto que *H. crispa* possuía apenas estômatos anisocíticos nas duas faces foliares (Figuras 2C e 2D).

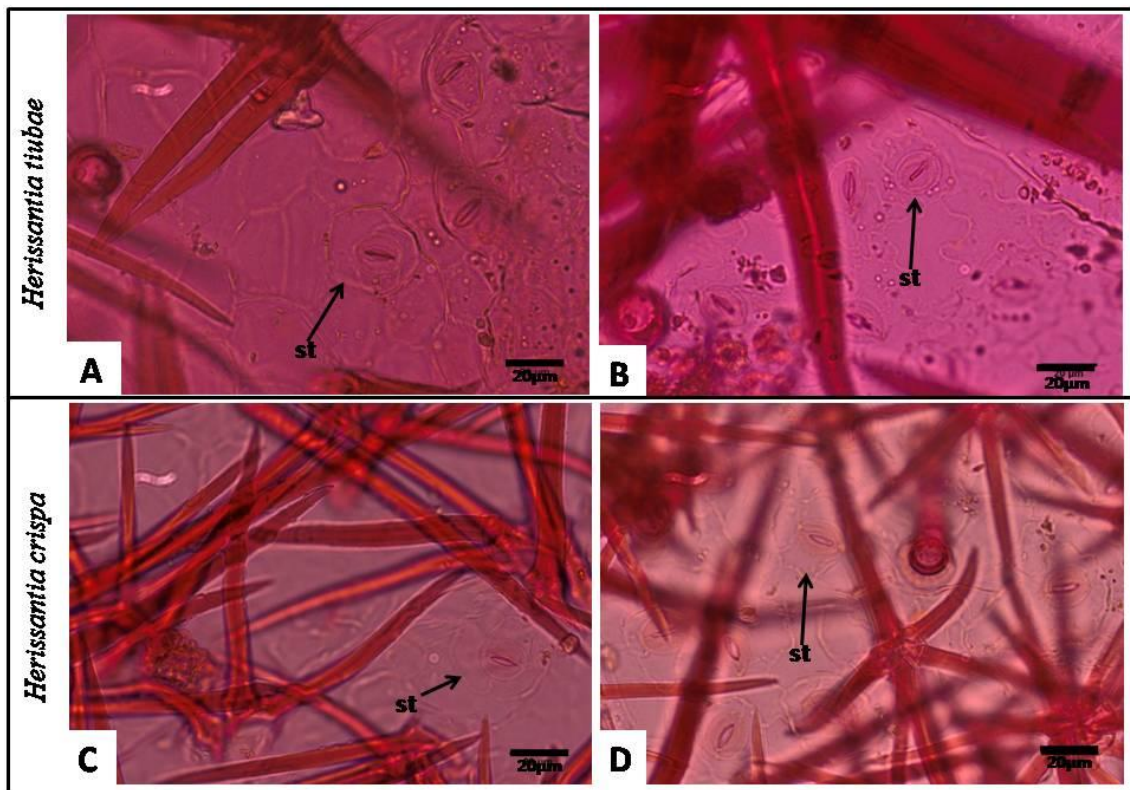


Figura 2. Morfotipos de estômatos e em *Herissantia tiubae* (HT) e *Herissantia crispa* (HC). A) Estômato anisocítico na face adaxial em HT. B) Estômato anomocítico na face abaxial em HT. C) Estômato anisocítico na face adaxial em HC. D) Estômato anisocítico na face abaxial em HC. St=estômatos.

Em corte transversal verificou-se que as folhas das duas espécies possuíam epiderme unisseriada e cutícula delgada em ambas as faces foliares. A superfície epidérmica é coberta por cinco morfotipos de tricomas, sendo assim classificados: dois morfotipos de tricomas tectores (estrelado e unicelular) e três morfotipos de tricomas glandulares (pedunculado, globoso e piriforme filiforme) (Figura 3).

O morfotipo 1 é tector, pluricelular, ramificado, com forma estrelada, sem pedicelo, constituído por 3 a 8 células, que se inserem abaixo das demais células epidérmicas, sendo denominado tricoma tector estrelado (Figura 3A, 3B, 3C, 3D, 3F e 4A, 4B, 4C e 4E).

O morfotipo 2 é tector, unicelular, unisseriado com comprimento que as vezes se distribui por toda a lâmina foliar, sendo chamado de tricoma tector unicelular (Figura 3B, 3D e 4D).

O morfotipo 3 é glandular, capitado, pluricelular, unisseriado, pedunculado composto por uma pequena cabeça secretora unicelular globosa, um pedicelo formado por 10 a 15 células, uma célula no pescoço e uma na região basal, sendo denominado tricoma glandular multicelular pedunculado (Figura 3A, 4A, 4B, 4E e 4G).

O morfotipo 4 é glandular, pluricelular, unisseriado, globoso, formado por até 5 células e uma célula basal, sendo chamado de tricoma glandular multicelular globoso (Figuras 4H).

O morfotipo 5 é presente apenas em *H. crisper* e é uma das diferenças marcantes entre as duas espécies. Esse tricoma é glandular, pluricelular, com uma cabeça piriforme, formado por um pedicelo ou haste com até dez células, uma célula do pescoço achatada e por uma célula na região basal de formato linear ou retangular com paredes finas, sendo assim classificado, de acordo com Rao (1991), como tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado (Figura 3F, 4F e 4I).

Os indivíduos das duas espécies possuíam mesófilos heterogêneos e dorsiventrais com uma divisão bem definida entre parênquima paliádico, que fica voltado para a epiderme superior, e parênquima lacunoso, voltado para a epiderme inferior (Figura 3). No entanto, em *H. crisper* o parênquima lacunoso tinha poucos espaços intercelulares, o contrário de *H. tiubae* que os espaços intercelulares eram maiores (Figuras 3C, 3D, 3E e 3F).

As lâminas foliares das duas espécies apresentaram feixes vasculares colaterais de pequeno calibre, enquanto que na nervura central foi observado um único feixe vascular do tipo colateral de maior calibre (Figura 3). Ainda na nervura central foi verificada a presença de colênquima do tipo angular, voltado para face adaxial e parênquima fundamental voltado para face abaxial em ambas as espécies (Figuras 3A, 3B, 3C e 3D).

No que diz respeito às estruturas secretoras, foram observados idioblastos contendo drusas na região da nervura central bem como em todo mesófilo (Figura 3) e, em apenas um dos indivíduos de *H. tiubae*, foram encontradas cavidades mucilaginosas na região da nervura central.

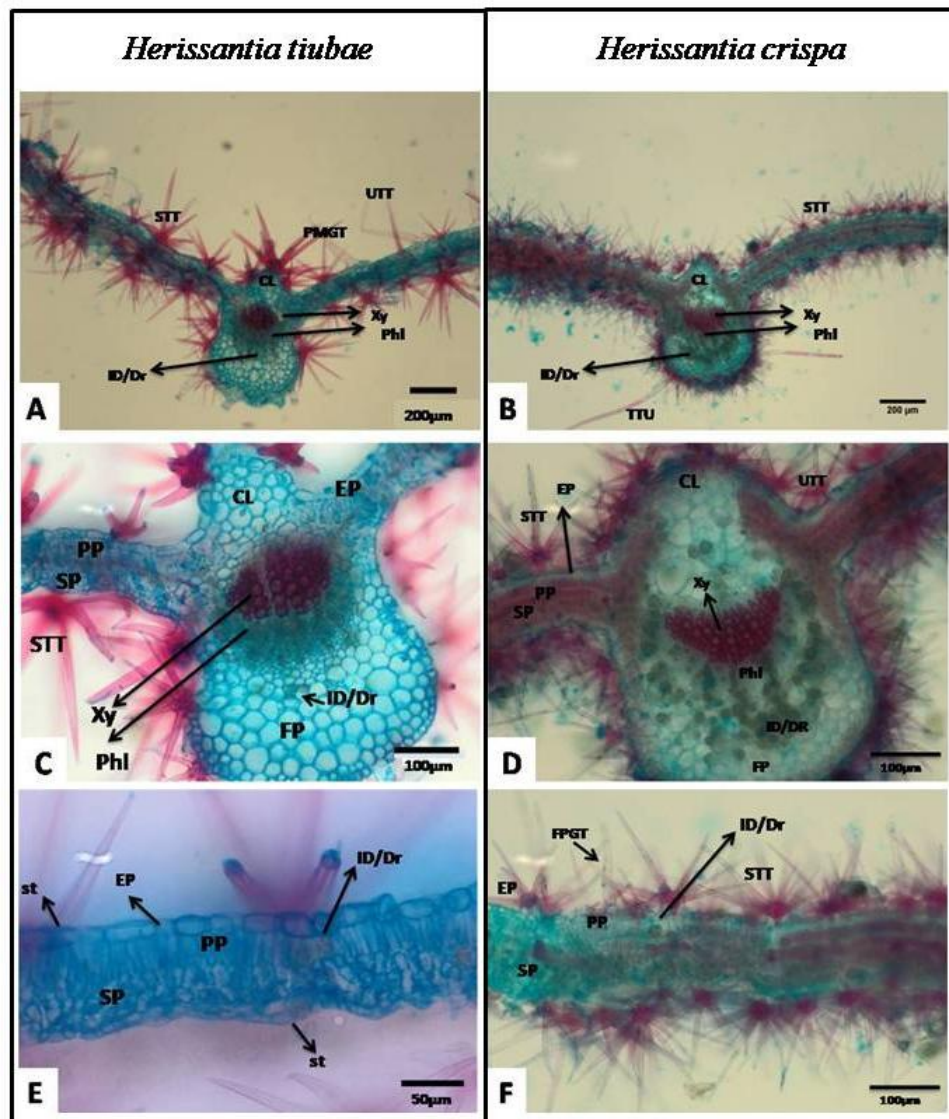


Figura 3. Anatomia foliar de *Herissantia tiubae* (A, C, E,) e *Herissantia crispa* (B, D, F). A e B) Visão geral da folha em corte transversal C e D) Região da nervura central evidenciando os feixes vasculares. E e F) Mesofilo dorsiventral. **EP**= Epiderme; **st**=estômato; **PP**= Parênquima Paliádico; **FP**=Parênquima Fundamental; **SP**= Parênquima Lacunoso; **Xy**= Xilema; **Phl**= Floema; **Cl**= Colênquima; **TTE**=Tricoma tector estrelado; **ID/Dr**= idioblastos contendo drusas; **TGMP** = Tricoma glandular multicelular pedunculado; **TGG**=Tricoma glandular multicelular globoso; **TGPF**=Tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado.

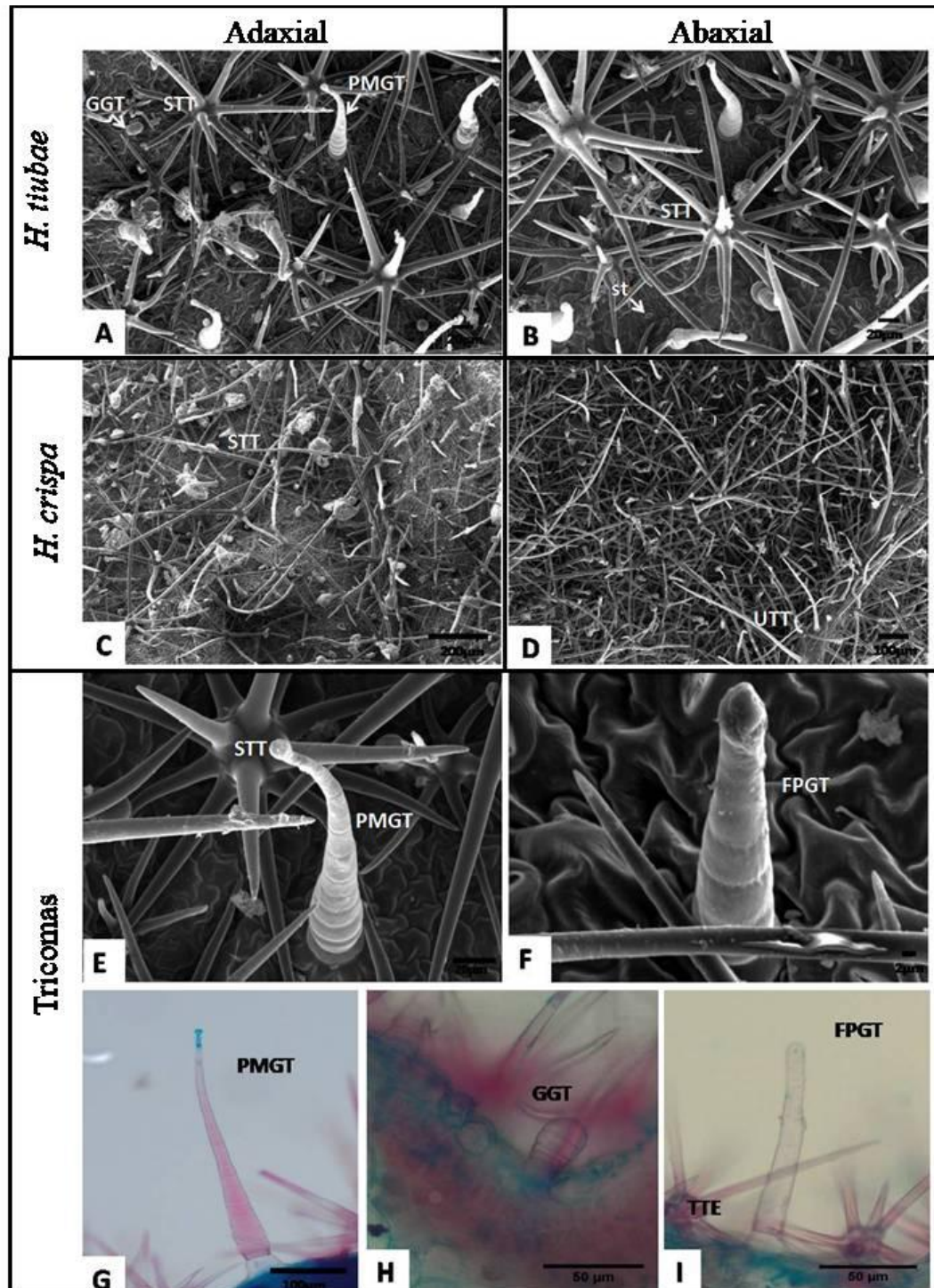


Figura 4. Anatomia foliar de *H. tiubae* e *H. crispa* em eletrônica de varredura (MEV) e em microscopia ótica (MO) evidenciando os diferentes tipos de tricomas. Em *H. tiubae* (A, B, E, G e H) e *H. crispa* (C,D, F e I). E) Tricoma Glandular Multicelular Pedunculado (TGMP) e estrelado (TTE) em MEV. F) Tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado (TGPF). G) Tricoma Glandular Multicelular Pedunculado (TGMP) em MO. H) Tricoma Glandular Multicelular Globoso (TGG) em MO. I) Tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado (TGPF) em MO. **AD**= adaxial, **AB**=abaxial.

3.1.2. Caule

Os caules das duas espécies possuíam uma epiderme unisseriada (Figura 5A, 5B, 5C e 5D), contendo uma grande quantidade de tricomas, os quais foram iguais aos encontrados na epiderme foliar, sendo dois tipos de tricomas tectores (estrelado e unicelular) e três tipos de tricomas glandulares (pedunculado, globoso e piriforme filiforme)(5E, 5F, 5G, 5H e 5I). Internamente a epiderme observou-se uma camada de células que correspondia à hipoderme (Figura 5C).

O caule de ambas as espécies apresentaram-se em fase de crescimento secundário (Figuras 5C e 5D). O córtex é formado por três camadas de colênquima angular e 2-3 camadas de parênquima fundamental com células isodiamétricas. Encerrando a região cortical, foram observados cordões de fibras adjacentes ao cilindro vascular, sendo este último rico em fibras xilemáticas, as quais ocupam pelo menos dois terços da circunferência do caule (Figuras 5C e 5D). A região medular de *H. tiubae* era constituída por parênquima fundamental sendo possível ainda identificar idioblastos contendo drusas, principalmente em células próximas ao cilindro vascular (Figura 5A). Já a medula de *H. crispa* era formada por parênquima amilífero (5B). Observou-se ainda, a presença de cavidades secretoras em formato poligonal, as quais, em todas as amostras analisadas, reagiram diferentemente das demais células da medula sendo possíveis cavidades mucilaginosas em *H. tiubae* (Figura 5A e 5C). Diferentemente dessa espécie, no caule de *H. crispa* observou-se a presença de espaços de ar no meio da medula amilífera (Figura 5B e 5D).

Foi observado ainda, através da microscopia eletrônica de varredura, que as folhas e caules das duas espécies mantiveram o mesmo padrão morfoanatômico observado através da microscopia ótica, principalmente nos parâmetros relacionados à sinuosidade das paredes das células epidérmicas, tipos de estômatos, nos quatro tipos de tricomas presentes nas faces foliares (adaxial e abaxial) e na densidade de tricomas, sendo possível uma visualização tridimensional dessas estruturas (Figura 4 e 5).

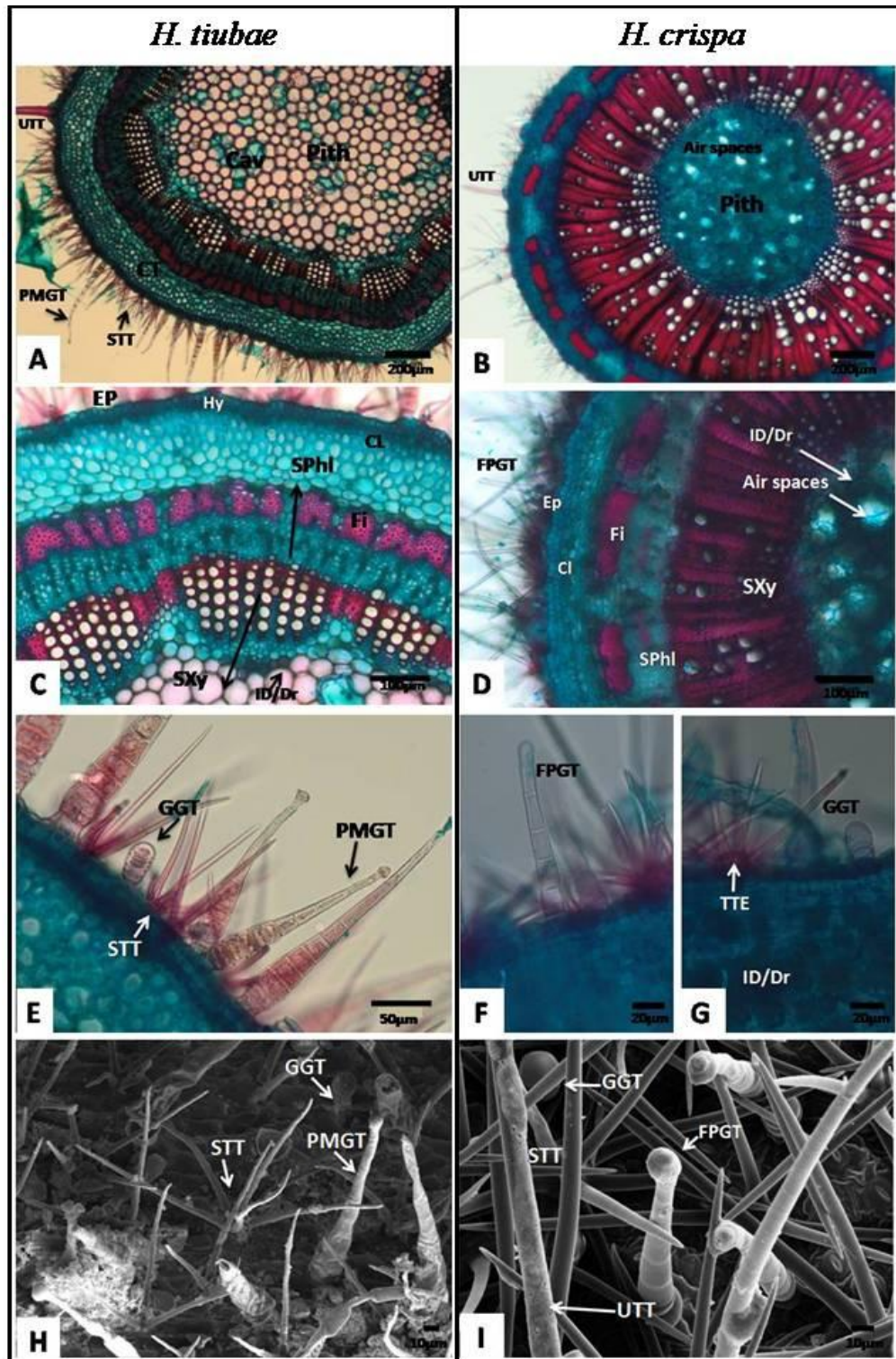


Figura 5. Anatomia caulinar de *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa*). A e B) Visão geral do caule em corte transversal. C e D) Cilindro vascular com xilema e floema secundários. E) Tricoma glandular multicelular pedunculado presente apenas em *H. tiubae*. F) Tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado presente apenas em *H. crispa*. G) Tricoma glandular multicelular globoso e estrelado corado com safranina e azul de Alcian presente nas duas

espécies. H) Microscopia eletrônica de Varredura (MEV) da superfície epidérmica em *H.tiubae* evidenciando os diferentes tipos de tricomas. I) MEV da superfície epidérmica em *H. crispa* evidenciando os tricomas, principalmente o tricoma glandular piriforme filiforme com protuberância na cabeça secretora; **Ep**= Epiderme; **Hy**= hipoderme; **SXy**= xilema secundário; **SPhl**= floema secundário; **Cl**=colênquima; **Fi**= fibras esclerenquimáticas; **Cav**= cavidades; **TTE**=Tricomatector estrelado; **ID/Dr**= idioblastos contendo drusas; **TGMP** = Tricoma glandular multicelular pedunculado; **TGG**=Tricoma glandular multicelular globoso; **TGPF**=Tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado.

Tabela1. Caracteres anatômicos observados em folha e caule de *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa*

Tecido	OBSERVADO	
1-Epiderme	<i>Herissantia tiubae</i>	<i>Herissantia crispa</i>
1.1- Número de camadas	Unisseriada	Unisseriada
1.2- Sinuosidade das paredes celulares na face adaxial	Retas	Retas
1.3- Sinuosidade das paredes celulares na face abaxial	Sinuosas	Sinuosas
1.4- Presença de estômatos nas faces epidérmicas	Anfiestomática	Anfiestomática
1.5- Tipo de estômato	Anisocítico na face adaxial e anomocítico na face abaxial	Anisocítico nas duas faces foliares
1.7- Posições dos estômatos em corte transversal	Acima ou ao mesmo nível das demais células epidérmicas	Acima ou ao mesmo nível das demais células epidérmicas
1.8- Espessura da cutícula	Delgada	Delgada
1.9- Presença de tricomas nas faces epidérmicas	Ambas as faces	Ambas as faces
1.10- Tipos de tricomas na face adaxial	Tectores (estrelados, unicelulares) e glandulares (pedunculados e globosos)	Tectores (estrelados, unicelulares) e glandulares (filiformes e globosos)
1.11- tipos de tricomas na face abaxial	Tectores (estrelados, unicelulares) e glandulares (pedunculados e globosos)	Tectores (estrelados, unicelulares) e glandulares (filiformes e globosos)
2- Mesofilo		
2.1- Tipo de mesofilo	Dorsiventral	Dorsiventral
2-2-Presença de Cristais	Presente	Presente
CAULE		
Tecido	OBSERVADO	
	<i>Herissantia tiubae</i>	<i>Herissantia crispa</i>
1-Epiderme		
1.1- Número de camadas	Unisseriada	Unisseriada
1.2- Posição dos estômatos	Acima ou ao mesmo nível	Acima ou ao mesmo nível
1.3- Tipos de tricomas	Tectores (estrelados, unicelulares) e glandulares (pedunculados e globosos)	Tectores (estrelados, unicelulares) e glandulares (filiformes e globosos)
2-Córtex		
2.1- Tipo de Colênquima	Angular	Angular
2.2- Números de camadas de parênquima fundamental	2 a 3	2 a 3
3-Medula		
3.1. Tipo de células	Parênquima fundamental	Parênquima Amilífero
3.2. Presença de Cavidades	Mucilaginosas	Ar (Aerênquima)
4-Crescimento	Secundário	Secundário

4. DISCUSSÃO

De acordo com Metcalfe & Chalk (1979), as características anatômicas foliares e caulinares principalmente dos estômatos, fornecem muitos caracteres de valor taxonômico. O formato celular, os tipos celulares, disposição e a distribuição dos estômatos nas faces foliares são caracteres taxonômicos valiosos, podendo ser utilizados na separação desses táxons (Shokefun et al., 2014).

H. tiubae e *H. crispa* possuem características anatômicas muito semelhantes, mas uma das diferenças marcantes é a presença, em *H. crispa*, do tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado nas folhas e caules dessa espécie, os demais tricomas foliares e caulinares são comuns a *H. tiubae* (tector estrelado e unicelular, tricoma glandular globoso). Além dessa estrutura, a medula caulinar entre as duas espécies é diferenciada, sendo formada por parênquima fundamental com cavidades mucilaginosas em *H. tiubae* e por parênquima amilífero e aerênquima em *H. crispa*.

Ambas as espécies apresentaram os mesmos tipos de tecidos, apenas com pequenas variações no número de camadas e arranjo das células, além de tricomas estrelados e glandulares, cristais e células mucilaginosas, assim como encontrados nos trabalhos com o gênero *Althaea* L. (Özkan & Uzunhisarcikli, 2009) e com as espécies *Hibiscus tiliaceus* L. e *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Rocha & Neves, 2000; Rocha et al., 2011), *Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng. (Dardengo et al., 2017), *Apeiba tibourbou* Aubl. (Schliewe & De Paula, 2017) todos pertencentes à Malvaceae.

Pode-se perceber através desses estudos anteriores com representantes da mesma família, que as características anatômicas encontradas para folhas e caules de *H. tiubae* e *H. crispa* reforçam a importância do conhecimento sobre as relações taxonômicas entre as espécies de Malvaceae, principalmente, através dos caracteres diagnósticos para essa família, como tipos de tricomas, tipos de estômatos, padrões de cutículas similares.

As duas espécies apresentaram epiderme unisseriada, também descritas em outras espécies da família Malvaceae, como visto em *Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng (Dardengo et al., 2017), *Abutilon ranadei* Woodr. & Stapf (Srimant & A Kare, 2018), *Sida acuta* Burm.f, *Sida urens* L., *Sida Alba* L. e *Sida ovata* Forssk. Além disso, o formato das células comuns da epiderme e a sinuosidade das paredes é similar ao observado em *Sida* L. (Bassey et al., 2016). A espessura da parede celular, sinuosidade das paredes anticlinais,

tamanho e formato dessas células epidérmicas também são taxonomicamente significantes, principalmente na classificação de gêneros e espécies em algumas famílias, incluindo Malvaceae (Barthlott et al., 1998).

De acordo com Metcalfe & Chalk (1950), a morfologia das paredes celulares das Malvaceae é muito variável. No entanto, as paredes sinuosas são as mais freqüentes, como foi observado para as espécies aqui estudadas. A sinuosidade da parede epidérmica pode ser um indicativo de estratégias de sobrevivências em ambientes áridos como a Caatinga, uma vez que, essa característica pode promover o aumento da resistência mecânica para evitar o colapso celular quando a planta encontra-se em períodos de déficit hídrico (Haberlandt, 1928, Meirelles et al., 1997). Além disso, é comum em plantas submetidas a altas intensidades luminosas, como ocorre na Caatinga, um aumento na sinuosidade das paredes anticlinais (Meirelles, 1997) e esse caráter pode ser utilizado na separação de táxons como foi observado por Arruda & Neves (2005) em espécies de Cyperaceae, destacando assim a importância ecológica e taxonômica deste caráter.

Já a cutícula encontrada na folha de *H. tiubae* e *H. crispa* evita a perda de água, principalmente pela deposição de cera que reduz a permeabilidade de água, sendo um caractere de grande importância ecológica em ambientes áridos como a Caatinga (Schonherr, 1982; Xiao et al., 2017; Pireda et al. 2019)

Os estômatos eram similares aos encontrados em *Hibiscus tiliaceus* L., e *Hibiscus pernambucensis* L. (Rocha & Neves, 2000) e *Sidaspp* (Basseyet al., 2016), mas essas espécies apresentaram também estômatos paracíticos e diacíticos além dos estômatos anisocíticos e anomocíticos encontrados para *H. tiubae* e *H. crispa*, ambas possuindo os mesmos tipos de estômatos, porém com distribuição desigual nas duas faces foliares. Além disso, esses estômatos eram posicionados acima ou ao mesmo nível da epiderme, e, do ponto de vista ecológico, os estômatos ao mesmo nível da epiderme, não são muito comuns em plantas da Caatinga, pois promovem a perda de água por transpiração (Fanh & Cutler, 1992). Porém, *H. tiubae* e *H. crispa* minimizam essa perda de água com um indumento piloso além da presença de uma cutícula espessa, bem como ajustes fisiológicos como fechamento estomático eficiente e regulação osmótica (Dombroski et al., 2011; Schulze et al., 2002), como observado em *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), que tem garantido sua sobrevivência na Caatinga devido a estômatos eficientes juntamente com sistemas radiculares profundos (Oliveira et al., 2003).

Os tipos de tricomas e sua morfologia podem ser ferramentas úteis para solucionar relações sistemáticas, demarcando famílias, gêneros e até espécies (Metcalf & Chalk, 1950; Khan et al., 2013). Podemos verificar o valor taxonômico e sua implicação na sistemática em trabalhos dentro da família Malvaceae (Walas, 1959; Il'in, 1974; Ramayya & Rao, 1976; Inamdar & Chohan, 1983; Dorr, 1990) e também em outros grupos (Cantino, 1990; Khokhar et al., 2012; Salmaki et al., 2009). Em um trabalho com o complexo *Malva alcea*, a morfoanatomia dos tricomas e pétalas da corola auxiliaram na resolução de problemas taxonômicos dentro desse complexo (Celka et al., 2006).

Aqui, os tricomas glandulares foram de dois tipos: peltados e capitados, além de unicelulares ou multicelulares e estruturalmente divididos em três partes: basal, caule e cabeça (Fahn, 1988; Turner et al., 2000). Uma das principais diferenças encontradas entre *H. tiubae* e *H. crispa* é a presença do tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado que está presente em folhas e caule de *H. crispa* e ausente nestes dois órgãos em *H. tiubae*. Sendo que os tricomas encontrados em *H. tiubae* e *H. crispa* eram similares em formato e arranjo de células aos encontrados em espécies do gênero *Hibiscus* (Shaheen et al., 2009) podendo ser um indicativo de parentesco entre esses dois gêneros. Corroborando com isso, tricomas glandulares piriformes filiformes unisseriados com características semelhantes foram relatados por Rao (1991) para *Hibiscus lobatus* (Murray) Kuntze. No entanto, estes tricomas eram distribuídos apenas em órgãos reprodutivos dessa espécie, especificamente no ovário, sendo relatado neste trabalho pela primeira vez em caules e folhas de *H. crispa*.

Os tricomas glandulares multicelulares dos tipos globoso, pedunculado e filiforme apresentaram similaridades com os encontrados em outras espécies de Malvaceae. Sendo os tricomas pedunculados e filiformes com pedicelos/hastes alongados e os globosos mais curtos. Em relação às cabeças dos tricomas, em *H. tiubae* e *H. crispa* estas estruturas são formadas apenas por uma célula, enquanto que as encontradas na cabeça dos tricomas de outras espécies de gêneros como *Althaea*, *Abutilon* e *Malva* L. eram multicelulares (Celka et al., 2006; Shaheen et al., 2010), sugerindo que a diversidade de tricomas, sua morfologia e sua distribuição nas faces foliares é muito importante do ponto de vista taxonômico para as Malvaceae, sendo caracteres úteis para classificação de seus subgêneros, como também foi descrito em *Hibiscus* L. (Shaheen et al., 2009).

Uma característica marcante da família Malvaceae é a presença de tricomas estrelados (Solereider, 1908; Gamble, 1935; Metcalfe & Chalk, 1950; Hutchinson, 1969). Sendo

considerado tricoma estrelado, todo tricoma com dois a oito braços rodeados por células epidérmicas comuns (Inamdar & Chohan, 1969). A classificação dos tricomas é muito variável, e de acordo com Rao & Ramayya (1977), os tricomas estrelados são caracterizados com base na diferença do número de células do raio.

Em *Malva alcea* L. os tricomas estrelados eram formados por quatro a cinco braços, e cobriam cerca de 90% da planta (Celka et al., 2006). Já nos tricomas estrelados de *Hibiscus tiliaceus* e *Hibiscus pernambucensis* foram observados de quatro a oito braços (Rocha & Neves, 2000), assim como em *H. tiubae* e *H. crispa*. A diversidade morfológica desses tricomas é um importante caractere diagnóstico para separação das espécies dentro dessa família. Podemos observar o mesmo em espécies do gênero *Sida*, na qual Bassey et al., (2016) utilizou desse critério para separar *S. acuta* e *S. urens* com dois braços de *S. alba* e *S. ovata* com quatro braços.

Quanto à distribuição desses tricomas nas faces foliares, *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Hibiscus mutabilis* L e *Hibiscus schizopetalus* Hook f. possuem tricomas em ambas as faces foliares (Shaheen et al., 2009), assim como nas espécies aqui estudadas, sendo mais um indicativo de que a distribuição desses tricomas também é um caráter importante para taxonomia. Além disso, esses tricomas são formados por um grupo de células unidas pela base que partem da superfície epidérmica, sendo essa forma de inserção típica dos tricomas da família Malvaceae (Youngmam & Pande, 1929).

Vale destacar que os tricomas tectores ou glandulares são fundamentais em ambientes secos com as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTTS), pois protegem as folhas contra a dessecação em condições de luminosidades excessivas, atuando como uma barreira mecânica e química, além de atuarem contra a herbivoria (Wagner et al., 2014; Liesenfeld et al., 2019). Esses tricomas parecem atuar dessa forma nas espécies aqui estudadas, pois ambas ocorrem em áreas mais abertas sendo encontradas bastantes interações com insetos e mamíferos de grande porte, que poderiam ser potenciais herbívoros das mesmas, caso não apresentas sem tais defesas. No entanto, os indivíduos de suas populações encontravam-se, em geral, bastante conservados e íntegros.

O mesofilo das duas espécies é dorsiventral, característica comum para a família (Kubitzki & Bayer, 2003), contendo feixes vasculares colaterais, também observados em *Theobroma cacao* L. (Nakayama et al., 1996), *Hibiscus tiliaceus* L. e *Hibiscus pernambucensis* L. (Rocha & Neves, 2000).

As folhas de *H. crispa* apresentaram uma maior quantidade de idioblastos contendo drusas (cristais) do que as folhas de *H. tiubae*. No geral, esses cristais ocorrem em plantas de ambientes xéricos e com alta incidência luminosa, como é o caso da Caatinga, sendo essas drusas responsáveis por refletir os raios solares e minimizar a perda excessiva de água pela transpiração (Horner et al., 2017; Raghu et al., 2019). Além desse papel, essas drusas podem atuar no fornecimento de cálcio conforme a planta necessite, além de também funcionarem como bloqueadoras do excesso de cálcio, quando as plantas absorvem mais do que necessário, explicando o fato de as drusas geralmente estarem em maior quantidade em regiões da folha próximas aos feixes vasculares (Webb, 1999; Francheschi & Nakata, 2005). Portanto, conhecer a morfologia desses cristais e sua distribuição é fundamental para compreender a sua importância taxonômica (Zhang et al., 2014; Francheschi & Nakata, 2005), assim como seu importante papel ecológico (Raghu et al., 2019).

Em estudos realizados com *Heliocarpus popayanensis* Kunth. e *Luehea divaricata* Mart. & Zucc foram identificadas cavidades mucilaginosas e idioblastos cristalíferos (Lattaret al., 2018). Essas cavidades eram semelhantes em formato e conteúdo às encontradas em caules de *H. tiubae*. A ocorrência de mucilagem é descrita para 69 famílias das eudicotiledôneas, incluindo as Malvaceae sl. (Metcalf & Chalk, 1950), sendo essas mucilagens responsáveis pela retenção de água no corpo das plantas evitando assim a perda de água por evapotranspiração (Fahn & Cutler, 1992). Além disso, *atuam na proteção de meristemas apicais, funcionam como regulador iônico das células, atuam na atração de polinizadores e protegem contra os danos a altas incidências luminosas* (Vignesh e Nair, 2018), sendo assim um composto hidrofílico de grande importância adaptativa para plantas da Caatinga, podendo ser essa a função dessas cavidades em *H. tiubae* dado o ambiente onde a planta ocorre. No mais, esse é um caráter importante para a diagnose da espécie.

Caules de *H. crispa*, por sua vez, apresentaram espaços de ar (aerênquima), semelhantes aos que ocorrem em plantas submetidas a alagamentos. O aerênquima é uma especialização do parênquima, com formação de espaços intercelulares preenchidos por gases, principalmente o oxigênio, assumindo papel fundamental no transporte desse gás do ambiente aéreo para todos os tecidos da planta (Mauseth, 1988; Evans, 2004; Videmšek et al., 2006; Gao et al., 2020). Estes espaços intercelulares podem estar presentes em folhas, pecíolos, caules e raízes e podem surgir por esquizogenia ou lisigenia celular (Schussler & Longstreth, 1996), principalmente em resposta a estresses ambientais (Gao et al., 2020). Vale destacar que a presença desse tecido em *H. crispa*, pode indicar uma condição hipóxica (Drew, 1997) do

solo favorecendo o surgimento desse tecido nessa espécie para armazenar oxigênio necessário a realização de funções vitais da planta.

Por fim, os dados aqui obtidos, mostraram que as duas espécies de *Herissantia* possuem características morfoanatômicas gerais da família Malvaceae como tricomas estrelados, tricomas glandulares, células mucilaginosas, idioblastos contendo drusas e mesofilo dorsiventral (Metcalf & Chalk, 1965). Resultados semelhantes foram encontrados para quatro espécies de Malvaceae dentro do gênero *Althaea* (Özkan & Uzunhisarcikli, 2009) e também em *Abutilon* (Özkan&Uzunhisarcikli, 2003; Srimant& A Kare, 2018).

5. CONCLUSÃO

A partir dos dados da literatura e da descrição das características morfoanatômicas encontradas nesse estudo, pode-se dizer que *H.tiubae* e *H.crispa* possuem sinapomorfias encontradas na família Malvaceae, assim como aquelas observadas em espécies dos gêneros *Sida* L.(Bassey et al., 2016), *Theobroma* L. (Dardengo et al., 2017), *Guazuma* L., (Duarte et al., 2011), *Abutilon* Mill.(Srimant& A Kare, 2018), e principalmente *Hibiscus* L.(Rocha et al., 2011), apresentadas ao longo desta discussão. Além disso, *H. tiubae* e *H. crispa* apresentam características únicas que separam essas espécies, como a presença do tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado nas folhas e caules, presente apenas em *H. crispa*, além de caules com medula contendo parênquima fundamental com cavidades mucilaginosas em *H. tiubae* e por parênquima amilífero e aerênquima em *H. crispa*, o que poderiam ser utilizados como caracteres diagnósticos nessas espécies. Logo este estudo trouxe novas contribuições aos estudos taxonômicos de Malvaceae podendo auxiliar em futuras pesquisas sobre as relações dentro dessa família Além disso, nossos resultados, principalmente os das estruturas secretoras, conferem a essas espécies grande potencial para futuros estudos farmacológicos e ecológicos.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram para a concepção e delineamento do estudo. A coleta do material e análise dos dados foi realizada por Pâmela Clemente e Emília Arruda. A disponibilização do espaço físico e correções do manuscrito foram realizadas por Emília Arruda e Maria Izabel.

DECLARAÇÃO DE INTERESSE CONCORRENTE

Declaro que este documento não foi publicado anteriormente, inclusive em formato eletrônico, em inglês ou em qualquer outro idioma, e não está sendo considerado para publicação em outro lugar. O primeiro rascunho do manuscrito foi escrito por Pâmela Clemente, Maria Isabel e Emilia Arruda comentaram sobreversões anteriores do manuscrito e leram e aprovaram a publicação do artigo em sua forma atual. Além disso, a Universidade Federal de Pernambuco aprovou a submissão do artigo para publicação. Declaro também que os autores não têm conflitos de interesse.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Departamento de Micologia por cederem materiais indispensáveis à realização deste trabalho, aos laboratórios de Imunopatologia Keizo Asami (LIKA-UFPE), Laboratório de Ecotoxicologia Aquática (LABECOTOX-UFPE), Laboratório de Anatomia e Bioquímica de Plantas (LAB-Planta-UFRPE), Laboratório de Biologia Celular Vegetal (UFC) e Laboratório de Anatomia Vegetal (LAVeg-UFPE) por todo suporte técnico e empréstimo de equipamentos laboratoriais necessários a minha pesquisa. Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [número de concessão 132222/2018-3] e pelo INCT de Frutos Tropicais/CNPq.

REFERÊNCIAS

- Arruda, R.C.O., Neves, L.J., 2005. Anatomia foliar de *Trilepis hotchkiana* Nees e *Trilepis ciliatifolia* T. Koyama (Cyperaceae) Juss. Acta bot. bras. 19(4), 889-897. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400023>.
- Bayer, C., Kubitzki, K., 2003. Malvaceae. In: The families and genera of vascular plants. Springer 5, 225-311. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-07255-4>
- Barthlott, W., Neinhuis, C., Cutler, D., Ditsch, F., Meusel, I., Theisen, I., Wilhelmi, H., 1988. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. Bot J Linn Soc 126(3), 237-260. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1998.tb02529.x>

- Bassey, M.E., Effiom, A. C., Mbong, E., 2016. Anatomical Investigation of Leaves of *Sida* L. in Uyo, Nigeria and the Taxonomic Implications. *World Scientific Research* 3(1), 75-82. <https://doi.org/10.20448/journal.510/2016.3.1/510.1.75.82>
- Bfg (The Brazil Flora Group) (2018) Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguésia* 69(4): 1513–1527. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869402>
- Bovini, M.G. 2015. *Wissadula* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9290>. Acesso: 18/02/2020
- Cantino, P.D., 1990. The phylogenetic significance of stomata and trichomes in the Labiatae and Verbenaceae. *J. Arnold Arbor.* 71, 323–370. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/43782250?seq=1#page_scan_tab_contents Acesso: 04/07/2020.
- Celka, Z., Szkudlarz, P., Biereznój, U., 2006. Morphological variation of hairs in *Malva alcea* L. (Malvaceae). *Biodiv. Res. Conserv.* 3, 258– 261. Disponível em: http://zcelka-files.home.amu.edu.pl/Celka%20et%20al.%202006_BRC.pdf Acesso em: 05/07/2020
- Celka, Z., Drapikowski, M., Jusik, S., Olejnik, N., Shevera, M.V., Szkudlarz, P., 2015. Morphological variability of hairs in *Malva alcea* L. (Malvaceae) populations from central and Eastern Europe, and consideration of the status of *Malva excisa* Rchb. *Pak. J. Bot.*, 47(2), 467-476. Disponível em: <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=46056644>. Acesso: 02/07/2020
- Dardengo, J.F.E., Rossi, A.A.B., Da Silva, I.V., Pessoa, M.J.G., Da Silva, C.J., 2017. Análise da Influência Luminosa nos aspectos anatômicos de folhas de *Theobroma speciosum* Willd ex Spreng.(Malvaceae). *Ciência Florestal*, 27(3), 843-851. <https://doi.org/10.5902/1980509828634>.
- Dombroski, J.L.D., Praxedes, S.C., de Freitas, R.M.O., Pontes, F.M., 2011. Water relations of Caatinga trees in the dry season. *South African Journal of Botany* 77(2), 430–434. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.11.001>

- Dorr, L.J., 1990. A revision of the North American Genus *Callirhoe*(Malvaceae). Memories New York Bot. Garden 56, 1–76.
- Drew, M.C.,1997. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. Annual review of plant biology 48.(1), 223-250.
- Duarte, M.R., Dranka, E.R.K., Yano, M., 2011. Análise microscópica foliar de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam., Malvaceae). Visão Acadêmica 12(2), 7-17. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v12i2.27252>
- Evans, D.E., 2004. Aerenchyma formation. New Phytol. 161, 35-49. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00907.x>
- Fahn, A., 1988. Secretory tissues in vascular plants. New Phytologist 108. 229-257. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1988.tb04159.x>
- Fahn, A., Cutler, D. F., 1992. Xerophytes. Berlin: GebüderBorntraeger, 1992.
- Franklin, G.L., 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. Nature, London, 155(3924), 51. Doi: <https://doi.org/10.1038/155051a0>.
- Franceschi,V.R., Nakata,P.A., 2005. Calcium oxalate in plants: Formation and function. Annual Review of Plant Biology,56, 41–71. Doi: 10.1146/annurev.arplant.56.032604.144106
- Gamble, J.S., 1935. Flora of the Presidency of the Madras. Part I. London: Adlard and Son Ltd. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.21628>
- Gao, C., Wang, M., Ding, L., Chen, Y., Lu, Z., Hu, J., Guo, S., 2020. High water uptake ability was associated with root aerenchyma formation in rice: Evidence from local ammonium supply under osmotic stress conditions. Plant Physiology and Biochemistry. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.037>
- Gavrilović, M., Rančić, D., Škundrić, T., Dajić-Stevanović, Z., Marin, P.D., Garcia-Jacas, N., Susanna. A., Janačković, P., 2018. Anatomical characteristics of *Xeranthemum* L. (Compositae) species: taxonomical insights and evolution of life form. Pak J Bot, 51(3). <https://doi.org/10.30848/pjb20>

- Grings, M., 2011. O gênero *Pavonia* Cav. (Malvaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica/UFRG. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/37634> Acesso: 03/07/2020.
- Güvenç, A., Özkan, A.M., Erdurak, C., Coşkun, M., 2003. Root, Stem and Leaf Anatomy of *Abutilon theophrasti* Medik. (Malvaceae), Pak. J. Bot., 35(3), 351-359. Disponível em: [http://www.pakbs.org/pjbot/abstracts/35\(3\)/10.html](http://www.pakbs.org/pjbot/abstracts/35(3)/10.html) Acesso 05/07/2020.
- Haberlandt, G. 1928. Physiological Plant Anatomy Trad. Montagu Drummod. 4. ed. London, Macmillan & Co, LTDa.
- Hayat, M.Q., Ashraf, M., Khan, M.A., Yasmin, G., Shaheen, N., Jabeen, S., 2009. Diversity of foliar trichomes and their systematic implications in the genus *Artemisia* (Asteraceae). Int J Agric Biol 11, 542–546. ISSN Print: 1560–8530, ISSN Online: 1814–9596. Disponível em: <http://www.fspublishers.org>. Acesso: 04/07/2020
- Horner, H.T., Wanke, S., Oelschlagel, B., Samain, M.S., 2017. Peruvian window-leaved *Peperomia* taxa display unique crystal macro patterns in high-altitude environments. Int J PlantSci 178, 157–167. <https://doi.org/10.1086/689281>
- Hutchinson, J., 1969. Evolution and Phylogeny of Flowering Plants. Academic Press London.
- Il'in, M.M., 1974; Family C. Malvaceae Juss. In: Shishkin, B.K. and E.G. Bobrov (eds.), Flora of the USSR. 15, Izdatel's two Akademii Nauk SSSR, Moskwa-Leningrad, pp: 21–127. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- Inamdar, J.A., Chohan, A.J. 1969. Epidermal structure and ontogeny of stomata in vegetative and floral organs of *Hibiscus rosa-sinensis* L. Australian J. Bot., 17: 89–95. <https://doi.org/10.1071/BT9690089>
- Inamdar, J.A., Balakrishna, B.R., Ramana, R.T.V., 1983. Structure, ontogeny, classification, and taxonomic significance of trichomes in Malvales. Korean Journal of Botany 26(3), 151–160. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XB8435193> Acesso: 03/07/2020.
- Karnovsky, M.J., 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. Journal of Cell Biology 27, 137-138.

Disponível em <https://garfield.library.upenn.edu/classics1985/A1985AEP1600001.pdf>.

Acesso: 03/07/2020.

- Khokhar, A.L., Rajput, M.T., Tahir, S.S., 2012. Taxonomic study of the trichomes in the some members of the genus *Convolvulus* (Convolvulaceae). *Pakistan Journal of Botany* 44, 1219-1224. Disponível em: [https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44\(4\)/08.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44(4)/08.pdf). Acesso: 05/07/2020.
- Kraus, J.E., M. Arduin., 1997. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro, EDUR, Seropédica, 198p.
- Laraño, A.A., Buot, I.E, 2010. Leaf Architecture of Selected Species of Malvaceae sensu APF and its Taxonomic Significance. doi:10.3860/pjsb.v4i0.1563
- Lattar, E.C., Galati, B.G., Carrera, C. S., Ferrucci, M.S., 2018. Floral nectaries of *Heliocarpus popayanensis* and *Luehea divaricata* (Malvaceae-Grewioideae): structure and ultrastructure. *Australian Journal of Botany* 66(1), 59. <https://doi.org/10.1071/bt17086>
- Liesenfeld, V., Gentz, P., Freitas, E.M., Martins, S., 2019. Morphological diversity of foliar trichomes in Asteraceae from Sand-fields of the Pampa biome, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Hoehnea* [online]. vol.46, n.3, e752018. Epub Nov 25, 2019. ISSN 2236-8906. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-75/2018>.
- Lima, J.B., Conceição, A.S., 2016. Malvoideae Burnett (Malvaceae) in the Environmental Protection Area Serra Branca, Raso da Catarina, Jeremoabo, Bahia, Brazil. *Biota Neotropica*, 16(4). doi:10.1590/1676-0611-bn-2016-0187
- Mauseth, J.D., 1988. Plant anatomy. Menlo Park: The Benjamin/Cummings, 560p.
- Meirelles, S.T., Mattos, E.A., Silva, A.C., 1997. Potential desiccation tolerant vascular plants from South eastern Brazil. *Polish Journal of Environmental Studies* 6, 17-21.
- Metcalf, C.R., 1983. Secretory structures: cells, cavities and canals in leaves and stems. Laticifers and latex. In: Metcalfe CR, Chalk L (eds) *Anatomy of the dicotyledons*. Wood, structure and conclusion of the general introduction. Clarendon Press, Oxford, pp 64–97, 1983. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1984.tb01991.x>

- Metcalfe, C.R., Chalk, L., 1950. Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses, vol 2. Clarendon Press, Oxford.
- Metcalfe, C.R., Chalk, L., 1965. Malvaceae In: Anatomy of Dicotyledons. Clarendon Pres., Vol.I, Oxford, UK., pp.223-234.
- Nakayama, L.H.I., Soares, M.K.M., Appezzato-Da-Glória, B., 1996. Contribuição ao estudo anatômico da folha e do caule do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.). *Scientia Agricola* 53, 73. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90161996000100010>.
- Oliveira, A.F.M., Meirelles, S.T., Salatino, A., 2003. Epicuticular waxes from caatinga and cerrado species and their efficiency against waterloss. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 75(4), 431-439. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652003000400003>.
- Özkan, A.M.G., Uzunhisarcıklı, M.E., 2009. Stem and leaf anatomy of *Althaea* L. (Malvaceae) species growing in Turkey. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 28(2), 133-148. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.642.8520&rep=rep1&type=pdf> Acesso: 04/07/2020.
- Palhares Neto, L., Souza, L.M., Moraes, M.B., Albuquerque, C.C., Camara, T.R., Ulisses, C., 2018. Controlling hyperhydricity in micropropagated plants of *Lippia grata* Schauer (Verbenaceae), a native species of a dry seasonal tropical forest with pharmacological potential. *Brazilian Journal of Botany* 41, 529–538. Doi:10.1007/s40415-018-0476-6
- Pireda, S., Da Silva, D.O., Borges, N.L., Do Amaral, F.G., Barroso, L.M., Simioni, P., Vitória, A.P., Da Cunha, M., 2019. Acclimatization capacity of leaf traits of species co-occurring in restinga and seasonal semideciduous forest ecosystems. *Environmental and Experimental Botany* 164, 190-202. Doi:10.1016/j.envexpbot.2019.05.012
- Raghu, K., Naidoo, Y., & Dewir, Y. H. (2019). Secretory structures in the leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. *South African Journal of Botany* 121, 16–25. doi:10.1016/j.sajb.2018.08.018
- Ramayya, N., Shanmukha, R.S.R., 1976. Morphology, phyllaxis and biology of the peltate scale, stellate and tufted hairs in some Malvaceae. *J. Indian Bot. Soc.* 55, 75-79.

- Rao, S.R.S., 1991. Structure and distribution of plant trichomes in relation to taxonomy: *Hibiscus* L. Feddes Repertorium, 102(5-6), 335–344. <https://doi.org/10.1002/fedr.19911020503>
- Rao, S.R.S., Ramayya, N. 1977. Stomatogenesis in the genus *Hibiscus* L. (Malvaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 74(1), 47–56. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1977.tb01165.x>
- Rocha, J.E., Neves, L.J., 2000. Anatomia foliar de *Hibiscus tiliaceus* L. e *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae). Rodriguésia 51, 113-132. <https://doi.org/10.1590/2175-7860200051787904>.
- Rocha, J.F., Pimentel, R.R., Machado, S.R., 2011. Estruturas secretoras de mucilagem em *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae): distribuição, caracterização morfoanatômica e histoquímica. Acta Botanica Brasilica, p. 751-763. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062011000400003>.
- Salmaki, Y., Zarre, S., Jamzad, Z., Brauchler, C., 2009. Trichome micromorphology of Iranian *Stachys* (Lamiaceae) with emphasis on its systematic implication. Flora-Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants 204, 371–381. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2008.11.001>
- Schliewe, M.A., De Paula, J.R. 2017. Morfo-Anatomia de Folhas de *Apeiba tibourbou* Aubl. Malvaceae. Journal of Social, Technological and Environmental Science 6(3), 212-229. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i3.p212-229>
- Schulze, E.D., Beck, E., Buchmann, N., Clemens, S., Muller-Hohenstein, K., Scherer-Lorenzen, M., 2002. In Plant Ecology Springer–Verlag, Berlin.
- Schussler, E.E., Longstreth, D.J., 1996. Aerenchyma develops by cell lysis in roots and cell separation in leaf petioles in *Sagittaria lancifolia* (Alimastaceae). American Journal of Botany 83, 1266-1273. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1996.tb13910.x>
- Shaheen, N., Ajab, M., Yasmin, G., Hayat, M., 2009. Diversity of foliar trichomes and their systematic relevance in the genus *Hibiscus* (Malvaceae). J. Agric. Biol. 11, 279-284. Disponível em: http://www.fspublishers.org/published_papers/9007_..pdf. Acesso: 02/07/2020.

- Shaheen, N., Khan, M.A., Yasmin, G., Hayat, M.Q., Munsif, S., Ahmad, K., 2010. Foliar epidermal anatomy and pollen morphology of the genera *Alcea* and *Althaea* (Malvaceae) from Pakistan. *Int. J. Agric. Biol.* 12, 329–334. Disponível em: http://www.fspublishers.org/published_papers/9007_..pdf. Acesso: 04/07/2020
- Shokefun, E.O., Orijemie, E.A., Ayodele, A.E., 2014. Foliar epidermal and pollen characters of some species in the genus *Microcos* Linn. in Nigeria. *American Journal of Plant Sciences* 5, 3904–3913. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.526409>
- Schönherr, J., 1982. Resistance of plant surfaces to water loss: transport properties of cutin, suberin and associated lipids. In: *Encyclopedia of plant physiology*. Vol. 12B. (Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H) pp. 153-179. (Springer: Berlin)
- Silva, D.A., Costa, D.A., Silva, D.F., Souza, M.F.V., Agra, M.F., Medeiros, I.A., Barbosa-Filho, J.M., Braz-Filho, R., 2005. Flavonóides glicosilados de *Herissantia tiubae* (K. Schum) Brizicky (Malvaceae) e testes farmacológicos preliminares do canferol 3,7-di-O- α -L-ramnopiranosídeo. *Rev. Bras. Farmacognosia* 15, 23-29. <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2005000100006>
- Silva, D. A., Falcão-Silva, V. S., Gomes, A.Y.S., Costa, D. A., Lemos, V.S., Agra, M.F., Braz-Filho, R., Siqueira-Junior, J. P., Souza, M.F.V., 2009. Triterpenes and phenolic compounds isolated from the aerial parts of *Herissantia tiubae* and evaluation of 5,49,-dihydroxy-3,6,7,8,39-pentamethoxyflavone as a modulator of bacterial drug resistance. *Pharmaceutical Biology* 47, 128-133. <https://doi.org/10.1080/13880200802436570>
- Silveira, M., 1989. Preparo de amostras biológicas para microscopia eletrônica de varredura. In: Souza, W. *Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica* 1,71-79.
- Solereder, H. 1908. *Systematic anatomy of the dicotyledons: a handbook for laboratories of pure and applied botany*, vol 1. Clarendon Press, Oxford, 1908.
- Souza, V.C., Lorenzi, H. 2012. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógama nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG III*. 3ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, 768p.

- Srimant, S., A Kare, M., 2018. Anatomy of *Abutilon ranadei* Woodr. & Stafp. A critical lyen
 endangered species in Western Ghats. *International Journal Of Botany Studies*, 8-10.
 ISSN: 2455-541X. Disponível em:
<http://www.botanyjournals.com/archives/2018/vol3/issue1/2-6-70> Acesso:
 04/07/2020.
- Turner, G.W., Gershenzon, J., Croteau, R.B., 2000. Distribution Of Peltate Glandular
 Trichomes On Developing Leaves Of Peppermint. *Plant Physiology* 124(2), 655-664.
<https://doi.org/10.1104/pp.124.2.655>
- Vadivel, V., Sriram, S., Brindha, P., 2016. Distribution of flavonoids among Malvaceae
 family members – A review. *International Journal of Green Pharmacy* 10, 33-45.
<https://doi.org/10.22377/ijgp.v10i1.611>
- Videmšek, U., Turk, B., Vodnik, D., 2006. Rootaerenchyma -formation and function. *Acta
 Agriculturae Slovenica* 87, 445 – 453. Disponível em: [http://aas.bf.uni-
 lj.si/september2006/24videmsek.pdf](http://aas.bf.uni-lj.si/september2006/24videmsek.pdf) Acesso: 03/07/2020.
- Vignesh, R.M., Nair, B.R., 2018. Extraction and characterisation of mucilage from the leaves
 of *Hibiscus rosa-sinensis* linn. (MALVACEAE). *International Journal of
 Pharmaceutical Sciences and Research* 9, 2883-2890.
 Doi:[https://doi.org/10.12040/IJPSR.0975-8232.9\(7\).2883-90](https://doi.org/10.12040/IJPSR.0975-8232.9(7).2883-90).
- Wagner, G.J., 1991. Secreting glandular trichomes: more tan just hairs. *Plant Physiology* 96,
 675–679. <https://doi.org/10.1104/pp.96.3.675>
- Walas, J., 1959. Malvaceae. In: Szafer, W. and B. Pawlowski (eds.), *Flora Polska; Rosliny
 Naczyniowe Polski I Zei mOsciennych*, 8, PWN, pp:278–301. Warsza,
- Webb, M., 1999. Cell-mediated crystallization of calcium oxalate in plants. *Plant Cell* 11,
 751-761. <https://doi.org/10.1105/tpc.11.4.751>
- Xiao, K., Mao, X., Lin, Y., Xu, H., Zhu, Y., Cai, Q., Xie, H., Zhang, J., 2017. Trichome, a
 functional diversity phenotype in Plant. *Molecular Biology* 6, 183. Doi:10.4172/2168-
 9547.1000183.

4. INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA ANATOMIA DE FOLHA E CAULE DE DUAS ESPÉCIES DE MALVACEAE: UMA VISÃO ECOLÓGICA EM DIFERENTES ÁREAS DA CAATINGA

Original Article

Influência de condições ambientais na anatomia de- folha e do caule de duas espécies de malvaceae: uma visão ecológica em diferentes áreas da Caatinga

Pâmela Clemente de Meneses Silva^{a*}, Maria Izabel Gallão^b, Emília Cristina Pereira de Arruda^a

a Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Botânica, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901.

b Universidade Federal do Ceará, Departamento de Biologia, Av. Humberto Monte, s/n - Pici, Fortaleza - CE, 60440-593

Resumo. As características anatômicas das espécies podem variar em respostas às condições ambientais. Sendo assim, foi realizada uma análise comparativa das condições ambientais, análises morfoanatômicas e histoquímicas de folha e caule de duas espécies do gênero *Herissantia* ocorrentes em duas áreas de Caatinga com diferentes altitudes. *Herissantia crispa* L. (Brizicky) e *Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky são herbáceas, perenes e possuem aplicações na medicina popular e fitoquímica, sendo *H. tiubae* endêmica do Brasil. Para isso foram feitos cortes à mão livre e os mesmos foram corados com safrablau, montados em glicerina e analisados em microscopia ótica para medições das estruturas anatômicas de folhas e caules. Seções das epidermes foram obtidas através da dissociação para verificação da densidade de tricomas foliares. Além disso, foram mensuradas altitude, temperatura, luminosidade e umidade, bem como foi realizada a análise físico-química de solo nas duas áreas estudadas. Os diferentes ambientes da Caatinga analisados influenciaram aumentando a densidade de alguns tipos de tricomas, assim como nos parâmetros morfométricos (espessura da cutícula, da epiderme, do mesofilo, do comprimento dos feixes vasculares, do tamanho dos tricomas glandulares, da área dos idioblastos, da área das cavidades). Além disso, as duas espécies produziram diferentes compostos químicos nas estruturas secretoras, principalmente nos tricomas glandulares. Já os solos arenosos da Caatinga influenciaram a disponibilidade de água e de nutrientes para as duas espécies e, de acordo com a Análise de Componentes Principais (PCA) e Cluster, *H. crispa* apresentou caracteres anatômicos plásticos em caule e folha, enquanto que *H. tiubae* apresentou caracteres foliares mais conservados, que as agruparam de acordo com as características anatômicas mais semelhantes. Sendo assim, os dados morfométricos e anatômicos das duas espécies de *Herissantia* contribuíram, de forma inédita, com o conhecimento ecológico das mesmas, sendo altamente importante para o manejo e conservação desse gênero no ambiente de Caatinga.

Additional keywords: herbáceas, características funcionais, estruturas secretoras, histoquímica, semi-árido, plasticidade fenotípica, luminosidade, temperatura.

Introdução

A Caatinga, que é uma floresta tropical sazonalmente seca (FTSS), apresenta grande riqueza em biodiversidade vegetal e animal e encontra-se na maior parte da região nordeste do Brasil. Esse ecossistema tem grande potencial econômico contribuindo com a indústria farmacêutica, a indústria química e a produção de alimentos (Ministério do Meio Ambiente 2014; Vieira e Lisi 2019).

Esta FTSS está associada a regiões de clima semi-árido, caracterizado principalmente por climas quentes, baixa precipitação anual, alta evapotranspiração, o que pode ser um fator limitante para produção primária das plantas (Silva *et al.* 2015). Devido a essas condições adversas, as plantas podem desenvolver estratégias de sobrevivência como alterações na sua morfoanatomia, na sua fisiologia e na sua bioquímica em resposta a fatores abióticos (Neto *et al.* 2019).

Espécies de regiões áridas apresentam estratégias anatômicas para sobreviver no ambiente de Caatinga, geralmente apresentam folhas com mesofilo mais espesso, cutículas e paredes celulares mais espessadas, além de um tecido esclerenquimático bem desenvolvido circundando os feixes vasculares (Rotondiet *al.* 2003).

As características anatômicas das espécies podem variar em respostas às condições ambientais, como é o caso de plantas submetidas a altas altitudes e estresse hídrico (Silva *et al.* 2019). É importante salientar que a altitude não age isoladamente, uma vez que ela está associada e influencia outros fatores climáticos e atmosféricos, como temperatura, precipitação e luminosidade (Frei *et al.* 2014; Zhong *et al.* 2018), além de fatores edáficos como umidade do solo, pH e concentração de nutrientes (Zhong *et al.* 2018).

As folhas são os órgãos mais sensíveis às variações climáticas nas plantas e por isso apresentam alto grau de plasticidade fenotípica (Gratani *et al.* 2014; ZHONG *et al.* 2014; Kusteret *al.* 2016). Desse modo, a compreensão das variações anatômicas é extremamente importante e necessária para auxiliar no entendimento das funções essenciais dos diferentes tecidos e órgãos nas plantas, como a fotossíntese, transporte de substâncias via tecidos condutores e, desenvolvimento do corpo vegetal (Zhong *et al.* 2018).

Nas folhas, mas também nos demais órgãos das espécies vegetais podem ser encontrados apêndices epidérmicos unicelulares ou multicelulares/pluricelulares, sésseis ou pedunculados, secretores (glandulares) ou tectores (não-glandulares) denominados de

tricomas (Esau 1974). Os tricomas glandulares são produtores de metabólitos secundários, estes por sua vez contêm substâncias bioativas com valor significativo para os seres humanos, uma vez que podem ser usados como produtos farmacêuticos, empregados na indústria alimentícia para dar sabor e aromas aos alimentos (Fahn 1988; Bhattet *et al.* 2010). A produção desses metabólitos secundários pode ser influenciada por fatores ambientais (Costa, 2007; Gobbo-Neto e Lopes 2007; Zarinkamar *et al.* 2011, Souza *et al.* 2018), genética e técnicas de cultivo (Cruz *et al.* 2014). Em resposta as condições ambientais, por exemplo em altitudes maiores, há um aumento da radiação ultravioleta promovendo assim uma maior produção de flavonóides pelas plantas, pois este composto oferece maior proteção à planta dissipando luz que pode ser danosa aos seus processos metabólicos (Costa, 2007; Gobbo-Neto e Lopes 2007).

A família Malvaceae é pantropical (Grings 2011), estimada em 250 gêneros com mais de 4300 espécies, formadas por árvores, arbustos ou ervas (Souza *et al.* 2008), dentro dessa família encontra-se o gênero *Herissantia* Medik. que reúne seis espécies descritas. Pertencentes a esse gênero, *H. tiubae* (K. Schum) Brizicky e *H. crispa* L. (Brizicky) são encontrados na região Nordeste do Brasil, entre os estados da Bahia e Pernambuco, sendo comuns em áreas semiáridas, principalmente na Caatinga às margens das estradas, em locais abertos e ensolarados (Albuquerque *et al.* 2007, Silva *et al.* 2009).

H. tiubae é conhecida popularmente como mela-bode ou lava-prato, possui ação antiespasmolítica (Gomes *et al.* 2009), antiinflamatória e anti-ansiedade (em estudos relacionados com a asma)(Mozzini-Monteiro 2013), possui efeito vasorelaxante em artéria mesentérica superior (importante para problemas cardiovasculares como a hipertensão) (SILVA *et al.* 2005), moduladora de resistência bacteriana (Falcão-Silva *et al.* 2009) e é utilizada na medicina popular contra influenza e febre (Albuquerque *et al.* 2007). Já *H. crispa*, conhecida popularmente como malva-rasteira ou malvavísco, possui atividade anticancerígena e antitumoral (Park *et al.* 2005), devido à sua ação antioxidante, antinociceptiva, antiinflamatória, antiulcerogênica, antidiarreica e antimicrobiana (Lima *et al.* 2009).

Além dessa importância medicinal, essas espécies possuem importantes papéis ecológicos no ecossistema da Caatinga. Sabe-se que *H. tiubae* possui importância melífera favorecendo a criação e a conservação de abelhas, podendo ser utilizada em jardins (Maia-Silva *et al.* 2012) e que *H. crispa* é indicada para o plantio consorciado em áreas invadidas por *Prosopis* sp. (Algaroba) para o emprego de recuperação de áreas invadidas (Fabricante *et*

al. 2015), na qual *H. crispa* ajudaria a restabelecer alguns processos ecológicos, principalmente substituindo a espécie exótica invasora. Sendo assim, é necessário uma melhor compreensão do papel ecológico dessas espécies e é indispensável à realização de estudos de anatomia funcional, como o aqui proposto.

Assim, baseado na hipótese de que as características morfoanatômicas e a composição química de estruturas secretoras de folha e caule de *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa* variam de acordo com o local e as condições ambientais associadas.

Material e métodos

Material Vegetal

As amostras do material vegetal (folha e caule) de cinco indivíduos de *Herissantia tiubae* (K.Schum.) Brizicky e *Herissantia crispa* (L.) Brizicky (Figura 1) foram analisadas e registradas no Herbário UFP- Geraldo Mariz Universidade Federal de Pernambuco sob os números 85293/ 85295 (*H. tiubae*) e 85294/85296 (*H. crispa*). As amostras foram obtidas a partir de duas coletas, sendo a primeira no Parque Nacional do Vale do Catimbau localizado no município de Buíque em Pernambuco e a segunda no município de Piranhas em Alagoas (Figura 1).

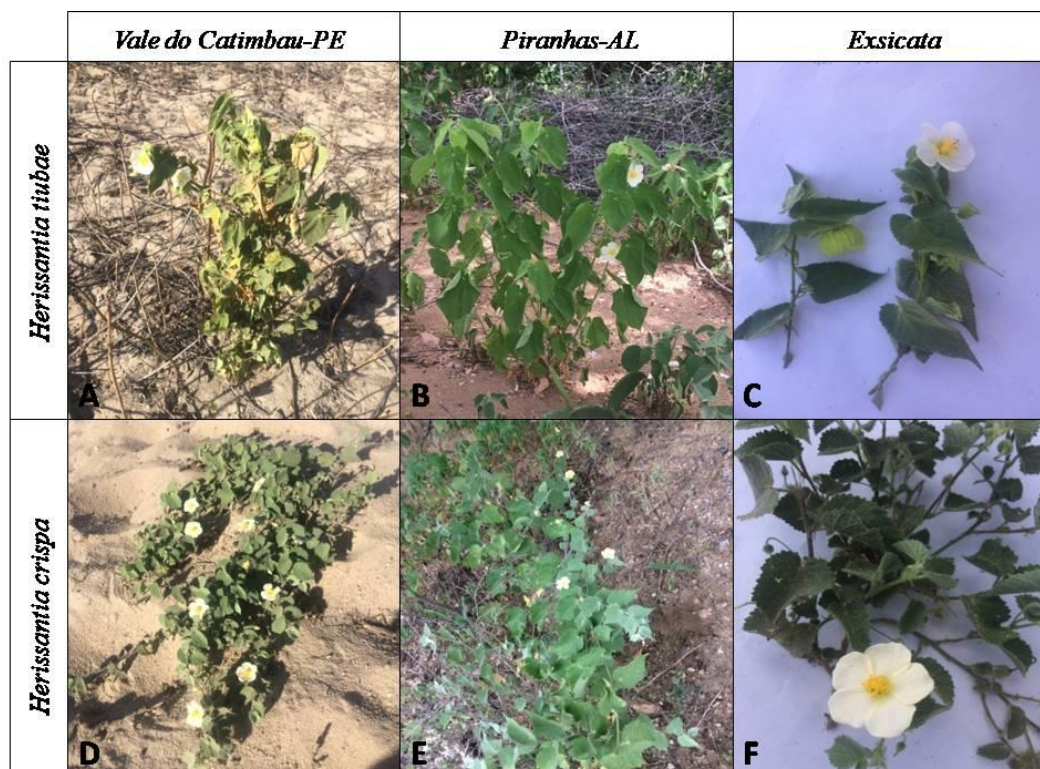


Figura 1. *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa* presentes na Caatinga arbustiva e arbórea no Parque Nacional do Vale do Catimbau em Buíque-PE e na beira da estrada no município de Piranhas-AL, respectivamente.



Figura 2. Locais de coleta em Pernambuco (Parque Nacional do Vale do Catimbau, Buíque) e em Alagoas (Estrada para o Olho d'água, Piranhas).

O local de coleta em Pernambuco no município de Buíque (S08°34.167' /W037°14.598', 764m) se encontra em uma Unidade de Conservação (UC), o Parque Nacional do Vale do Catimbau que possui uma vegetação de caatinga arbustiva, formadas por arbustos retorcidos, esparsos e com estrato bem significativo de herbáceas. Este município se situa a 815m acima do nível do mar, onde prevalece o clima de estepe, a temperatura média é 23,1°C e pluviosidade média anual é de 358 mm.

Já em Alagoas, o município de Piranhas (S09° 35' 59"/W37° 45' 31", 29m) possui uma altitude média de 202m, possui clima estepe local e a temperatura média anual é de 25.9 °C, já a pluviosidade média anual é de 408 mm. O material foi coletado à beira da estrada para o Olho d'água, próximo a hidrelétrica de Xingó na região do Cânion do São Francisco, esse local possui uma vegetação de Caatinga arbórea caracterizada por vertentes, pé-de-serras e aluviões sendo semelhante à floresta, com árvores que formam um dossel no estrato superior, que pode ser contínuo ou não. Contudo, apesar das diferenças, os dois locais apresentam características comuns a quase toda a área de Caatinga, como caducidade nas folhas na estação seca, espécies com indumento espinhoso e com troncos e galhos retorcidos, sendo representados marjotariamente por espécies das famílias Cactaceae, Euphorbiaceae e Bromeliaceae (Mendes 2017).

A partir do material coletado foram selecionadas 10 folhas e 10 fragmentos de caules, do terceiro nó, de ambas as espécies e de cada local para análises em Microscopia Ótica.

Parâmetros ambientais

A intensidade de radiação luminosa foi medida através de um luxímetro digital (Minipa MLM-1001). As medidas de temperatura e umidade foram obtidas de estações meteorológicas. Para análises químicas e físicas dos solos, foram coletadas e levadas quatro amostras de solo das duas áreas (amostras provenientes de 20-30 cm abaixo da superfície do solo, próximas as plantas coletadas) para o Laboratório de Física do Solo pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros ambientais mensurados no Vale do Catimbau em Buíque-PE e Piranhas-AL para *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa*.

	Parque Nacional do Vale do Catimbau, Buíque-PE		Piranhas-AL	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Altitude (m)	757,2	753,8	28,8	31
Temperatura (°C)	30	30	37,62	39,74
Umidade (%)	43	39	40,6	32,6
Luminosidade (FC)	1093,2	743	1306,6	1103,2
Tipo de Solo	Solo 1	Solo 2	Solo 3	Solo 4

Solo 1, amostra de solo coletada próxima a *H. crispa* no Vale do Catimbau; Solo 2, amostra de solo coletada próxima a *H. tiubae* no Vale do Catimbau; Solo 3, amostra de solo coletada próxima a *H. tiubae* em Piranhas-AL; Solo 4, amostra de solo coletada próximo a *H. crispa* no em Piranhas-AL.

Microscopia Ótica

Para análise anatômica o material foi fixado em FAA 50 por uma semana, depois em etanol 70% e a partir disso, foram realizados cortes transversais a mão livre com auxílio de lâmina de barbear para produção de lâminas semipermanentes. Esses cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio 10% , corados com azul de alcian 1% e safranina 1% (safrablau) e montados em glicerina 50% (Kraus e Arduin 1997; Johansen 1940) para posteriores medições.

Seções das epidermes foram obtidas através da dissociação com a mistura de peróxido de hidrogênio 30% e de ácido acético (1:1). O material permaneceu em estufa a 60°C overnight e após isso foram coradas com safranina (Franklin, 1945) para verificação dos tricomas foliares.

As imagens foram obtidas em microscópio de luz (Modelo BX41, Olympus Optical) acoplado a uma câmera digital (Modelo UC30), e foram utilizados os *software* sImage J e Cell para as medições e contagem de tricomas.

Foram analisados 10 fotomicrografias (dos cortes transversais) de 5 indivíduos de cada espécie, no qual foram calculados a densidade dos diferentes tipos de tricomas (mm^2) e mensurados as espessuras (μm) da cutícula da epiderme, do mesofilo (parênquima paliádico e lacunoso), do comprimento dos feixes vasculares (μm) do tamanho médio dos tricomas glandulares(μm), além da área dos idioblastos e cavidades (μm^2) .

Histoquímica

A identificação dos compostos químicos presentes na estruturas de folha e do caule das duas espécies foi realizada por meio de testes com Sudan IV para lipídios totais (Pearse 1985); reagente de NADI para óleos essenciais e oleoresinas (David e Carde 1964); solução de Cloreto Férrico a 10% para compostos fenólicos totais (Johansen 1940); reagente de Wagner para alcaloides (Furr e Mahlberg 1981); Lugol para amido (Jensen 1962); Vermelho de Rutênio para pectinas e mucilagem (Johansen 1940); Xylindine Ponceau para detecção de proteínas totais (Vidal 1970);PAS (ácido periódico/reagente de Schiff) para polissacarídeos neutros (McMANUS 1948) e Sulfato Azul do Nilo para lipídios ácidos e neutros (Cain 1947) para verificar se existiam diferentes tipos de lipídeos em uma mesma estrutura secretora.

Desenho Experimental: 2 espécies x 2 áreas

A fim de observar se os dados quantitativos como a espessura média da cutícula, da epiderme, do mesofilo (parênquima paliçádico e lacunoso), do comprimento dos feixes vasculares, do tamanho dos tricomas glandulares, da área dos idioblastos, da área das cavidades (de mucilagem e ar presentes nos caules) e densidade de tricomas foliares variaram nas diferentes áreas da Caatinga foram aplicados os testes de ANOVA (Análise de Variância) e Tukey (pós-teste quando houve diferença significativa entre as amostras). Estes testes foram escolhidos após o teste de normalidade de Shapiro-Wilk indicar que os dados eram paramétricos, quando os dados eram não paramétricos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. O nível de significância das análises foi de 5%.

Para as análises estatísticas foi utilizado o pacote de software de estatística paleontológica (PAST) v. 3.20 (Hammer et al., 2001), além disso, os parâmetros ambientais mensurados foram relacionados com as espécies através de análises de agrupamento: PCA (Análise de Componentes Principais) e Cluster (similaridade por distância euclidiana).

Resultados

Anatomia comparada de Herissantia tiubae e Herissantia crispa em duas áreas de Caatinga distintas da Caatinga com relação à altitude.

As duas espécies apresentaram folhas com epiderme unisseriada, mesofilo heterogêneo e dorsiventral e feixe vascular da nervura central do tipo colateral (Figura 3A, 3B, 3E e 3F). Já os caules, apresentaram-se também com uma única camada de epiderme, além de xilema e floema secundário, colênquima angular no córtex e parênquima fundamental (*H. tiubae*) e parênquima amilífero (*H. crispa*) na região medular (Figura 3C, 3D, 3G e 3H).

As duas espécies apresentaram quatro tipos de tricomas nas duas faces foliares, sendo dois tectores (unicelular e estrelado) e dois glandulares (globoso e pedunculado para *H. tiubae*, e, globoso e piriforme filiforme para *H. crispa*). Em relação a estruturas secretoras internas, elas possuíam idioblastos contendo cristais (drusas), cavidades mucilaginosas (*H. tiubae*) e cavidades de ar (*H. crispa*) (Figura 3).

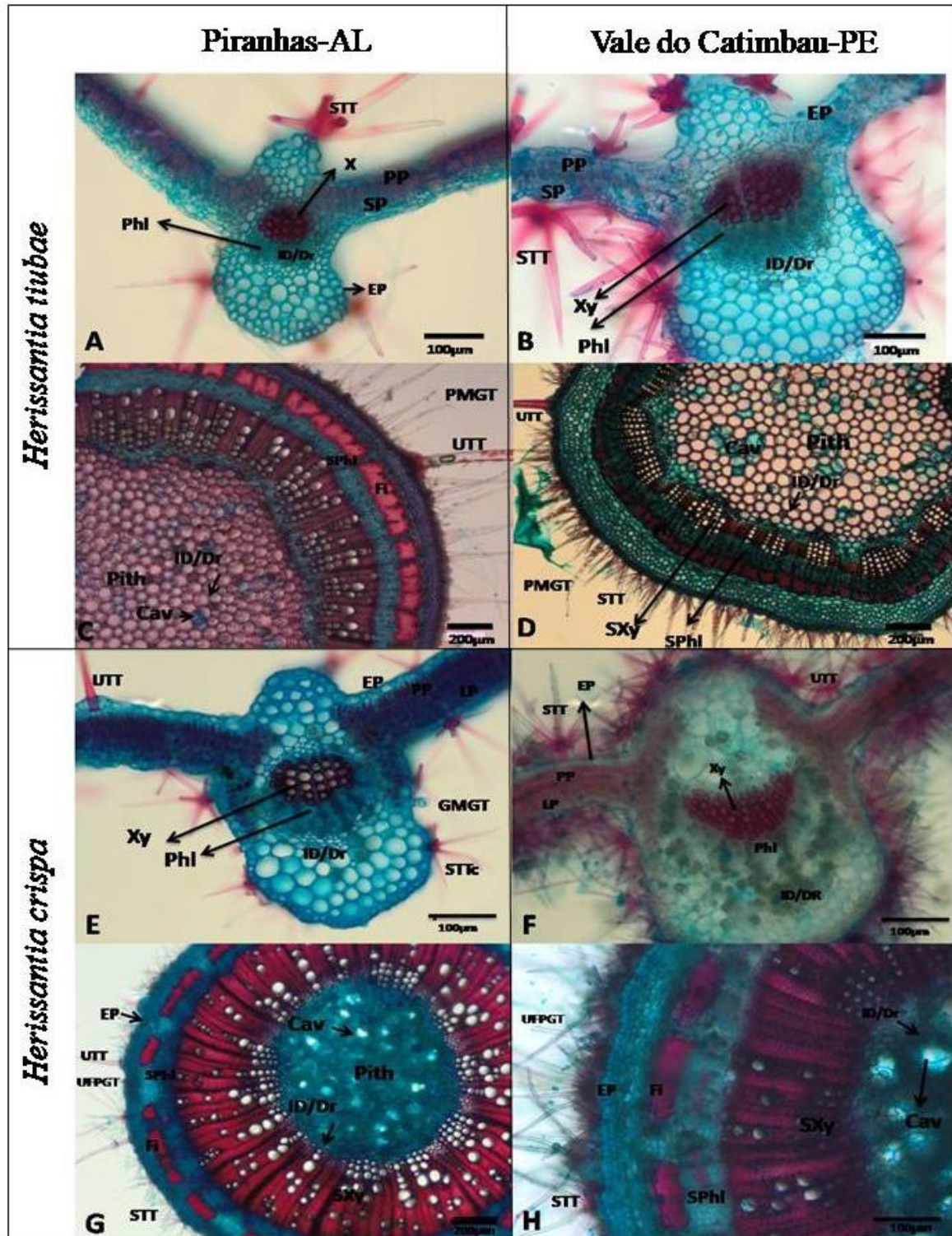


Figura 3. Anatomia comparativa de folha e caule de *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa* coletadas em Piranhas-Alagoas (A, C, E e G) e no Vale do Catimbau-Pernambuco (B, D, F e H). Ep, epiderme; SXy, xilema secundário; SPhl, floema secundário; Fi, fibras esclerenquimáticas; Cav, cavidades; STT, Tricomatector estrelado; ID/Dr, idioblastos contendo drusas; PMGT, tricoma glandular multicelular pedunculado; GMGT, tricoma

glandular multicelular globoso UTT, tricomatector unicelular; UFGPT, tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado; Cav, cavidades.

Caracterização morfológica e densidade de tricomas foliares

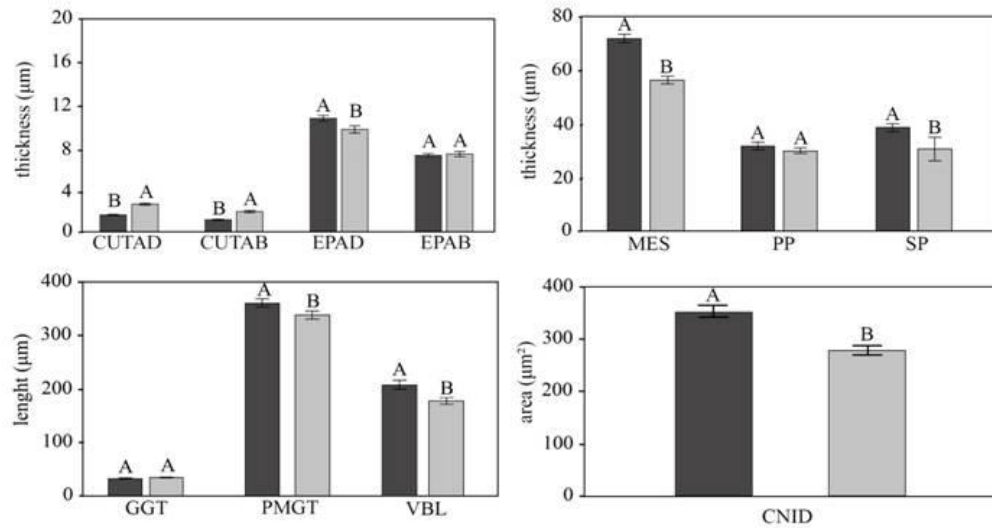
Herissantia tiubae

De acordo com a figura 4, a espessura da cutícula foliar em ambas as faces foi significativamente maior em folhas do Vale do Catimbau do que nas de Alagoas ($p < 0,05$). Já a espessura média da epiderme adaxial foi maior em Alagoas do que no Catimbau, sendo que não houve diferença significativa na espessura da epiderme abaxial para os diferentes locais $p < 0,05$. Em relação ao tamanho médio dos tricomas glandulares, os tricomas glandulares multicelulares pedunculados (TGMP) eram maiores em folhas de Alagoas do que as do Vale do Catimbau, no entanto, não houve diferença significativa no tamanho médio dos tricomas glandulares multicelulares globosos (TGG) ($p < 0,05$).

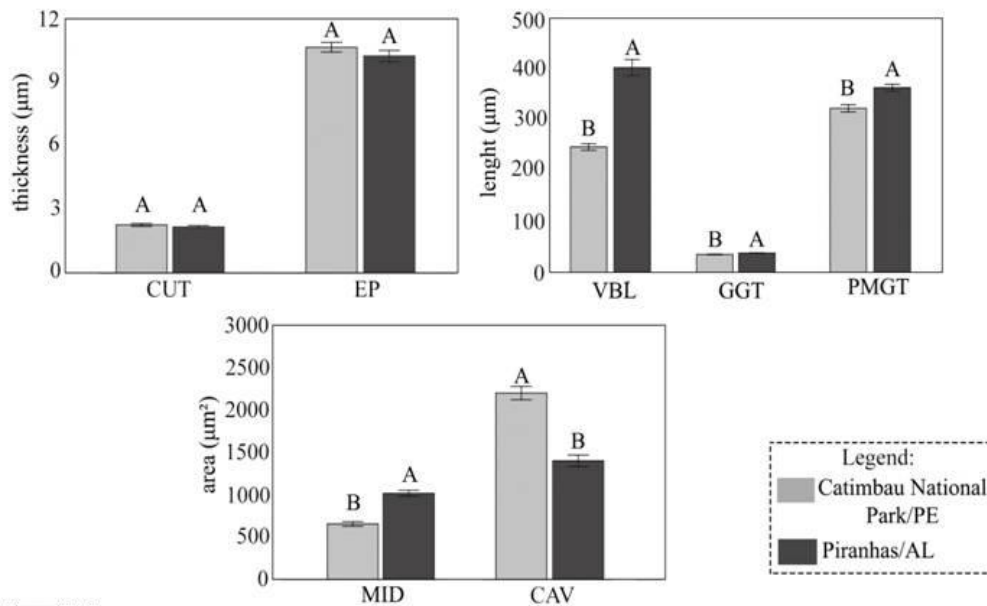
O mesofilo é mais espesso em folhas de Alagoas do que do Vale do Catimbau ($p < 0,05$) já o parênquima paliádico possui estatisticamente a mesma espessura nos dois locais, não havendo diferença significativa entre esses valores ($p < 0,05$). O parênquima lacunoso apresentou poucos espaços intercelulares em ambos locais e de acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) é mais espesso em folhas de Alagoas do que o do Catimbau. A região da nervura central apresentou um feixe vascular do tipo colateral com maiores comprimentos em folhas de Alagoas ($p < 0,05$) (Figura 4).

Já para morfometria de caule, não houve diferença significativas na espessura da cutícula e nem da epiderme entre os dois locais ($p < 0,05$). Mas, em relação o tamanho dos tricomas tanto TGMP quanto o TGG foram maiores em caules coletados em Alagoas ($p < 0,05$). Cavidades presentes em caules coletados no Vale do Catimbau-PE eram maiores do que em caules de Alagoas ($p < 0,05$), no entanto, os idioblastos eram maiores em Alagoas ($p < 0,05$). Já o comprimento dos feixes vasculares foi maior em caules provenientes de Alagoas do que do Vale do Catimbau-PE ($p < 0,05$) (Figura 4).

Herissantia tiubae



LEAF



STEM

Figura 4. Morfometria comparativa de folha e caule de *Herissantia tiubae*. Abreviações: CUT, cutícula; EP, epiderme; AD, adaxial; AB, abaxial; CNID, idioblastos contendo drusas da região da nervura central; MES, mesofilo; PP, parênquima paliçádico; SP, parênquima lacunoso; VBL, comprimento dos feixes vasculares; MID, idioblastos contendo drusas da região medular do caule; PMGT, Tricoma glandular multicelular pedunculado; GGT, Tricoma glandular multicelular globos; MID, idioblastos medulares; CAV, cavidades.

A densidade bem como o tipo de tricomas (tectores e glandulares) apresentou variações de um local para o outro, em ambas as faces foliares (Figura 5, Tabela 2). Para densidade de TGMP presentes em folhas de *H. tiubae* não houve diferenças significativas para face abaxial nos dois locais, enquanto que para face adaxial a densidade de TGMP foi significativamente maior em folhas coletadas no Vale do Catimbau ($p < 0,05$). A densidade de tricomas tectores estrelados (TTE) foi maior em folhas coletadas no Vale do Catimbau do que para Alagoas em ambas as faces foliares ($p < 0,05$). Já a densidade de TGG foi maior tanto na face adaxial quanto na face abaxial para folhas coletadas em Piranhas-AL. No entanto, em relação à densidade de tricomas tectores unicelulares (TTU) não houve diferenças significativas entre os locais e entre as faces foliares (Tabela 2).

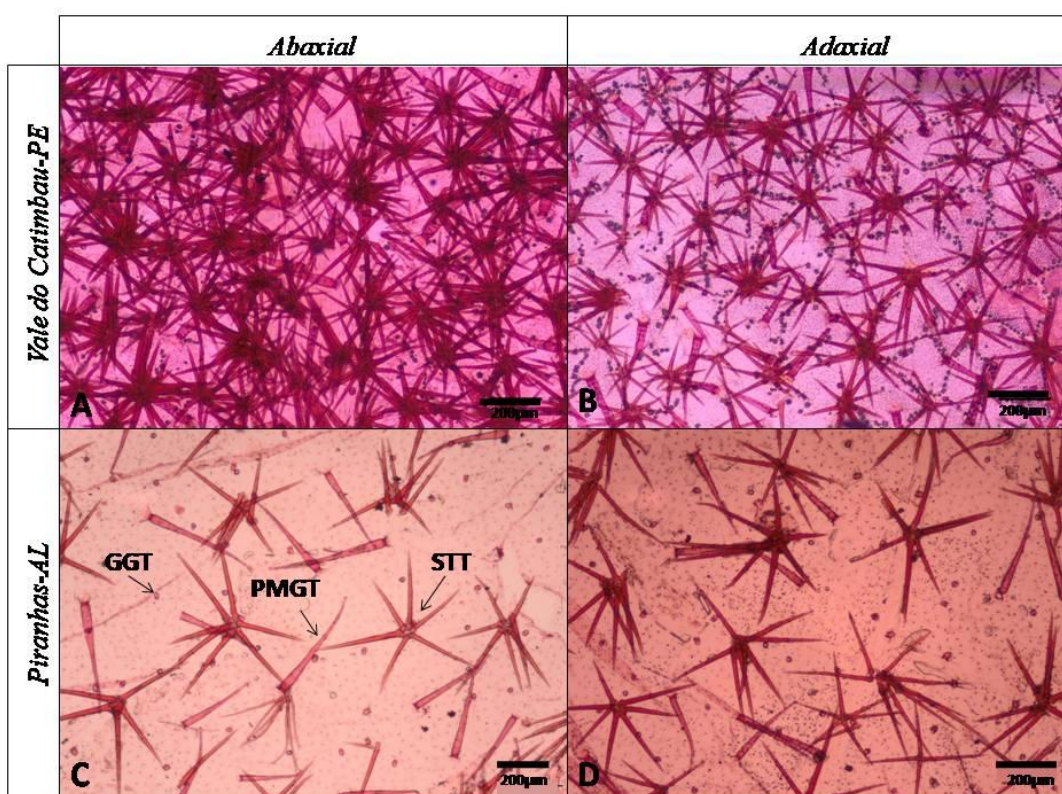


Figura 5. Dissociação epidérmica em *Herissantia tiubae* corada com safranina. Abreviações: PMGT, tricoma glandular multicelular pedunculado; STT, tricoma atector estrelado; GGT, tricoma glandular globoso.

Tabela 2. Densidade média e desvio padrão de tricomas foliares de *Herissantia tiubae*.

Abreviações: VC, coletado no Vale do Catimbau, AL, coletado em Alagoas; PMGT, tricoma glandular multicelular pedunculado; STT, tricoma tector estrelado; GGT, tricoma glandular globoso; UTT, tricoma tector unicelular.

<i>Herissantia tiubae</i>	VC	Piranhas	VC	Piranhas
	Abaxial	Abaxial	Adaxial	Adaxial
PMGT	27,74±10,55A	21,22±10,63A	27,52±6,93A	21,72±8,76B
STT	90,22±19,08A	30,36±16,60B	54,22±16,73A	6,08±4,22B
GGT	36,72±9,83B	52,2±14,79A	23,76±7,79B	31,82±14,27A
UTT	0,28±0,57A	2,18±2,34A	2,22±2,08A	4,4±2,84A

Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as faces foliares $p < 0,05$.

Herissantia crispa

Em *H. crispa*, a espessura da cutícula foliar foi significantemente maior em folhas do Vale do Catimbau do que nas de Alagoas ($p < 0,05$) para ambas as faces foliares. Já a espessura média da epiderme adaxial foi maior no Vale do Catimbau do que em Alagoas, porém, a epiderme abaxial foi maior em Alagoas ($p < 0,05$). As espessuras do mesofilo, do parênquima paliádico e do parênquima lacunoso não apresentaram diferenças significativas entre os dois locais $p > 0,05$ (Figura 6), mas os comprimentos dos feixes vasculares foram maiores em folhas de Alagoas ($p < 0,05$). Os idioblastos possuíam maiores diâmetros em folhas de Alagoas ($p < 0,05$) (Figura 6). Em relação ao tamanho médio dos tricomas glandulares, tricomas glandulares multicelulares piriformes filiformes (TGPF) eram maiores em folhas do Vale do Catimbau do que de Alagoas ($p < 0,05$), no entanto, não houve diferença significativa no tamanho médio dos tricomas glandulares multicelulares globosos (TGG) ($p < 0,05$).

Para caule de *H. crispa*, a espessura da cutícula, epiderme e comprimento dos feixes vasculares eram maiores em Alagoas ($p < 0,05$) em relação aos tricomas, TGPF eram maiores em caules provenientes de Alagoas, no entanto, não houve diferenças significativas no tamanho de TGG entre os dois locais ($p > 0,05$). Além disso, às cavidades possuíam áreas maiores em caules provenientes do vale do Catimbau e os idioblastos contendo drusas eram maiores em caules de Alagoas ($p < 0,05$) (Figura 6).

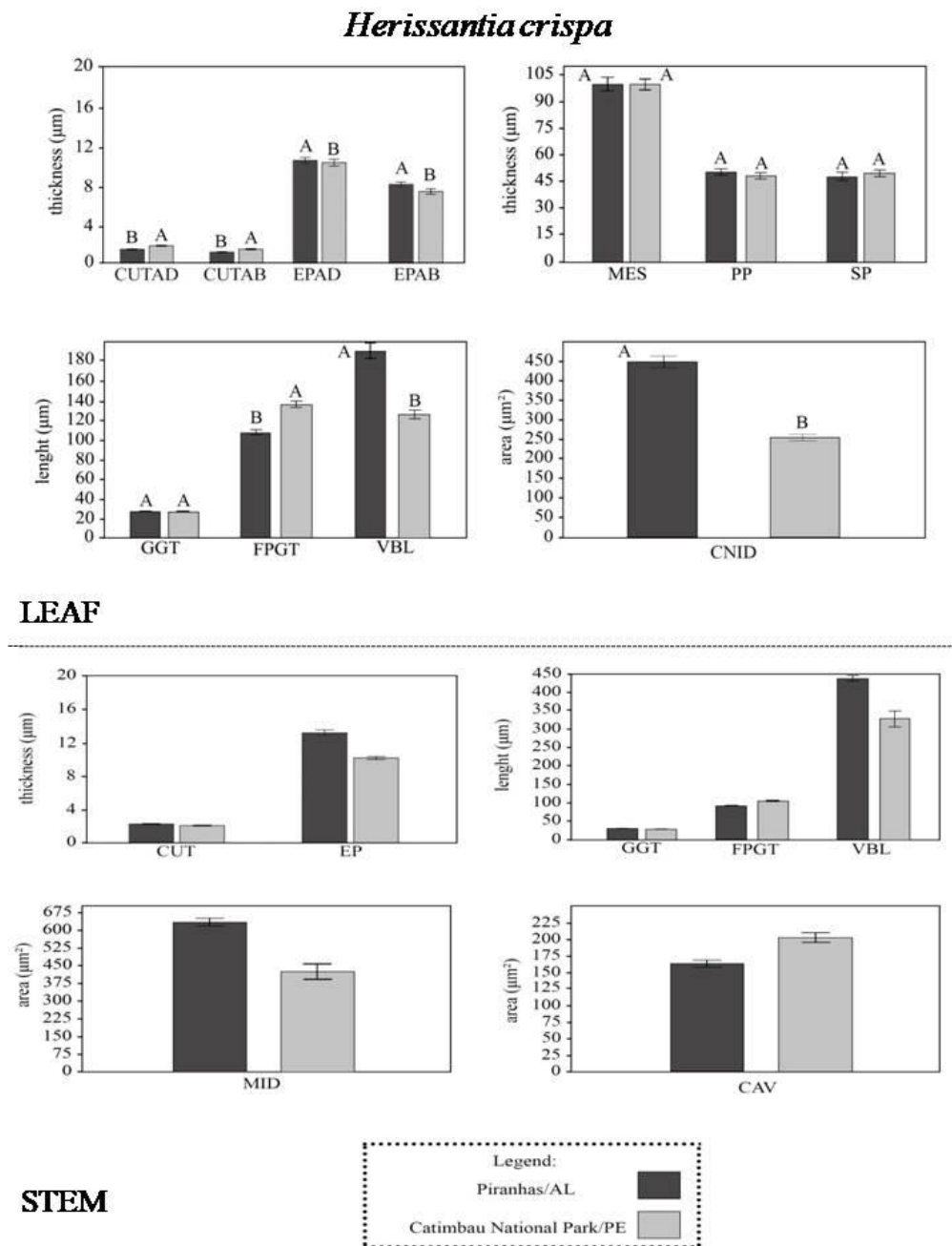


Figura 6. Morfometria comparativa de folha e caule de *Herissantia crisper*. Abreviações: CUT, cutícula; EP, epiderme; AD, adaxial; AB, abaxial; CNID, idioblastos contendo drusas da região da nervura central; MES, mesofilo; PP, parênquima paliçádico; SP, parênquima lacunoso; VBL, comprimento dos feixes vasculares; MID, idioblastos contendo drusas da região medular do caule; FPGT, tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado; GGT, tricoma glandular multicelular globoso; CAV, cavidades.

Estatisticamente, não foi possível verificar a existência de diferenças na quantidade de tricomas entre os dois locais, uma vez que a aparente elevada densidade de tricomas tectores

estrelados (TTE) em folhas coletadas no Vale do Catimbau impossibilitou a visualização dos tricomas glandulares multicelulares piriformes filiformes (TGPF) e tricomas glandulares multicelulares globosos (TGG) que se encontravam abaixo deles. No entanto, visualmente, podemos observar que é possível que a quantidade de tricomas tectores estrelados (TTE) seja maior em folhas de *H.crispa* coletadas no Vale do Catimbau-PE do que em Piranhas-AL (Figura 7).

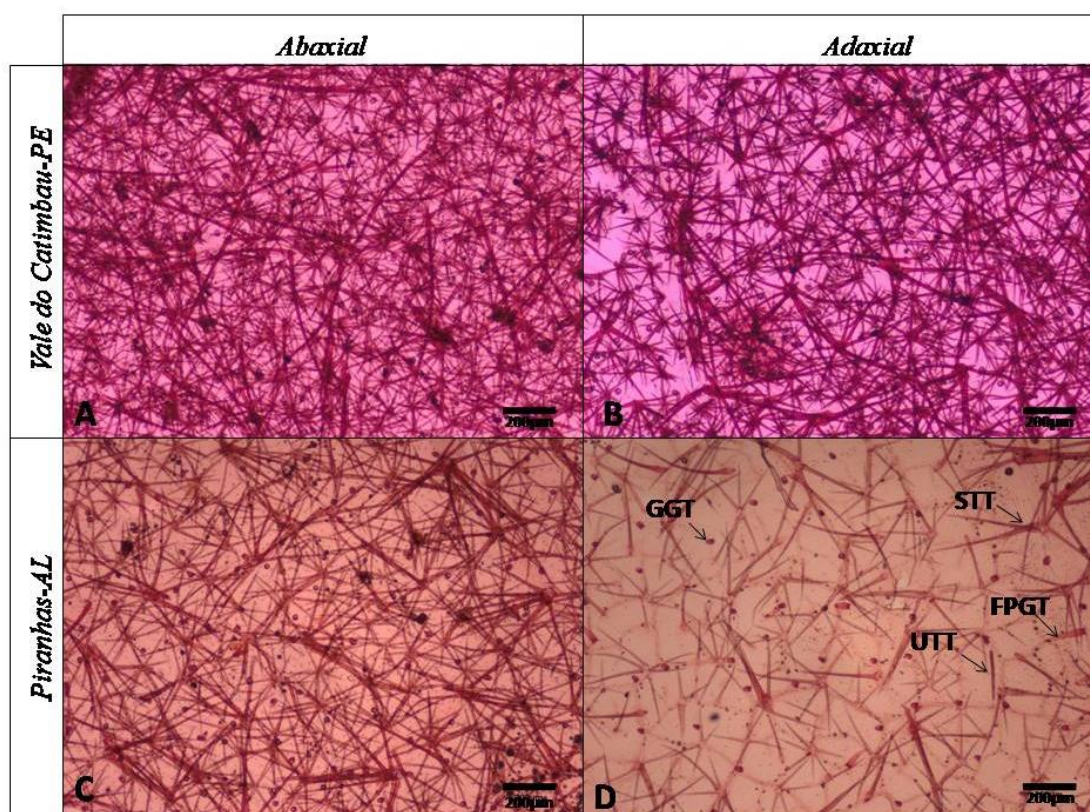


Figura 7. Dissociação epidérmica em *Herissantia crisper* corada com safranina. Abreviações: FPJT, tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado; STT, tricoma tector estrelado; GGT, tricoma glandular globoso; UTT, tricoma tector unicelular.

Histoquímica foliar e caulinar de Herissantia tiubae e Herissantia crisper

Herissantia tiubae

De acordo com os testes histoquímicos, em folhas de *H.tiubae* foram observadas variações nas diferentes classes de compostos químicos presentes nas diferentes estruturas foliares, principalmente nos tricomas glandulares multicelulares pedunculados (TGMP), tricomas glandulares globosos (TGG) e idioblastos dos dois locais (Figura 8 e Tabela 3).

Os testes histoquímicos aplicados para o TGMP foliar detectaram a presença de lipídios, amido, mucilagem, alcalóides, óleos essenciais e polissacarídeos para ambos locais (Figura 8). Substâncias lipídicas foram marcadas na cutícula e na célula do pescoço, sendo coradas mais intensamente em folhas do Vale do Catimbau (Figura 8A). Com o teste de lugol, foi identificado amido em forma de grânulos na célula basal do TGMP para os dois locais estudados (Figura 8C). Proteínas foram identificadas em algumas células próximas ao pescoço e célula basal para tricomas TGMP de folhas coletadas apenas no Vale do Catimbau (Figura 8D). TGMP de folhas coletadas em Alagoas apresentaram mucilagem apenas na célula basal, enquanto TGMP de folhas coletadas no Vale do Catimbau apresentaram mucilagem na célula da cabeça, em algumas células do pedicelo e na célula basal, sendo essa célula a mais corada de todas (Figura 8F). Alcalóides foram detectados apenas na célula basal desse tricoma (Figura 8K). Pequenas gotículas azuladas de óleos essenciais foram identificadas na célula da cabeça em ambos locais (Figuras 8I). No que diz respeito aos polissacarídeos, a reação de PAS corou todo o TGMP para o material coletado em Alagoas, e exceto a célula do pescoço para o material do Vale do Catimbau (Figura 8M e 8N). Com o sulfato azul do Nilo identificou-se em TGMP lipídios neutros na cutícula, na cabeça secretora e em forma de grânulos citoplasmáticos em todo o tricoma (Figura 8P).

Já para TGG os testes positivaram para lipídios, mucilagem, polissacarídeos para ambos locais, no entanto, o teste para proteínas seguiu o mesmo padrão do TGMP, sendo corado menos intensamente na célula basal (Figura 8E). O teste com Sudan IV corou a cutícula e as duas células mais próximas a célula do pescoço, sendo coradas mais intensamente em tricomas de folhas coletadas no vale do Catimbau do que em folhas coletadas em Alagoas (Figura 8B). O teste para mucilagem corou as células do pescoço e algumas células da cabeça em ambos locais, diferindo na célula basal que foi muito corada para o material coletado no Vale do Catimbau (Figura 8G). Nesse tricoma também foram detectados a presença de óleos essenciais, no entanto, apenas na célula do pescoço do material proveniente de Alagoas (Figura 8J). Para polissacarídeos, o teste corou em magenta todo TGG de Alagoas, apenas não corou a célula do pescoço (Figura 8O). Além de tricomas glandulares, foram observados idioblastos contendo mucilagem detectada através do teste com vermelho de rutênio para ambos locais (Figura 8H).

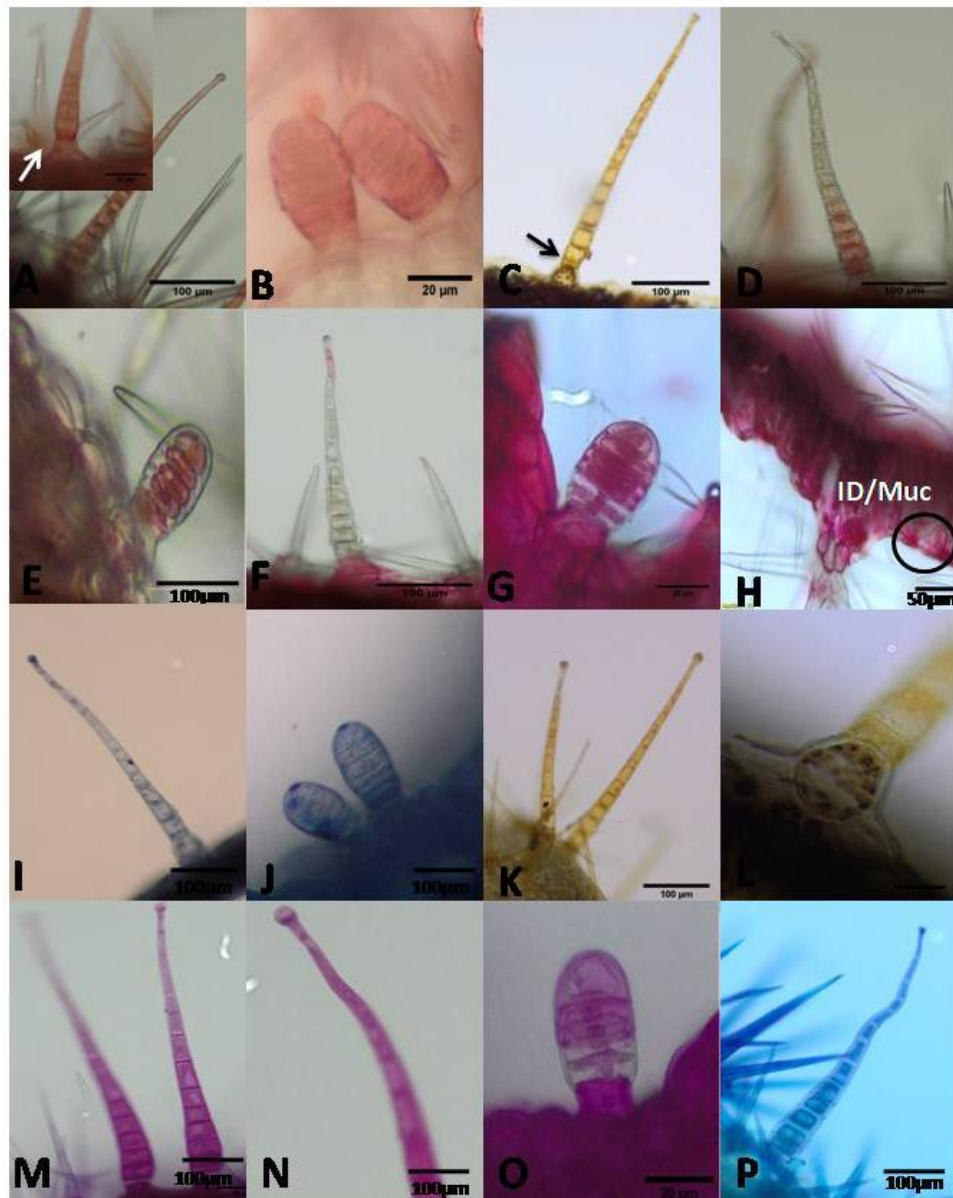


Figura 8. Histoquímica foliar de *Herissantia tiubae*. A) Célula basal e cutícula do tricoma glandular multicelular pedunculado (TGMP) coradas em laranja. B) Lipídeos detectados no tricoma glandular do tipo globoso (TGG). C) Grânulos de alcaloides na célula basal do TGMP evidenciados com o Reagente de Wagner. D) Proteínas citoplasmáticas evidenciadas em células proximais ao pescoço do TGMP. E) Proteínas citoplasmáticas por todo TGG. F) Célula basal contendo mucilagem. G) Mucilagem identificada em vermelho em células da cabeça do TGG. H) Idioblastos contendo mucilagem. I e J) gotículas de óleo essencial. K e L) Reação positiva para alcaloides na base do TGMP. M, N e O) Polissacarídeos corados em magenta. P) Grânulos citoplasmáticos em TGMP. Abreviações: ID/Muc, Idioblastos Mucilaginosos; seta, célula do pescoço do tricoma.

Tabela 3. Histoquímica foliar de *Herissantia tiubae*.

Abreviações: CUT, cutícula; EP, epiderme; MES= mesofilo; TTE= tricomatector estrelado; TTU= tricomatector unicelular; TGMP, tricoma glandular multicelular pedunculado; TGG, tricoma glandular globoso, CAV= cavidades, ID, Idioblastos. Positivo (+); Negativo (-); (0) ausência de amostra ou foto para análise; Ausência de estrutura (*).

Órgão: Folha	<i>Herissantia tiubae</i>																		
	Buíque, Vale do Catimbau-PE										Piranhas-AL								
Teste	Lipíde os totais	Amido	Protein as	Mucila gem	Óleos Essenci ais	Compo stos fenólic	Alcaloi des	Polissa carídeo s	Lipíde os	Lipíde os totais	Amido	Protein as	Mucila gem	Óleos Essenci ais	Compo stos fenólic	Alcaloi des	Polissa carídeo s	Lipíde os ácidos	
CUT	+++	-	-	-	-	-	-	++	-	+++	-	-	-	-	-	-	++	-	
EP	-	-	+	+	-	-	-	+++	-	-	-	-	+	-	-	-	+++	-	
MES	-	+++	++	+	+	-	++	+++	-	-	+++	+	+	+	-	+++	+++	-	
STT	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	++	
UTT	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	++	
PMGT	++	+	+	+	+	-	+	+++	+++	+	+	-	+	+	-	+	+++	-	
GGT	++	-	++	+++	-	-	-	++	-	+	-	-	++	+	-	-	+++	-	
CAV	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
CNID	*	*	*	+++	*	*	*	*	*	*	*	*	+++	*	*	*	*	*	

+: baixa detecção; ++: média detecção; +++: alta detecção.

Já para o caule, de acordo com os testes histoquímicos houve variações nas diferentes classes de compostos químicos presentes nas diferentes estruturas de *H. tiubae*, principalmente nos tricomas glandulares multicelulares pedunculados (TGMP) e tricomas glandulares globosos (TGG) nos dois locais (Figura 9 e Tabela 4).

Os testes histoquímicos aplicados para o TGMP e TGG detectaram a presença de lipídeos, proteínas, mucilagem e polissacarídeos totais para ambos os locais (Figura 9).

Substâncias lipídicas foram marcadas na cutícula e na célula do pescoço para ambos locais tanto em TGMP como em TGG, sendo este último corado também em células proximais do pescoço (Figuras 9A e 9B). Já as proteínas foram identificadas em todas as células dos TGMP e TGG na forma de grânulos citoplasmáticos, sendo corados mais intensamente em TGG de caule do Vale do Catimbau (Figuras 9C e 9D). Com o teste de vermelho de rutênio evidenciou-se mucilagem nos TGMP e TGG principalmente na célula basal, além dessa célula, em TGG células da cabeça também foram coradas (Figuras 9E e 9F). Com o mesmo teste foi possível detectar mucilagem nas cavidades presentes na região medular do caule (Figura 9G). Similarmente ao teste de vermelho de rutênio, a reação de PAS evidenciou polissacarídeos totais nos tricomas glandulares e nas cavidades, porém essas estruturas foram coradas em magenta (Figura 9J, 9K e 9L). Óleos essenciais foram identificados na célula do pescoço nos dois tipos de tricomas apenas no material proveniente de Alagoas (devido a pouca quantidade de reagente não foi possível fazer o teste para todas as amostras, não tendo assim fotos dessas estruturas disponíveis para análise) (Figuras 9H e 9I).

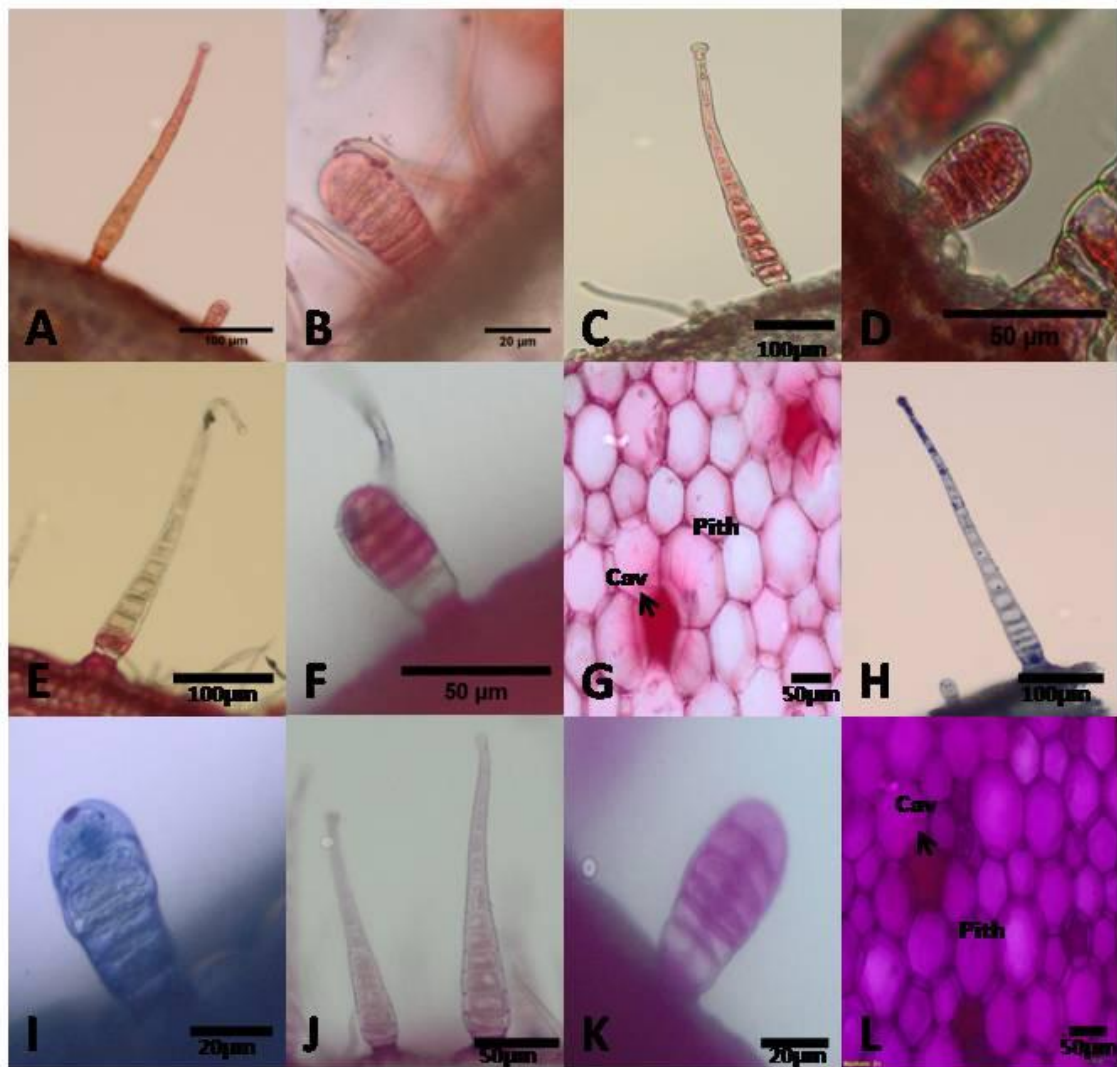


Figura 9. Histoquímica caulinar de *Herissantia tiubae*. A) Lipídeos na célula basal e célula do pescoço do tricoma glandular multicelular pedunculado (PMGT) coradas em laranja. B) Lipídeos presentes no tricoma glandular do tipo globoso (GGT). C e D) Grânulos de Proteínas evidenciadas nos dois tipos de tricomas glandulares. E) Célula basal e célula próxima ao pescoço contendo mucilagem. F) Mucilagem identificada em vermelho em células da cabeça e da base do GGT. G) Cavidades contendo mucilagem. H e I) Gotículas de óleo essencial detectados nos tricomas. J, K e L) Polissacarídeos corados em magenta. Abreviações: Cav, cavidades; Pith, medula.

Tabela 4. Histoquímica Caulinar de *Herissantia tiubae*.

Abreviações: CUT, cutícula; Ep, epiderme; STT, tricoma tector estrelado; STT, tricom atector unicelular; PMGT, tricoma glandular multicelular pedunculado; GGT, tricoma glandular globoso, CAV, cavidades e MID, idioblastos. Positivo (+); Negativo (-); (0) ausência de amostra ou foto para análise; Ausência de estrutura (*).

Órgão: Caule	Herissantia tiubae																	
	Buíque, Vale do Catimbau-PE									Piranhas-AL								
Teste	Lípidos totais	Amido	Proteínas	Mucilagem	Óleos Essenciais	Compostos fenólicos	Alcaloides	Polissacarídeos	Lípidos ácidos e	Lípidos totais	Amido	Proteínas	Mucilagem	Óleos Essenciais	Compostos fenólicos	Alcaloides	Polissacarídeos	
CUT	+++	-	-	+	-	-	-	+	-	++	-	-	+	-	-	-	+	-
EP	-	-	++	+++	0	-	++	+	-	-	-	+	+++	0	-	-	+	-
Córtex	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	0	-	++	+	+
Medula	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	++	-	-	+	-
Sistema Vascular	+	+	+	+	0	-	-	+	+	+	+	+	+	0	-	+	-	++
STT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
UTT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PMGT	++	-	+	+	0	-	-	+	-	++	-	+	+	+	-	-	+++	-
GGT	++	-	+++	+	0	-	-	++	-	++	-	+	++	+	-	-	++	-
CAV	*	*	*	+++	*	*	*	+++	-	*	*	*	+++	*	*	*	+	-
MID	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

+: baixa detecção; ++: média detecção; +++: alta detecção.

Herissantia crispa

De acordo com os testes histoquímicos, em *H. crispa* houve variação nas diferentes classes de compostos químicos presentes nas diferentes estruturas da folha, principalmente nos tricomas glandulares multicelulares piriformes filiformes (TGPF), tricomas glandulares multicelulares globosos (TGG) e idioblastos nos dois locais (Figura 10 e Tabela 5).

Os testes histoquímicos aplicados na folha para os tricomas glandulares TGPF e TGG detectaram a presença de lipídeos, proteínas, mucilagem e polissacarídeos para ambos locais. Substâncias lipídicas foram marcadas na cutícula e na célula do pescoço para TGPF e TGG em ambos locais (Figuras 10A e 10B). Proteínas foram detectadas na forma de grânulos citoplasmáticos em toda extensão dos dois tipos de tricomas para ambos locais (Figuras 10C e 10D). Esses tricomas também apresentaram mucilagem na célula do pescoço e na célula basal, diferindo-se no TGG que coraram também duas células da parte superior desse tricoma (Figura 10E e 10F). Também foi possível visualizar idioblastos contendo mucilagens coradas em vermelho em células da epiderme foliar (Figura 10G). O teste com Reagente de Nadi corou positivamente para óleos essenciais apenas na célula do pescoço desses tricomas e apenas de folhas provenientes de Alagoas (Figuras 10H, 10I e 10J). Em relação aos polissacarídeos totais, toda extensão dos tricomas coraram-se em magenta, sendo corados mais intensamente em amostras de Alagoas. Com o teste de PAS, ainda foi possível visualizar os núcleos celulares, que ficaram bem marcados nestas estruturas (Figuras 10K e 10L).

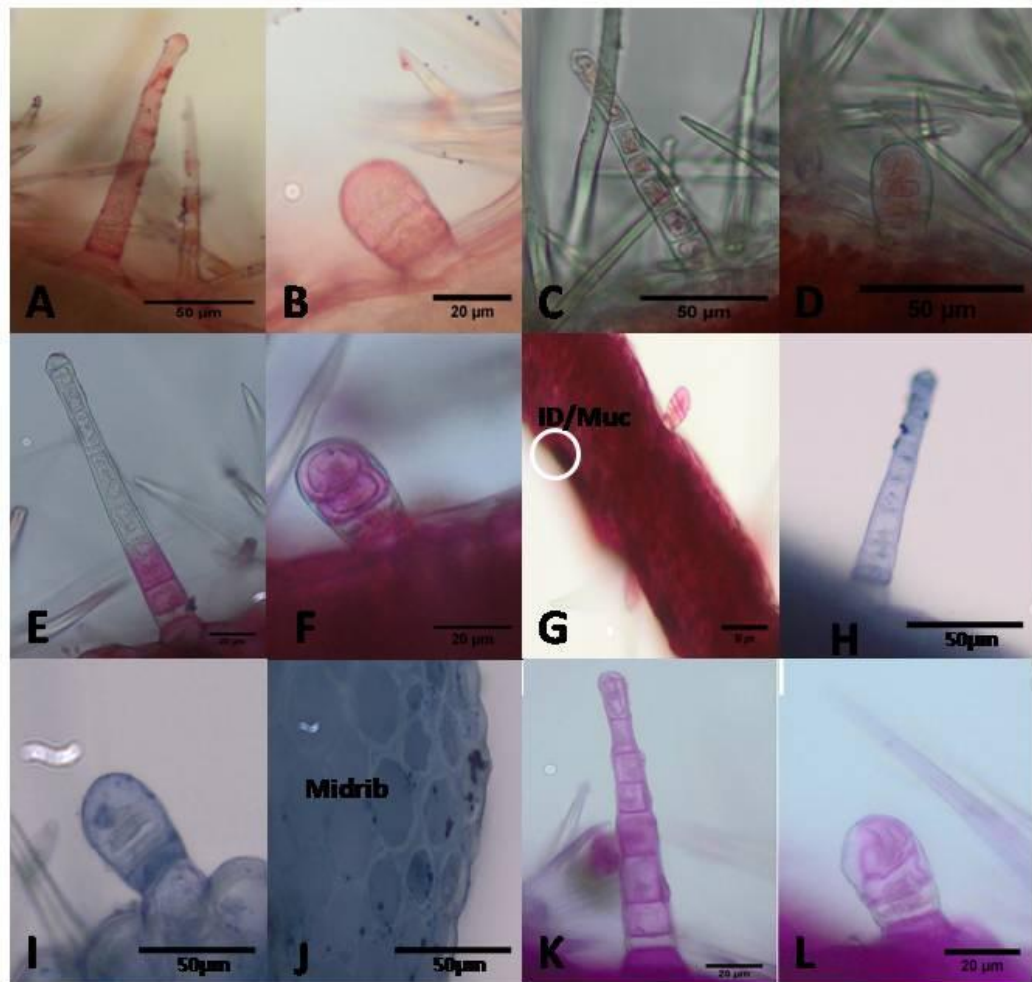


Figura 10. Histoquímica foliar de *H. crista*. A) Lipídeos detectados na célula do pescoço do tricoma glandular multicelular piriforme filiforme (FPGT)). B) Lipídeos presentes no tricoma glandular do tipo globoso (TGG). C e D) Grânulos de Proteínas evidenciadas nos dois tipos de tricomas glandulares. E) Célula basal e células proximais ao pescoço contendo mucilagem. F) Mucilagem identificada em vermelho em células da cabeça e da base do TGG. G) Idioblastos contendo mucilagem na epiderme foliar. H e I) Óleos essenciais detectados em azul nos tricomas. J) Gotículas de óleo essencial detectados na região da nervura central foliar. K e L) Polissacarídeos corados em magenta, principalmente na célula basal. Abreviações: ID/Muc, idioblastos mucilaginosos; Midrib, nervura central.

Tabela 5. Histoquímica foliar de *Herissantia crisper*.

Abreviações: CUT, cutícula; EP, epiderme; MES, mesofilo; STT, tricoma tector estrelado; UTT, tricoma atector unicelular; FPGT, tricoma glandular multicelular piriforme filiforme; GGT, tricoma glandular globoso; CAV, cavidades; CNID, idioblastos da nervura central.

Positivo (+); Negativo (-); (0) ausência de amostra ou foto para análise; Ausência de estrutura (*).

Órgão: Folha	<i>Herissantia crisper</i>																	
	Buíque, Vale do Catimbau-PE									Piranhas-AL								
Teste	Lipídeos totais	Amido	Proteínas	Mucilagem	Óleos Essenciais	Compostos fenólicos	Alcaloides	Polissacarídeos	Lipídeos ácidos e neutros	Lipídeos totais	Amido	Proteínas	Mucilagem	Óleos Essenciais	Compostos fenólicos	Alcaloides	Polissacarídeos	Lipídeos ácidos e neutros
CUT	+++	-	-	+	-	-	-	+	-	+++	-	-	+	-	-	-	+	-
EP	-	-	-	+	-	-	-	+++	-	-	-	-	+	-	-	-	+++	-
MES	-	++	+++	+++	+	-	+++	+++	-	-	+++	+	+++	++	+	+++	+++	-
STT	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
UTT	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
FPGT	++	-	+	+	-	-	-	++	-	++	-	+	+	+	-	-	+++	-
GGT	++	-	+	+	-	-	-	+	-	++	-	+	+	+	-	-	+++	-
CAV	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CNID	*	*	*	+++	*	*	*	*	*	*	*	*	+++	*	*	*	*	*

+: baixa detecção; ++: média detecção; +++: alta detecção.

Em caule, os testes histoquímicos aplicados para tricomas detectaram a presença de lipídeos, proteínas citoplasmáticas, mucilagem e polissacarídeos totais (Figura 11 e Tabela 6).

Lipídeos foram detectados com Sudan IV na cutícula e na célula do pescoço para TGPF e TGG em ambos locais (Figuras 11A e 11B). Proteínas foram detectadas na forma de grânulos citoplasmáticos principalmente na região central das células em ambos locais (Figuras 11C e 11D). Com o teste de Vermelho de Rutênio foi possível visualizar mucilagem na célula na célula basal do tricoma TGPF (Figura 11E), diferindo-se no TGG que coraram também algumas células da parte superior desse tricoma (Figura 11F). A reação de PAS corou em magenta principalmente a célula basal no TGPF (Figura 11G) e células da cabeça do tricoma TGG (Figura 11H). Em relação aos polissacarídeos totais, toda extensão dos tricomas caulinares coraram-se em magenta, sendo corados mais intensamente em amostras de Alagoas. Com o teste de PAS, ainda foi possível visualizar os núcleos celulares, que ficaram bem marcados nestas estruturas (Figuras 11K e 11L).

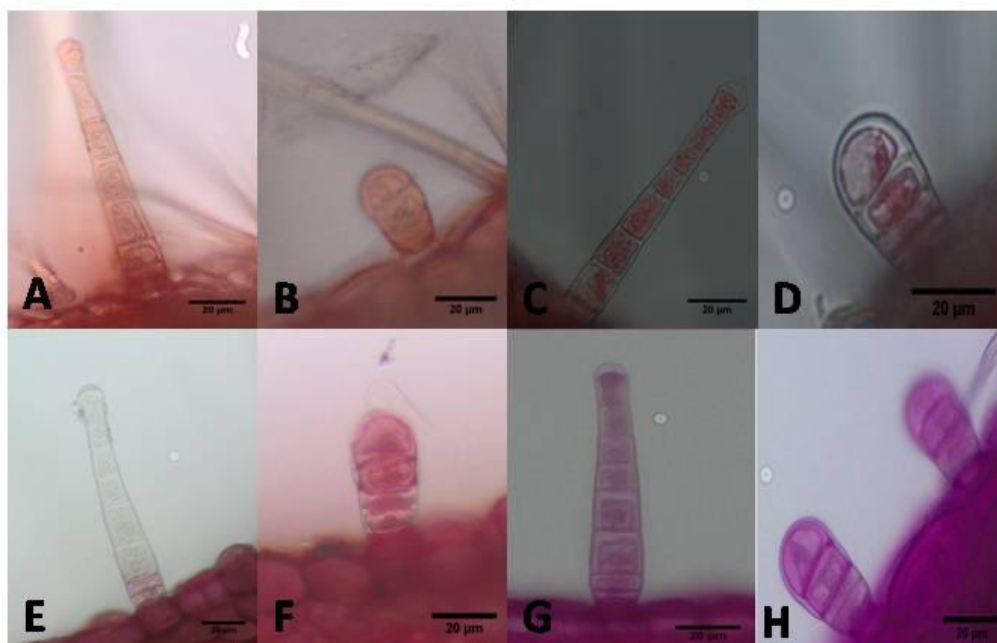


Figura 11. Histoquímica caulinar em *Herissantia crista*. A e B) Lipídeos presentes em células do pescoço. C e D) Grânulos de Proteínas evidenciadas em laranja nos dois tipos de tricomas glandulares. E) Célula basal do FPGT contendo mucilagem. F) Mucilagem identificada em vermelho em células da cabeça e da base do GGT. G) Polissacarídeos corados em magenta, principalmente na célula basal do FPGT. H) Polissacarídeos presentes na célula basal e cabeça do GGT.

Tabela 6. Histoquímica caulinar de *Herissantia crisper*.

Abreviações: CUT, cutícula; Ep, epiderme; STT, tricoma tector estrelado; UTT, tricoma tector unicelular; FPGT, tricoma glandular piriforme filiforme; GGT, tricoma glandular globoso; CAV, cavidades; MID, idioblastos da região medular.

Positivo (+); Negativo (-); (0) ausência de amostra ou foto para análise; Ausência de estrutura (*).

Órgão: Caule	Herissantia crispa																	
	Buíque, Vale do Catimbau-PE									Piranhas-AL								
Teste	Lipídeos totais	Amido	Proteínas	Mucilagem	Óleos Essenciais	Compostos fenólicos	Alcaloides	Polissacarídeos	Lipídeos ácidos e neutros	Lipídeos totais	Amido	Proteínas	Mucilagem	Óleos Essenciais	Compostos fenólicos	Alcaloides	Polissacarídeos	
CUT	+++	-	-	+	-	-	-	++	-	+++	-	-	+	-	-	-	+	-
EP	-	-	+++	++	0	-	-	+	-	-	-	+	++	0	-	-	++	-
Córtex	-	+	++	+	0	-	++	+	-	-	+	+	+	0	-	++	+	-
Medula	-	+++	+++	+	0	-	+++	-	-	-	+++	+++	-	0	-	+++	+	-
Sistema Vascular	+	+	+	+	0	-	+	+	+	+	+	+	+	0	-	+	+	+
STT	-	-	-	-	0	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
UTT	-	-	-	-	0	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
FPGT	+	-	+	++	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-
GGT	+	-	+	++	-	-	-	++	-	+	-	+	+++	-	-	-	++	-
CAV	*	*	*	-	*	*	*	-	-	*	*	*	-	*	*	*	-	-
MID	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	*	-

+: baixa detecção; ++: média detecção; +++: alta detecção.

Análise química e física de solo

Não foi possível fazer análise de correlação entre as amostras de solo e quantidade de compostos químicos secretados, uma vez que o número de amostras de solo foi insuficiente. Porém, foi feita uma análise comparativa das características químicas e físicas do solo coletados próximos a *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa* em Piranhas-AL e em Buíque, Vale do Catimbau-PE com objetivo de verificar a disponibilidade de água e de nutrientes para essas espécies.

As maiores concentrações de nutrientes do solo foram encontradas para o solo coletado próximo à *Herissantia tiubae* no Vale do Catimbau (HTVC), já as menores concentrações de nutrientes foram encontradas para *Herissantia crispa* coletadas em Alagoas (HCAL) (Tabela 7).

Foram encontrados os maiores valores de pH, S e CTC no solo coletado próximo a HTVC. Já para HTAL e HCVC (Solo coletado próximo a *H. crispa* no Vale do Catimbau) os parâmetros analisados tinha valores iguais de pH e S, CTC, V% valores diferentes, mas muito próximos uns dos outros. Para o solo coletado próximo HCAL, não foram possíveis fazer leituras de S, CTC, V% e m%. Além disso, todos os solos coletados não apresentaram saturação por alumínio (m%) (Tabela 8).

Os solos para todas as amostras analisadas eram arenosos com densidades, composições granulométricas e umidades com valores semelhantes, independente de espécie ou local coletado (Tabela 9).

Tabela 7. Concentração de nutrientes presentes em solos coletados para *Herissantia tiubae* para *Herissantia crispa* no Vale do Catimbau, Buíque-PE e em Piranhas-AL

Abreviações: HTVC, *Herissantia tiubae* coletada no vale do Catimbau-PE; HTAL, *Herissantia tiubae* coletada em Piranhas-AL; HCVC, *Herissantia crispa* coletada no vale do Catimbau-PE; HCAL, *Herissantia crispa* coletada em Piranhas-AL; P, fósforo; Ca, cálcio; Mg, magnésio; Na, sódio; K, potássio, Al, alumínio; H, hidrogênio. [nutrientes] em cmolc/dm³.

Espécie (local)	[P]	[Ca]	[Mg]	[Na]	[K]	[Al]	[H]
HTVC	0,1	1,65	0,7	0,04	0,18	0	0,82
HTAL	0,06	0,9	0,9	0,02	0,06	0	0,41
HCVC	0,03	0,7	0,5	0,02	0,03	0	0,41
HCAL	0,01	0,5	0,5	0,02	0,02	0	0

Tabela 8. Análise química do solo, evidenciando pH, soma das bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), valor de saturação por alumínio (m%).

Espécie (local)	pH	S cmolc/dm ³	CTC cmolc/dm ³	V %	m %
HTVC	6,7	2,6	3,4	76	0
HTAL	6,1	1,6	2	79	0
HCVC	6,1	1,3	1,7	75	0
HCAL	6,1	—	—	—	—

Tabela 9. Análise física de solos coletados para *Herissantia tiubae* e para *Herissantia crispa*.

	Densidade (g/cm ³)		Composição granulométrica				Classe textural	Umidade (%)			Água disponível	
	Dap	Dr	Areia grossa	Areia fina	Silite	Argila		Residual	0,33ATa	15 Ata	(%)	Falta colocar
HCVC	1,55	2,59	61	31	2	6	Areia	1,50	3,23	1,49	1,74	0,27
HTVC	1,50	2,59	53	39	2	6	Areia	1,50	4,38	2,09	2,29	0,34
HTAL	1,52	2,59	54	38	2	6	Areia	1,60	2,98	1,40	1,58	0,24
HCAL	1,56	2,63	58	35	1	6	Areia	1,55	2,81	1,21	1,6	0,25

Influência das condições ambientais (luminosidade, umidade e temperatura) sobre as características anatômicas de Herissantia tiubae e Herissantia crispa

Na PCA que relaciona os parâmetros ambientais das duas áreas de Caatinga e as duas espécies, os dois primeiros eixos explicaram 99% da variação total dos dados ambientais. O eixo 1 (74%) foi correlacionado positivamente com a temperatura ($r=0,39$) e luminosidade ($r=0,91$) e negativamente com umidade ($r=-0,08$). Já o eixo 2 (24%) foi correlacionado positivamente com luminosidade ($r=0,30$) e umidade ($r=0,77$) e negativamente com a temperatura ($r=-0,55$) (Figura 12).

De acordo com esses dados houve a formação de dois grupos. O grupo I inclui amostras de *Herissantia tiubae* coletadas em Piranhas-Alagoas (HTAL) e *Herissantia crispa* coletadas em Piranhas-AL e no Vale do Catimbau (HCAL e HCVC), indicando uma maior similaridade entre essas áreas, principalmente por maiores valores de umidade, luminosidade e temperatura. De maneira contrária, o grupo II foi formado pelas amostras de *H. tiubae* coletadas no Vale do Catimbau, sendo estas caracterizadas por menores valores de umidade, luminosidade e temperatura (Figura 12).

Não foram usados os dados de altitude, pois como as altitudes eram muito discrepantes a PCA tornou-se tendenciosa.

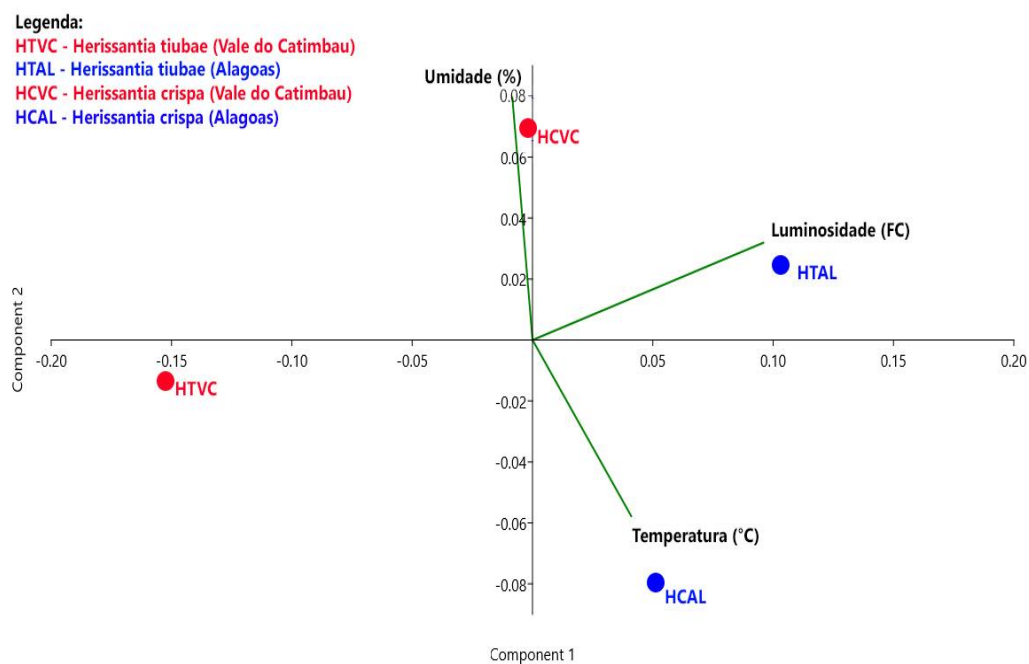


Figura 12. Análise de componentes principais (PCA), mostrando a variação espacial e temporal os dados ambientais (umidade, luminosidade e temperatura) relacionados com as espécies coletadas.

Na PCA que relaciona os estados dos caracteres anatômicos foliares e as espécies dos dois locais, os dois primeiros eixos explicaram 85% da variação total dos caracteres anatômicos. O eixo 1 (47,6%) foi correlacionado positivamente com cutícula adaxial ($r=0,06$) e abaxial ($r= 0,40$), epiderme adaxial ($r=0,19$), parênquima paliçádico ($r=0,37$), parênquima lacunoso ($r=0,29$), mesofilo ($r=0,51$), idioblastos da região da nervura central ($r=0,18$), comprimento dos feixes vasculares ($r=0,03$) e negativamente com epiderme abaxial ($r=-0,003$) e tamanho dos tricomas glandulares globosos ($r=-0,42$). Já o eixo 2 (37,7%) foi correlacionado positivamente com cutícula adaxial ($r=0,41$), cutícula abaxial ($r=0,64$), epiderme abaxial ($r=0,26$), parênquima paliçádico ($r=0,18$), tricoma glandular globoso ($r=0,22$) e negativamente com epiderme adaxial ($r=-0,20$), mesofilo ($r=-0,11$), parênquima lacunoso ($r=-0,43$), comprimento dos feixes vasculares ($r=-0,07$), idioblastos da região da nervura central ($r=-0,08$) (Figura 13).

De acordo com esses dados houve a formação de dois grupos. O grupo I inclui apenas *H. crispa* do Vale do Catimbau-PE. Indicando que nenhum dos caracteres anatômicos possuía valores semelhantes que pudessem agrupá-la com as demais espécies, além disso, essa variação pode estar relacionada com maiores valores de umidade. Já o grupo II foi formado pelas espécies *H. tiubae* de Alagoas (HTAL), *H. tiubae* do Vale do Catimbau-PE (HTVC) e

H. crisa de Alagoas (HCAL), sendo essas espécies caracterizadas por maiores valores de cutícula (adaxial e abaxial), epiderme (adaxial e abaxial), parênquima paliçádico e lacunoso, mesofilo, comprimento dos feixes vasculares e idioblastos (Figura 13).

Com a análise de cluster, foi observado que estas espécies dentro do grupo II formaram subgrupos (Figura 14). O subgrupo I foi formado apenas por HTAL, indicando uma maior similaridade por maiores valores de epiderme adaxial, parênquima lacunoso, mesofilo, comprimento dos feixes vasculares e idioblastos, e isso pode estar relacionado a maiores valores de luminosidade. O subgrupo II agrupou HTVC e HCAL com maiores valores de cutícula (adaxial e abaxial), epiderme abaxial e parênquima paliçádico. Sendo que os estados dos caracteres para HTVC podem ter sido influenciados por menores valores de umidade, luminosidade, temperatura ou outro parâmetro que não foi analisado neste trabalho. Já para HCAL, os estados dos caracteres anatômicos podem estar relacionados com maiores valores de temperatura (Figura 12 e Figura 14).

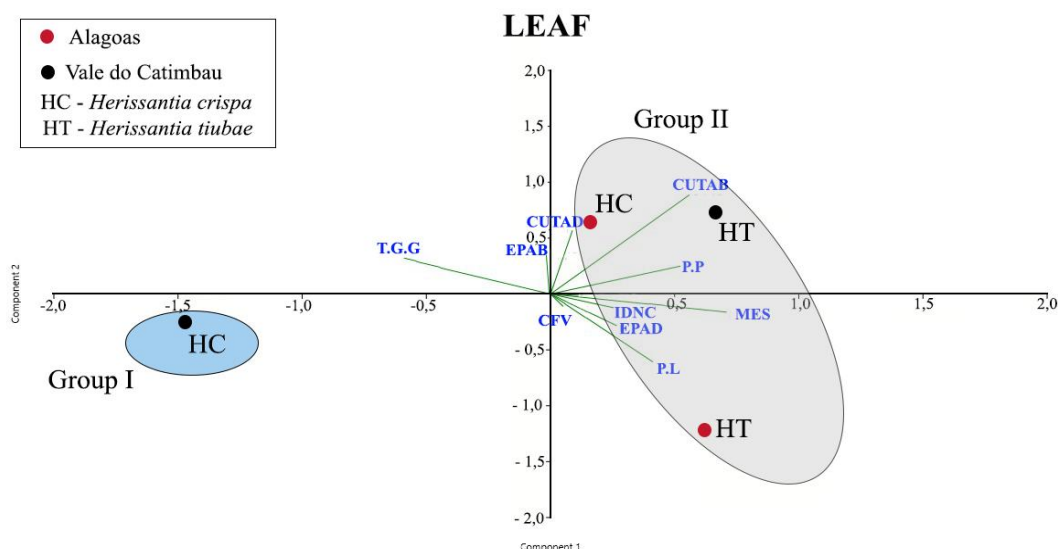


Figura 13. Análise de componentes principais (PCA), mostrando a variação espacial e temporal dos estados dos caracteres anatômicos de folha relacionados com as espécies *Herissantia tiubae* e *H. crisa* coletadas em Alagoas e no Vale do Catimbau-PE.

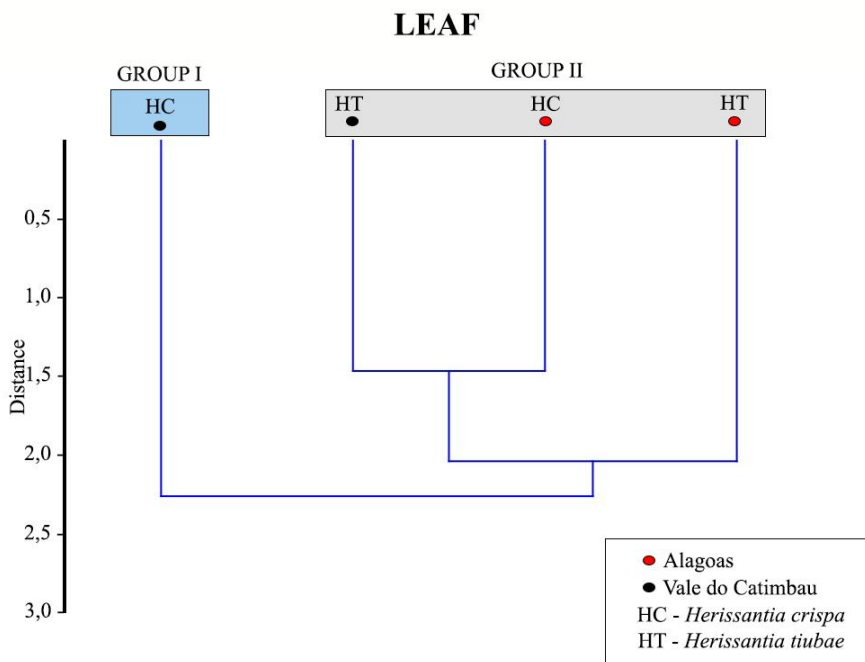


Figura 14. Análise de Cluster baseada na similaridade dos caracteres anatômicos de folha por distância euclidiana para *Herissantia tiubae* e *H. crispa* coletadas em Alagoas e no Vale do Catimbau-PE.

Na PCA que relaciona os estados dos caracteres anatômicos caulinares e as espécies dos dois locais, os dois primeiros eixos explicaram 80,7% da variação total dos dados. O eixo 1 (50,9%) foi correlacionado positivamente com maiores espessuras de cutícula ($r=0.26$), epiderme ($r=0.66$), tamanho dos tricomas glandulares globosos ($r=0.39$) e área das cavidades ($r=0.13$) e negativamente com o comprimento dos feixes vasculares ($r=-0.04$) e idioblastos medulares ($r=-0.55$). Já o eixo 2 foi correlacionado positivamente com cutícula ($r=0.67$), epiderme ($r=0.02$), tamanho dos tricomas glandulares globosos ($r=0.39$), idioblastos medulares ($r=0.62$) e negativamente com o comprimento dos feixes vasculares ($r=-0.02$) e área das cavidades ($r=-0.04$) (Figura 15).

De acordo com esses dados houve a formação de dois grupos, diferentemente do que foi observado para folha, as espécies se agruparam de acordo com o local de coleta. O grupo I inclui *H. crispa* de Alagoas (HCAL) e *H. tiubae* de Alagoas (HTAL), indicando que espécies possuíam maiores idioblastos medulares e maiores comprimentos dos feixes vasculares. Para HTAL, isso pode estar relacionado a maiores valores de luminosidade e para HCAL a maiores valores de temperaturas (Figura 12 e Figura 15).

O grupo II foi formado por *H. crispa* e *H. tiubae*, ambas do Vale do Catimbau-PE (HCVC e HTVC), sendo essas espécies caracterizadas por maiores valores de espessura de cutícula, espessura da epiderme, presença de tricoma glandular globoso e área de cavidades. Para HCVC esse agrupamento pode estar relacionado a maiores valores de umidade, no entanto, para caules de HTVC não foi possível identificar um parâmetro ambiental que teve influência sobre esses caracteres anatômicos (Figura 12 e Figura 15).

A análise de cluster para o caule mostrou a formação desses dois grupos distintos de forma mais clara. No entanto, com essa análise ainda foi possível determinar que HCVC possuía estados de caracteres bem semelhantes ao grupo I (Figura 16).

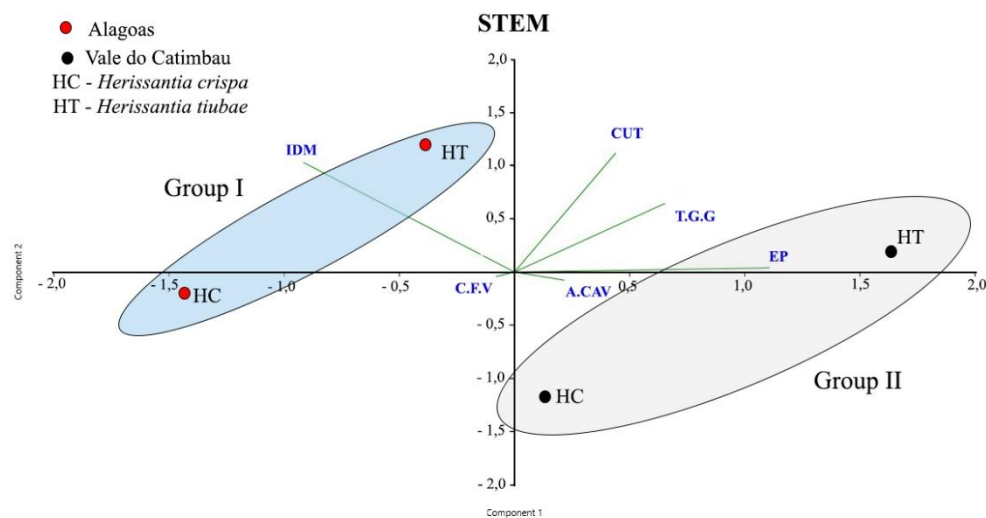


Figura 15. Análise de componentes principais (PCA), mostrando a variação espacial e temporal dos estados dos caracteres anatômicos de caule relacionados com as espécies *Herissantia tiubae* e *H. crispa* coletadas em Alagoas e no Vale do Catimbau-PE.

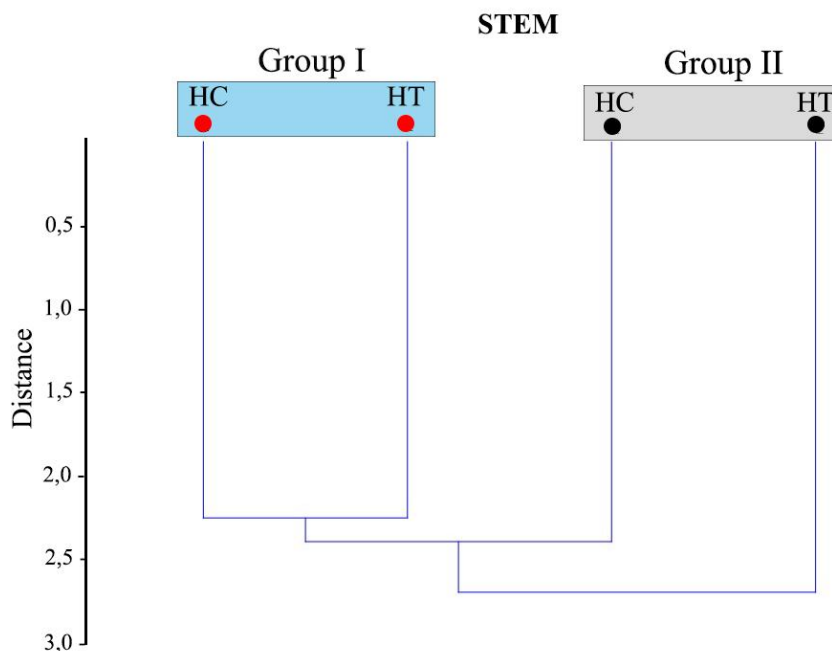


Figura 16. Análise de Cluster baseada na similaridade dos caracteres anatômicos de caule por distância euclidiana para *Herissantia tiubae* e *H. crisper* coletadas em Alagoas e no Vale do Catimbau-PE.

Discussão

Influência de diferentes condições climáticas sobre as características morfoanatômicas de folha e caule de Herissantia tiubae e Herissantia crisper

Cutícula espessa é comum em espécies submetidas a altas taxas de luminosidade e temperatura (Fahn e Cutler 1992; Rôçaset *et al.* 2001; Pireda *et al.* 2019). No entanto, apesar de *H. tiubae* e *H. crisper* no Vale do Catimbau-Pernambuco estarem sob condições de luminosidade mais baixas foram observadas cutículas foliares mais espessas, além de uma densidade maior de tricomas nessas espécies do que em Alagoas com taxas de luminosidades mais altas,

Cutículas mais espessas podem evitar a perda de água excessiva, principalmente porque nas folhas além da transpiração via estômatos pode ocorrer também transpiração cuticular. Essa transpiração é controlada pela deposição de ceras epicuticulares que contém cutina e reduzem a permeabilidade da água (Schönherr 1982; Oliveira *et al.* 2003; Xiao *et al.* 2017; Pireda *et al.* 2019). Então, plantas submetidas a estresse hídrico e altas incidências luminosas, como é o caso da Caatinga, geralmente tem uma maior deposição de cera, que são fundamentais para fotoproteção, podendo ser este o papel da cutícula nessas duas espécies.

Além disso, *H. tiubae* e *H. crispa* são herbáceas e estão sobre substrato arenoso. Solos arenosos tendem a ter maior capacidade de refletirem luz do que solos argilosos (Sousa Junior *et al.* 2008; Bellinaso *et al.* 2010), por conterem uma grande fração de quartzo, um mineral com elevado coeficiente de reflexão e ausência de bandas de absorção (Vicente e Souza Filho 2011). Dessa forma, é possível que essa luz refletida do solo para a planta explique a presença de cutículas mais espessas como forma de proteção no Vale do Catimbau. Em folhas de *H. tiubae* em Alagoas, a epiderme abaxial e o mesofilo eram mais espessos, sendo essas características anatômicas bem descritas para plantas que vivem em ambientes áridos (Fahn e Cutler 1992; Rôças *et al.* 1997; Zhuang *et al.* 2011; Nogueira *et al.* 2018), o que pode estar relacionada a maiores valores de luminosidades medidos no local de coleta.

A camada de epiderme nessas plantas funciona como um tampão, contribuindo para a refletância e absorção foliar (Tosenset *et al.* 2011). Folhas com epidermes mais espessas tendem a aumentar a absorção de radiação infravermelha diminuindo a incidência que chega ao mesofilo, diminuindo assim, os danos causados pela radiação (Fahmy 1997; Tosenset *et al.* 2011). Na Caatinga, isso é particularmente importante para que não haja a fotoinibição, sendo assim, mesofilos mais espessos conseguem manter altas taxas fotossintéticas mesmo sob altas incidências de luz (Rôça *et al.* 1997; Terashima *et al.* 2011; Calzavara *et al.* 2017). Com aumento do mesofilo as plantas têm uma maior quantidade de Rubisco (ribulose-1,5-bifosfato carboxilaseoxigenase) e ATP do que folhas de sombra para suprir a demanda energética, manter a fotossíntese e o metabolismo das plantas (Terashima *et al.* 2011; Jiang *et al.* 2011; Niinemets 2016).

Um parênquima lacunoso mais compacto está relacionado ao déficit hídrico, que durante o crescimento da planta ocasiona a redução do tamanho das células e paredes celulares mais espessas, devido, sobretudo, ao acúmulo de produtos da fotossíntese (Levitt 1980; Tenhaken 2015). *H. tiubae* e *H. crispa* em Alagoas foram coletadas em solos com menos disponibilidade hídrica, porém apenas *H. tiubae* teve o parênquima lacunoso mais espesso. Isso pode indicar adaptações fisiológicas e anatômicas diferentes entre as duas espécies, principalmente no que diz respeito à absorção de água pelas raízes. Porém, ainda é necessário compreender como essas espécies respondem ao déficit hídrico, identificando se existem mecanismos de tolerância à seca através de análises em distintas estações, por exemplo.

A densidade dos diferentes tipos de tricomas (tectores e glandulares) variou de acordo com o local, face foliar ou tipo de tricoma. Sendo a densidade de tricomas tectores estrelados

e tricomas glandulares multicelulares pedunculados (na face adaxial foliar) maiores no Vale do Catimbau, enquanto a densidade dos tricomas glandulares globosos foi maior em Alagoas.

Os tricomas tectores atuam principalmente na fotoproteção e promovem a regulação da temperatura da folha (Menezes *et al.* 2006; Kim *et al.* 2012; Xiao *et al.* 2017; Palhares Neto *et al.* 2018), criando um microclima úmido em volta da folha (Thitz *et al.* 2017), favorecem a assimilação de gás carbônico, sem danos para fotossíntese, em ambientes secos como o da Caatinga (Larcher 2000). Além desse papel, os tricomas tectores atuam na defesa contra herbivoria e diversos patógenos (Agati *et al.* 2013; Xiao *et al.* 2017). Sendo assim, as características dos tricomas podem indicar uma maior proteção, adaptações fisiológicas e ecológicas dessas plantas (Bickford 2016). Já os tricomas glandulares oferecem proteção química e atraem animais polinizadores (Xiao *et al.* 2017; Talebi *et al.* 2018). A função defensiva de tricomas glandulares e de seus compostos químicos são dependentes da espécie, associação de herbívoros ou condições climáticas (Abdala *et al.* 2019). Em *Gossypium hirsutum* L. que também pertence a Malvaceae, como *H. tiubae* e *H. crispa*, uma alta densidade do tricoma tector do tipo agulha é a principal responsável pela defesa contra herbivoria (Abdala-Roberts *et al.* 2016; Abdala-Roberts *et al.* 2019), assim os tricomas estrelados em *H. tiubae* no Vale do Catimbau podem desempenhar a mesma função.

Além disso, valores altos de umidades diminuem a densidade de tricomas glandulares (Lihavainen 2016; Oksanen *et al.* 2018) muitas vezes podendo essa característica estar associada com as menores densidades de tricomas glandulares multicelulares pedunculados em *H. tiubae* em Alagoas. Já uma maior densidade de tricomas glandulares globosos em Alagoas pode estar relacionada a maiores valores de temperaturas mensuradas nesse local, como também foi observado para *G. hirsutum*. No entanto, nessa espécie de algodão temperaturas acima de 35°C resultaram em um estresse térmico nos insetos diminuindo as taxas de herbivoria (Abdala-Roberts *et al.* 2019), podendo ser necessário avaliar estudos de interação nas espécies aqui estudadas para avaliar se o mesmo acontece neste caso.

Apesar das folhas estarem intactas, no Vale do Catimbau foi observada a presença de herbívoros (caprinos) no local de coleta, então um maior número de tricomas estrelados pode contribuir com a proteção mecânica nas folhas dessa espécie (Abdala-Roberts *et al.* 2019). Além disso, maiores densidades de tricomas glandulares multicelulares pedunculados podem estar produzindo secreções químicas com a mesma finalidade de proteção, contradizendo o que foi encontrado pelo mesmo autor.

Desse modo, de acordo com a hipótese de disponibilidade de recursos, quanto menos recursos disponíveis, mais as plantas investem em estruturas de defesa (Coley *et al.* 1985), muitas vezes podendo este aspecto ajudar a entender a densidade de tricomas nessa espécie nas diferentes áreas da Caatinga onde as plantas foram coletadas.

O tamanho dos tricomas glandulares nas duas espécies variou dependendo do órgão e do local na qual foram analisados. Assim como observado em *Betula pendula* Roth (Betulaceae), o tamanho dos tricomas pode auxiliar na quantificação de carbono alocado como investimento na proteção foliar, sendo estes relacionados aos recursos disponíveis para as espécies vegetais. Logo, quanto mais recursos, mais investimento na produção de tricomas (Thitz *et al.* 2017). É possível que ao longo da evolução, tricomas com pedicelos maiores permitiram maior sobrevivência que as de pedicelo mais curto, uma vez que vários arranjos e tamanhos de tricomas agem para proteger a folha contra a herbivoria, até mesmo de pequenos insetos como visto em *Begonia dregei* Otto et Dietr (BEGONIACEAE)(McLellan 2005), o que poderia explicar essa diferença de tamanho em tricomas de folha e caule de *H. tiubae* e *H. crispa*.

Além disso, em um grande número de táxons existe uma variabilidade no tamanho, no número de células, mas também na forma dos tricomas tectores e glandulares, sendo essa variação de grande importância taxonômica (Ascensão *et al.* 1999; Kaya *et al.* 2007; Ventrella e Marinho 2008; Fróes *et al.* 2015; Gavrilović *et al.* 2018). Contudo, ainda são necessários mais estudos ontogenéticos, estruturais, evolutivos e genéticos que expliquem essa variação de tricomas nessas duas espécies.

O xilema secundário produzido em períodos de escassez hídrica, geralmente, possui células menores e com diâmetros reduzidos para aumentar a eficiência na condução de água, evitar a cavitação (entrada de ar nos vasos) e embolia como foi observado em *Lippia grata* Schauer (Verbenaceae) (Palhares Neto *et al.* 2019), *Styrax ferrugineus* Nees & Mart (Styracaceae) (Silva *et al.* 2017) e *Cistus* L (Cistaceae)(Torres-Ruiz *et al.* 2017) submetidas à falta de água. Apesar disso, os feixes vasculares da nervura central da folha e do caule de *H. tiubae* e *H. crispa* eram maiores em Alagoas, cujo solo tinha menores quantidades de água disponível, o oposto da literatura. Logo, essas espécies possuem diferentes respostas anatômicas dependendo do ambiente, ou seja, um maior ou menor investimento nos feixes vasculares parece ser uma resposta plástica e vantajosa que permite a sobrevivência em áreas diferentes da Caatinga.

Idioblastos contendo cristais eram maiores em folhas e caules de *H. tiubae* e *H. crispa* coletados em Alagoas. Segundo Metcalfe e Chalk (1983) o tamanho dos cristais varia de acordo com a quantidade de cálcio do solo, mas também de acordo com o período do ano, ou seja, quanto mais cálcio, maiores seriam os cristais. No entanto, nossos resultados foram opostos, pois a quantidade de cálcio no solo era maior no Vale do Catimbau. Sendo assim, maiores idioblastos (contendo cristais) em plantas provenientes de Alagoas estariam relacionados a altas temperaturas, altas luminosidades ou herbivoria. Uma vez que, esses idioblastos possuem a função de fornecimento ou bloqueio de cálcio, podem atuar como abrasivos na boca de herbívoros reduzindo a digestibilidade dessas folhas, fotoproteção e controle de temperatura (Webb 1999; Franceschi e Nakata 2005; Cote 2009; Nakata 2012; Zhang *et al.* 2014; Horner *et al.* 2017).

Cavidades do caule de *H. tiubae* eram maiores no Vale do Catimbau, assim como as cavidades de ar (aerênquimas) em *H. crispa*. Cavidades contendo mucilagem são comuns para as Malvaceae sl. (Metcalfe e Chalk 1950; Lattaret *al.* 2018) e essas mucilagens são fundamentais no ambiente de Caatinga, uma vez que são responsáveis pela retenção de água no corpo da planta, proteção dos meristemas, fotoproteção e redução da transpiração (Fahn e Cutler, 1992; Albuquerque *et al.* 2016). Então cavidades com maiores diâmetros em *H. tiubae* no Vale do Catimbau podem indicar uma adaptação que varia de acordo com as condições ambientais permitindo a sobrevivência nesses ambientes secos, ou seja, de uma maior produção de secreção que auxiliem a manutenção hídrica nessa espécie. Um indicativo também desses ajustes adaptativos é a formação de cavidades de ar (aerênquimas) em caules de *H. crispa*. Pois a formação de aerênquima ocorre de acordo com as respostas fisiológicas e/ou adaptativas de acordo com o ambiente, principalmente devido ao estresse abiótico, como a baixa concentração de oxigênio e de dióxido de carbono no solo (hipóxia), altas temperaturas, estresse hídrico e deficiência nutricional (Rascio 2002; Evans 2003; Gao *et al.* 2020).

Influência de diferentes condições climáticas na produção de compostos químicos em Herissantia tiubae e Herissantia crispa

Os tipos de compostos químicos detectados foram semelhantes entre os locais para folha e caule em *H. tiubae* e *H. crispa*, porém a intensidade e posição intracelular dos compostos variaram nas estruturas secretoras dessas espécies, principalmente em seus tricomas glandulares.

Os quatro tipos de tricomas glandulares presentes em *H. tiubae* e *H. crispa* apresentaram compostos químicos em comum: lipídios, polissacarídeos neutros, mucilagem e proteínas. Nas estruturas secretoras internas, cavidades e idioblastos, foram detectados a presença de mucilagem e cristais em *H. tiubae* e apenas idioblastos cristalíferos em *H. crispa*. Além desses compostos, em *H. tiubae* foi possível identificar, amido, alcalóides, óleos essenciais (folhas). E em *H. crispa*, também foram identificados óleos essenciais, porém apenas em folhas provenientes de Alagoas.

A caracterização histoquímica, juntamente com a descrição anatômica das estruturas secretoras nas espécies vegetais é uma ferramenta útil na identificação e na determinação dos locais de síntese e de acúmulo de produtos biologicamente ativos (Palermo *et al.* 2017;).

Lipídios foram detectados pelo Sudan IV na cutícula de folha e caule, além de reagirem na célula do pescoço dos tricomas glandulares das duas espécies para ambos os locais. A cutícula é formada por cutina e cera, polímeros lipofílicos depositados sobre as células epidérmicas, responsáveis por evitar a perda de água dos tecidos foliares internos para o ambiente (Riederer e Schreiber 2001; Burghardt e Riederer 2006; Larcher 2006). A presença da cutícula em folhas e caules de *H. tiubae* e *H. crispa*, pode desempenhar um papel fundamental para a sobrevivência no clima semi-árido da Caatinga, protegendo essas espécies contra a dessecação e contra altas intensidades luminosas (Krausset *al.* 1997; Evert 2006).

A reação do PAS revelou a presença de celulose e hemicelulose nas paredes celulares, além de polissacarídeos nas células dos tricomas e cavidades. Os polissacarídeos nas plantas são compostos de armazenamento de açúcar, altamente hidrofílicos responsáveis pela formação da parede celular, além de que, devido a essa propriedade as células conseguem manter um alto potencial hídrico evitando danos causados pela falta de água (Sawidis 1998; Silva *et al.* 2019). Sendo assim, os polissacarídeos detectados nas duas espécies podem auxiliar a sobrevivência e desenvolvimento em climas áridos como do da Caatinga.

Nas duas espécies, o Vermelho de Rutênio detectou mucilagem. Esse composto catiônico reage com substâncias ácidas, detectando principalmente mucilagem, mas também detectam pectina (Figueiredo *et al.* 2007). Essas mucilagens são formadas por polímeros de polissacarídeos ácidos ou neutros, formando uma molécula complexa altamente hidrofílica e de alto peso molecular, o que se torna evidente ao serem dissolvidas em água (Mastroberti e Mariath 2008; Chen *et al.* 2017). Esse composto é uma importante reserva de carboidratos para as células vegetais, além de atuarem na proteção de estruturas e órgãos, principalmente

os meristemas apicais, manutenção do equilíbrio iônico das células, interação entre planta-patógeno-hospedeiro, redução de transpiração e proteção contra os danos dos raios solares (Morton 1990; Albuquerque *et al.* 2016; Vignesh e Nair 2018). Logo, esse composto pode ser fundamental para *H. tiubae* e *H. crispa* submetidas a altas luminosidades e temperaturas do clima semi-árido nordestino.

Além de serem detectadas nos tricomas glandulares e cavidades, essa substância também foi encontrada em idioblastos, nos quais essas substâncias permanecem dentro de um grande vacúolo central dentro da célula. Além de mucilagem os idioblastos podem conter cristais, porém primeiro ocorre à formação dos cristais e depois a produção de mucilagem (Evert 2006; Evert e Esau 2013). No caso de *H. tiubae* e *H. crispa*, os idioblastos ou eram de mucilagem ou continham cristais, os dois não ocorriam simultaneamente. Além do seu papel ecológico, as mucilagens possuem benefícios diretos para os seres humanos. Algumas plantas contendo mucilagem possuem propriedades medicinais já descritas, como ação curativa em queimaduras e feridas, proteção contra úlceras gástricas, inflamações e irritações externas e internas, diarreia (Morton 1990). As mucilagens também foram encontradas em outras espécies de Malvaceae, como por exemplo, *Aloe vera* L., *Abelmoschus esculentus* L. Moench, *Althaea officinalis* L. e *Hibiscus rosa-sinensis* L. (Prajapati 2014; Pham 2016; Vignesh e Nair 2018), sendo o nosso trabalho o primeiro a relatar essa substância em cavidades e idioblastos para *Herissantia tiubae* e *Herissantia crispa* em duas áreas de Caatinga.

Os idioblastos contendo cristais (drusas) observados nas duas espécies são comuns em plantas expostas a ambientes semiáridos, principalmente em plantas da Caatinga que são expostas a altas incidências luminosas (Horner *et al.* 2017). Esses cristais atuam principalmente na defesa contra herbivoria (Franceschi e Nakata 2005), além de refletirem os raios solares minimizando a perda excessiva de água pela transpiração (Horner *et al.* 2017). Além disso, o padrão de distribuição desses cristais próximos das nervuras e feixes vasculares é comum em diversas espécies, principalmente aquelas expostas a um déficit hídrico, sendo uma característica marcante de plantas xerófitas (Franceschi e Nakata 2005).

Já o amido está presente em diferentes espécies vegetais nos mais diversos órgãos e ambientes (Kuster *et al.* 2018). Detectado com o Lugol, o amido é um homopolissacarídeo ramificado formado por subunidades de glicose que é predominantemente um carboidrato de armazenamento nas plantas, sendo encontrados nos plastídeos de tecidos fotossintetizantes ou não (Bahaji *et al.* 2014; Bahaji *et al.* 2015). Nos cloroplastos das folhas, durante a fase clara

da fotossíntese ocorre o fornecimento de ATP e carbono para a síntese de amido, mas em tecidos não fotossintetizantes ele é formado nos amiloplastos (Stitt e Quick 1989; Rao e Terry 1995; Bahaji *et al.* 2014), como é o caso do amido encontrado na região medular do caule de *H. crispa*. Essa molécula complexa nos caules e nas raízes atua principalmente como fonte de reserva para o crescimento vegetal, além de que ao ser hidrolisado em carboidratos mais simples auxiliam a manutenção da pressão de turgor e agem na osmorregulação, ou seja, o acúmulo de amido pode propiciar a manutenção hídrica das células no ambiente para suportarem um possível estresse hídrico (Kuster *et al.* 2018). Assim em períodos de seca, essa manutenção evita a perda de água para o solo (Morgan 1984; Kuster *et al.* 2018). Então o amido encontrado nas duas espécies e principalmente na região da medula caular de *H. crispa* podem atuar como uma fonte de reserva, usadas quando os recursos na Caatinga estiverem escassos, principalmente na época de seca.

Diferentes grupos de metabólitos secundários podem ocorrer nas plantas, principalmente terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (Olivoto *et al.* 2017). Dentro dos terpenos temos os monoterpenos, sesquiterpenos e os diterpenos que variam de acordo com a quantidade de carbonos. Os óleos essenciais detectados nas duas espécies pelo reagente de Nadi são formados por monoterpenoides de até 10 carbonos (Taiz e Zeiger, 2010), sua produção está relacionada à presença de estruturas secretoras, como os idioblastos e tricomas secretores (Tozin *et al.* 2015; Jacinto 2018). Geralmente esses monoterpenos (óleos essenciais) estão relacionados a mecanismos de defesa, contra herbivoria ou patógenos e também a diferentes tipos de estresses abióticos, principalmente o estresse hídrico (Bohnert *et al.* 1995; Taiz *et al.* 2017). Além de serem os responsáveis pelo odor característico de muitas plantas aromáticas como, por exemplo, o limão (*Citrus limon* L.), hortelã (*Mentha spicata* L.), manjerição (*Ocimum basilicum* L.), esses óleos ao serem extraídos possuem grande valor na indústria cosmética, farmacêutica e alimentícia (Jacinto *et al.* 2018).

Os alcalóides, outra classe de metabólitos secundários encontrados em folhas de *H. tiubae*, são compostos nitrogenados caracterizados pela presença de um átomo de nitrogênio em um anel heterocíclico (Olivoto *et al.* 2017). A maioria desses compostos, se ingeridos, são tóxicos para o homem, porém, existem muitos alcalóides com aplicações medicinais de interesse econômico (Julsing *et al.* 2006) como é o caso da cafeína, nicotina e a cocaína (Facchini *et al.* 2004; Nowake Selmar 2016; Olivoto *et al.* 2017). Esses alcalóides podem desempenhar ainda papéis fundamentais na interação entre planta-ambiente, principalmente

na defesa contra herbivoria, tornando as plantas impalatáveis (Robison 1974; Nowake Selmar 2016). Então na Caatinga, a presença desses compostos seria mais uma adaptação e forma de defesa nessas duas espécies que já estão submetidas a vários fatores que podem ser estressantes.

Como foi observado, as plantas secretam muitos metabólitos secundários com funções de defesa contra patógenos e microorganismos (Olivoto *et al.* 2017), exceto as proteínas que geralmente não são consideradas uma classe de compostos essa finalidade (Shepherd *et al.* 2005). Ainda sim, existem relatos de proteínas em tricomas e hidatódios, mas, geralmente, essas proteínas não são secretadas na superfície foliar, elas apenas são armazenadas (Wagner *et al.* 2004). Apesar disso, estes mesmos autores sugeriram o um novo sistema de defesa em plantas, através de proteínas chamadas T-filoplaninas secretadas por tricomas glandulares na superfície foliar contra o estabelecimento de patógenos em *Nicotiana tabacum* L. Em *H. tiubae* e *H. crispa*, as proteínas formavam grânulos que se concentravam principalmente na região central em algumas células nos tricomas e também em algumas estruturas da folha e do caule, podendo indicar que essas proteínas poderiam ser armazenadas e utilizadas nos processos de manutenção celular, ou ainda que, poderiam ser secretadas como forma de defesa por tricomas glandulares. Apenas com o teste histoquímico, ainda não foi possível elucidar o papel ecológico exato dessas proteínas que reagiram com o Xylidine Ponceau.

Como os solos arenosos podem interferir na disponibilidade hídrica e de nutrientes para Herissantia tiubae e Herissantia crispa

Solos coletados próximos a *Herissantia tiubae* no Vale do Catimbau (HTVC) possuíam as maiores concentrações de nutrientes (fósforo, cálcio, magnésio, sódio, potássio e hidrogênio). Sendo a análise química do solo fundamental, uma vez que é possível determinar se o solo conseguirá fornecer os nutrientes para que os processos metabólicos nas plantas possam ocorrer de forma adequada (Villar 2007).

As características do solo determinam como ocorre o movimento da água no ecossistema do solo, a disponibilidade de matéria, as melhores condições para a microbiota e o sequestro de carbono, além de influenciarem a disponibilidade de nutrientes (Amoakwah *et al.* 2017).

As raízes das plantas absorvem os nutrientes por meio de um processo chamado transferência que é influenciado pela umidade, aeração, matéria orgânica e pH do solo (Villar

2007). Sendo absorvidos em maior proporção os macronutrientes do solo (N, P, K, Ca, Mg e S) dos que os micronutrientes (B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn) (Ronquim 2010).

A análise de pH é uma análise química que indica a quantidade de íons hidrogênio que existe no solo (Villar 2007), sendo os solos coletados em Piranhas-Alagoas e Buíque- PE (Vale do Catimbau) considerados ácidos. De acordo com a classificação de Sousa e Lobato (2004), os solos para HTVC possuem um pH classificado como muito alto, já para HTAL, HCVC e HCAL o pH do solos podem ser considerados adequados. O pH do solo é um dos fatores mais influentes sobre a disponibilidade de nutrientes, sendo que a disponibilidade máxima, ou seja, maior absorção, ocorre quando o solo encontra-se com o pH entre 6,0 a 6,5 (Villar 2007), como é o caso dos solos analisados para HTAL, HCVC e HCAL.

Os solos coletados em ambos os locais não possuíam alumínio. Sendo que, a presença deste elemento é diretamente relacionada a valores baixos de pH (valores de $\text{pH} \leq 5,5$) (Gupta *et al.* 2013). Apesar de serem considerados solos ácidos, para *H. tiubae* de Alagoas (HTAL), *Herissantia crispa* do Vale do Catimbau (HCVC) e *H. crispa* de Alagoas (HCAL) os solos estão na faixa de pH considerada adequada, e mesmo para o solo de HTVC (pH 6,7) este elemento não foi detectado. A ausência desse elemento é muito importante para plantas da Caatinga, uma vez que o alumínio é tóxico (Al^{3+}) e prejudica o crescimento e desenvolvimento da maioria das plantas, principalmente pelo encurtamento das raízes, o que diminui a absorção de nutrientes e de água (Gupta *et al.* 2013).

Em relação à soma das bases (S), foi observado o maior valor em HTVC, este parâmetro indica a soma dos valores individuais de cálcio, magnésio e potássio, no complexo de troca de cátions no solo (Villar 2007; Ronquim 2010), então esse maior valor observado pode indicar que esse solo não necessita de calagem. Essa técnica é adequada para corrigir a acidez, elevar o pH, reduzir a toxicidade por alumínio, além de aumentar os teores de cálcio e magnésio dos solos utilizando o Método de Saturação por Bases e valor adequados de S (Guaçoni e Sobreira 2017).

O maior valor de capacidade de troca de cátions (CTC) foi encontrado no solo de HTVC, sendo que quanto maior for o valor de CTC maior é o número de cátions que estarão disponíveis para absorção das raízes (Villar 2007; Ronquim 2010), ou seja, no Vale do Catimbau para *H. tiubae* há uma maior disponibilidade de cátions essenciais do que em *H. crispa*. Solos com maiores quantidades de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} e K^{+} são consideração bons

para nutrição das plantas, logo HTVC poderia ser considerada a mais nutrida do que as demais.

De acordo com Ronquim (2010), a saturação de bases (V%) indica as condições gerais de fertilidade do solo, então de acordo com a sua classificação, foi possível definir que os solos analisados para as espécies *H. tiubae* e *H. crista* são férteis, ou também denominados como solos eutróficos por possuírem $V\% \geq 50\%$. Solos com pH entre 6,0 e 6,5 e com V% com valores entre 50 e 80% apresentam uma produtividade alta, isso é importante para o desenvolvimento da maioria das culturas.

Foram observados valores muito similares de densidade independente do local para as duas espécies. Sendo que a densidade é um fator determinante na relação de aeração do solo, permeabilidade da água, suporte estrutural e movimento da água e dos gases no solo (Amoakwah *et al.* 2017), então, seria possível que esses processos sejam semelhantes nos diferentes tipos de solo coletados. Fatores como água, oxigênio, temperatura e resistência mecânica afetam diretamente o crescimento das plantas, já as propriedades físicas como densidade aparente, textura, agregação, estabilidade do agregado e a distribuição do tamanho dos poros do solo afetam indiretamente (Letey 1985).

Sendo a água um fator indispensável ao crescimento das plantas, a qualidade do solo para o crescimento das plantas depende da sua capacidade de retenção de água (Letey 1985; Schoenholtz *et al.* 2000; O'geen 2013; Klein e Klein 2015). Isso é dependente do potencial hídrico, ou seja, da energia necessária para que água penetre do solo até as raízes das plantas (Hillel 1982; O'geen 2013). Sendo que, a distribuição e armazenamento dessa água dependem também da textura e dos tamanhos dos espaços entre os poros do solo (Letey 1985; O'geen 2013; Klein e Klein 2015).

Solos arenosos, como os encontrados para as duas áreas, têm maior porosidade e alta permeabilidade, ou seja, retém pouca água (O'geen 2013; Usowicz e Lipiec 2017). Com isso as plantas que sobrevivem nesses solos sem irrigação são mais resistentes a seca, pois sempre a umidade estará baixa, já que esse tipo de solo induz déficit de água durante a estação de crescimento (Usowicz e Lipiec 2017).

A umidade do solo também influencia a aquisição de composto como nitrogênio, boro e enxofre pelo processo chamado de mineralização, onde esses elementos são transportados do solo para raízes com auxílio da água (Villar 2007). Sendo assim, as texturas dos solos

analisados poderiam influenciar principalmente a retenção, movimento e disponibilidade de água, mas também a disponibilidade de nutrientes para raízes de *H. tiubae* e *H. crispa*.

As propriedades químicas e físicas dos solos podem ser fundamentais no entendimento do funcionamento dos ecossistemas (Adhikari e Hartemink 2016). Isso também pode ser válido para Caatinga, principalmente, por esses parâmetros terem a capacidade de influenciar direta ou indiretamente o crescimento de espécies como *H. tiubae* e de *H. crispa*. Conseqüentemente, esses fatores edáficos podem afetar as características anatômicas e fisiológicas nessas espécies, principalmente aquelas relacionadas à sobrevivência nesse ambiente.

Plasticidade de caracteres anatômicos em Herissantia crispa e Herissantia tiubae

Os dados ambientais apontam que as espécies possuem influência das características ambientais de forma isolada, indicando uma heterogeneidade das características ambientais da Caatinga (Costa *et al.* 2015). Porém, a combinação de vários fatores climáticos e edáficos podem ter efeitos sobre as características morfológicas e de crescimento das plantas, tornando complexa a separação de cada variável, sendo assim cada espécie pode responder de forma diferente e única como foi observado para *H. tiubae* e *H. crispa* (Gratani *et al.* 2014; Zhong *et al.* 2018). Assim como demonstrado por Zhong *et al.* (2018) as condições ambientais e estados dos caracteres variaram para as duas áreas de Caatinga e entre as duas espécies, mas também variaram intraespecificamente como foi o caso de *H. crispa*.

A Caatinga apresenta regime de chuvas irregulares que influencia a dinâmica das populações das herbáceas induzindo às plantas a criarem adaptações e estratégias de sobrevivência nesse ambiente, principalmente as relacionadas à falta de água (Silva *et al.* 2009; Lima 2011). Sendo assim, espécies que conseguem se adaptar em ambientes heterogêneos com condições climáticas variáveis podem apresentar uma grande plasticidade fenotípica, garantindo uma maior sobrevivência, já que permite que essas espécies explorem e ocupem novos nichos ecológicos (Via *et al.* 1995)

Os estados dos caracteres de folhas e caules eram mais plásticos em *H. crispa* para ambos os locais, influenciados por maiores valores de umidade e temperatura, no Vale do Catimbau e em Alagoas, respectivamente, indicando uma maior convergência adaptativa nessa espécie.

Segundo Fahn e Cutler (1992) fatores ambientais como temperatura, radiação luminosa, umidade e disponibilidade hídrica são os principais agentes na adaptação de caracteres evolutivos nas plantas. Além do mais, a disponibilidade hídrica, que é um recurso limitante em plantas da Caatinga, juntamente com as altas temperaturas e altas incidências luminosas influencia ajustes nas características anatômicas das plantas relacionadas ao uso eficiente da água (Barros e Soares 2003).

Na Caatinga, a sobrevivência das espécies depende da sua tolerância a aridez e, conseqüentemente, ao déficit hídrico, sendo essas espécies classificadas como xerófitas. Nessas espécies geralmente as folhas possuem estômatos escondidos em depressões da epiderme ou protegidos por um indumento piloso (Larcher 2006). Além de que, geralmente essas folhas possuem cutículas grossas, parênquima paliçádico mais espesso e menor área foliar para diminuir as taxas de transpiração (Fahn e Cutler 1992; Larcher 2006).

Como observamos em *H. tiubae* e *H. crispa* os estados dos caracteres de cutícula (adaxial e abaxial), epiderme (adaxial e abaxial), parênquima paliçádico e lacunoso, mesofilo, comprimento dos feixes vasculares e idioblastos eram mais conservativos, não variando entre os locais. Enquanto em *H. crispa* os estados dos caracteres anatômicos foliares eram plásticos variando de acordo com as condições ambientais das duas áreas de Caatinga. Logo, apesar das características foliares em *H. tiubae* não serem influenciadas por diferentes condições ambientais, as duas espécies possuem características xeromórficas que podem permitir uma maior sobrevivência nesses habitats. No entanto, é importante ressaltar que caracteres conservativos nessas espécies podem caracterizar uma desvantagem para uma espécie em caso de evento de desequilíbrio ambiental, uma vez que impede ou dificulta o ajuste de determinadas características.

Os caracteres anatômicos caulinares (cutícula, epiderme, tricoma glandular globoso e área de cavidades, idioblastos medulares e comprimentos dos feixes vasculares) se agruparam de acordo com as diferentes áreas de Caatinga para *H. tiubae* e *H. crispa*, mostrando que o estado desses caracteres é plástico e depende das condições ambientais associadas. Geralmente, os caules das eudicotiledôneas são menos plásticos do que as folhas, podendo esse aspecto ser atribuído ao caráter perene do órgão associado ao crescimento secundário (não tão acentuados em *H. tiubae* e *H. crispa*), tornando desnecessário um investimento acentuado no tecido de revestimento primário (epiderme), já que este vai ser substituído pela periderme (tecido de revestimento secundário). No entanto, de acordo com Bell et al. (1996),

o sistema vascular de algumas herbáceas também apresenta ajustes morfoanatômicos influenciados por variações nas condições ambientais, principalmente, cambiais, relacionadas ao diâmetro, densidade e comprimento das fibras xilemáticas e elementos condutores (Carlquist 2007). Em ambientes áridos ou semi-áridos, é comum o xilema secundário produzir células menores e mais estreitas devido ao estresse hídrico (Fahn e Cutler 1992), sendo essa uma característica de plantas xerófitas. Em relação aos dois locais estudados, o diâmetro dos vasos não foi mensurado, porém o comprimento dos feixes vasculares da nervura central foliar e dos feixes vasculares do caule como um todo eram menores no Vale do Catimbau, podendo refletir ajustes ao estresse hídrico, já que nessa área a disponibilidade hídrica era menor.

As duas espécies de *H. tiubae* dos dois locais e *H. crispa* de Alagoas submetidas a altas temperaturas e luminosidades formaram grupos bem definidos de acordo com os estados dos caracteres anatômicos foliares, o contrário do que ocorreu para *H. crispa* do Vale do Catimbau. Sendo assim, esse agrupamento pode indicar que essas espécies formam grupos funcionais que respondem de maneira semelhante às variações ambientais (Zhong et al. 2018), principalmente as relacionadas a manutenção hídrica (cutícula, epiderme, mesofilo, feixes vasculares e idioblastos) como observados também por Anderegg e Meinzer (2015) e Apgaua et al. (2017). Os estados dos caracteres de folha e caule podem agrupar as espécies formando grupos funcionais que permitem a sobrevivência nesses habitats de florestas secas, principalmente as características anatômicas que favorecem a manutenção hídrica e evitam perda de água (Pineda-García et al. 2015; Vieira e Lisi 2019).

Embora não tenha sido feito teste de plasticidade, os dados deste trabalho demonstram que *H. crispa* é altamente plástica, cuja plasticidade pode estar relacionada ao fato dessa espécie ter uma distribuição geográfica mais ampla, ao contrário de *H. tiubae* que é uma espécie endêmica do Brasil. Além disso, de acordo com nossos resultados, nossa hipótese foi corroborada, indicando que os fatores climáticos possuem influência sobre as características morfoanatômicas e a composição química das estruturas secretoras de folha e caule das duas espécies, sendo essas características variáveis de acordo com o local e condições climáticas associadas. Estudos futuros ainda são necessários abordando outras áreas de Caatinga, além de estudos genéticos e taxonômicos envolvendo essas espécies para responder os questionamentos ainda encontrados. Já que a seleção natural pode atuar sobre os fenótipos gerando respostas plásticas que auxiliam a sobrevivência e aumentam o fitness, de forma que se essa variação for mantida, pode surgir uma variedade, ecótipo ou subespécie (Thompson

1991; Valladares e Niinemets 2008; Zou et al. 2009). Então, o estudo da influência ambiental sobre as espécies é de grande importância para o manejo e conservação de espécies da Caatinga (Albuquerque *et al.* 2012; Vieira e Lisi 2019), além de serem fundamentais na compreensão do funcionamento e estruturação (dinâmica populacional) dessas espécies no decorrer do tempo, mas também no espaço (Thompson 1991; Goulart *et al.* 2011).

CONCLUSÃO

Os dados morfométricos, anatômicos e histoquímicos das duas espécies de *Herissantia* variam de acordo com o ambiente em que estas espécies se encontram,. Os fatores climáticos não agem isoladamente, porém a luminosidade foi um dos fatores determinantes para características morfológicas como a cutícula, epiderme, mesófilo e densidade de tricomas.

Nossos dados contribuem com o conhecimento ecológico do gênero *Herissantia*, sendo altamente importante para o manejo e conservação das espécies desse gênero no ambiente de Caatinga. O estudo histoquímico aqui realizado reafirma que essas espécies têm um grande potencial medicinal, além de que esses compostos químicos permitem a sobrevivência dessas espécies no ambiente de Caatinga

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

RECONHECIMENTOS

Agradeço ao Departamento de Micologia por cederem materiais indispensáveis a realização deste trabalho, aos Laboratórios: de Imunopatologia Keizo Asami (LIKA-UFPE), Laboratório de Ecotoxicologia Aquática (LABECOTOX-UFPE), Laboratório de Biologia Celular Vegetal e Laboratório de Anatomia Vegetal (LAVeg), Laboratório de Anatomia e Bioquímica de Plantas (LAB-Planta-UFRPE) por todo suporte técnico e empréstimo de equipamentos laboratoriais necessários a minha pesquisa. Este estudo foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [número de concessão 132222/2018-3] e pelo INCT de Frutos Tropicais/CNPq

REFERÊNCIAS

Abdala-Roberts L, Quijano-Medina T, Moreira X, Vázquez-González C, Parra-Tabla V., Berny Mier Y Terán J, Grandi L, Glauser G, Turlings T, Benrey B (2019) Bottom-up control of geographic variation in insect herbivory on wild cotton (*Gossypium*

- hirsutum*) by plant defenses and climate. *American Journal of Botany* **106**, 1059-1067. Doi:10.1002/ajb2.1330
- Abdala-Roberts L, Moreira X, Rasmann S, Parra-Tabla V, Mooney KA (2016) Test of biotic and abiotic correlates of latitudinal variation in plant defenses in the perennial herb *Ruellianudiflora*. *Journal of Ecology* **104**, 580–590. Doi:10.1111/1365-2745.12512
- Adhikari K, Hartemink AE (2016) Linking soils to ecosystem services - A global review. *Geoderma* **262**, 101-111. Doi:10.1016/j.geoderma.2015.08.009
- Agati G, Brunetti C, Di Ferdinando M, Ferrini F, Pollastri S, Tattini M (2013). Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. *Plant Physiology and Biochemistry* **72**, 35–45. Doi: 10.1016/j.plaphy.2013.03.014
- Albuquerque UP, Medeiros PM, Almeida ALS (2007) Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. *J Ethnopharmacol* (**114**), 325–354. Doi:10.1016/j.jep.2007.08.017
- Albuquerque UP, Araújo EL, El-Deir ACA, Lima ALA, Souto A, Bezerra BM, Ferraz EBN, Freire EMX, Sampaio EVSB, Las-Casas FMG, Moura GJB, Pereira GA, Melo JG, Ramos MA, Rodal MJN, Schiel N, Lyra-Neves RM, Alves RRN, Azevedo-Junior SM, Junior WRT, Severi W (2012) Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific World Journal* **2012**, 1-18. Doi: 10.1100/2012/205182.
- Albuquerque P, Coelho LC, Teixeira JA, Carneiro-da-Cunha MG (2016) Approaches in biotechnological applications of natural polymers. *AIMS Molecular Science* **3**, 386-425. Doi: 10.3934/molsci.2016.3.386
- Amoakwah E, Frimpong, KA, Okae-Anti D, Arthur E (2017) Soil water retention, air flow and pore structure characteristics after corn cob biochar application to a tropical sandy loam. *Geoderma* **307**, 189–197. Doi:10.1016/j.geoderma.2017.08.025
- Anderegg WRL, Meinzer FC (2015) Wood anatomy and plant hydraulics in a changing climate. In: Hacke U, editor. *Functional and ecological xylem anatomy*. (Cham: Springer International Publishing) pp. 235-53. Doi:10.1007/978-3-319-15783-2_9.
- Apgaua DMG, Tng DYP, Cernusak LA, Cheesman AW, Santos RM, Edwards WJ, Laurance SGW (2017) Plant functional groups within a tropical forest exhibit different wood

- functional anatomy. *Functional Ecology* **3** **1(3)**, 582-591. Doi: 10.1111/1365-2435.12787.
- Appenzato-da-Glória B, Carmello-Guerreiro SM(2006) ‘Anatomia Vegetal’2 ed: Cap.12, pp. 303-326.(UFV)
- Araújo Filho JA, Crispim SMA (2002)Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil. In: Conferência virtual global sobre produção orgânica de bovinos de corte. Anais. pp.1-7. (Embrapa pantanal:Corumbá, MS).
- Ascensão L, Mota L, Castro MM (1999) Glandular trichomes on the leaves and flowers of *Plectranthus ornatus*: morphology, distribution and histochemistry. *Annals of Botany* **84**, 437-447.Do: 10.1006/anbo.1999.0937
- Bahaji A, Sánchez-López ÁM, De Diego N, Muñoz FJ, Baroja-Fernández E, Li J; Ricarte-Bermejo A, Baslam M, Aranjuelo I, Almagro G, Humplík JF, Novák O, Spíchal L, Dolezal L, Pozueta-Romero J (2015) Plastidic Phosphoglucose Isomerase Is an Important Determinant of Starch Accumulation in Mesophyll Cells, Growth, Photosynthetic Capacity, and Biosynthesis of Plastidic Cytokinins in *Arabidopsis*. *Plos One* **10**, e0119641. Doi:10.1371/journal.pone.0119641
- Bahaji A, Li J, Sánchez-López AM, Baroja-Fernández E, Muñoz FJ, Ovecka M, Almagro G, Montero M, Ezquer I, Etxeberria E, Pozueta-Romero (2014) Starch biosynthesis, its regulation and biotechnological approaches to improve crop yields. *Biotechnol Adv* **32**, 87–106. Doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.06.006
- Bhatt A, Naidoo Y, Nicholas A (2010) An investigation of the glandular and non-glandular foliar trichomes of *Orthosiphon labiatus* N.E.Br. [Lamiaceae]. *New Zealand Journal of Botany* **48(3-4)**, 153–161. Doi:10.1080/0028825x.2010.500716
- Bellinaso H, Demattê JAM, Romeiro SA (2010) Soil spectral library and its use in soil classification. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **34**, 861-870. Doi: 10.1590/s0100-06832010000300027
- Bickford CP (2016). Ecophysiology of leaf trichomes. *Functional Plant Biology* **43**, 807–814. Doi:10.1071/fp16095

- Bohnert HJ, Nelson DE, Jensen RG (1995) Adaptations to environmental stresses. *The Plant Cell* **7**(7), 1099-1111. Doi:10.1105/tpc.7.7.1099
- Burghardt M, Riederer M(2006). Cuticular transpiration. In 'Biology of the Plant Cuticle'. Vol. 23. (Riederer M, Müller C) pp. 292 -311. (Blackwell: Oxford, UK).
- Cain AJ(1947). The use of Nile blue in the examination of lipids. *Quarterly Journal of Microscopical Science* **33**, 383-392.
- Carlquist S (2007) Successive cambia revisited: ontogeny, histology, diversity, and functional significance. *The Journal of the Torrey Botanical Society* **134**(2), 301–332. Doi:10.3159/1095-5674(2007)134[301:scrohd]2.0.co;2
- Calzavara AK, Rocha JS, Lourenço G, Sanada K, Medri C, Bianchini E, Pimenta JA, Stolf-Moreira R, Oliveira HC (2017) Acclimation responses to high light by *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) leaves at different stages of development. *Plant Biology* **19**(5), 720–727. Doi:10.1111/plb.12592
- Chen Y, Zhang L, Lu X, Lan X, Shen M, Lu C (2017) Role of mucilage during achene germination and sprout growth of the endangered Tibetan medicinal herb *Mirabilis himalaica* (Nyctaginaceae) exposed to abiotic stresses. *Journal of Plant Ecology* **7**, 34-39. Doi: 10.1093/jpe/rtx047
- Coley PD, Bryant JP, Chapin, FS (1985) Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science* **230**, 895–899. Doi: 10.1126/science.230.4728.895
- Costa DA, Silva DA, Cavalcanti AC, Medeiros MAA, Lima JT, Cavalcante JMS, Silva BA, Agra MA, Souza MFV (2007) Chemical constituents from *Bakeridesia apickelii* Monteiro (Malvaceae) and the relaxant activity of kaempferol-3-O-beta-D-(6"-E-p-coumaroyl) glucopyranoside on *Guinea-pig* ileum. *Química Nova* **30**(4), 901–903. Doi:10.1590/s0100-40422007000400026
- Cote GG (2009) Diversity and distribution of idioblasts producing calcium oxalate crystals in *Dieffenbachia seguine* (Araceae). *American Journal of Botany* **96**(7), 1245–1254. Doi:10.3732/ajb.0800276
- Cruz EMO, Pinto JAO, Fontes SS, Blank MFA, Bacci L, Jesus HCR, Santos DA, Alves PB, Blank AF(2014) Water deficit and seasonality study on essential oil constituents

- of *Lippia gracilis* Schauer germplasm. *Sci. World J* **2014**, 1-9. Doi:10.1155/2014/314626
- David R, Carde JP (1964) Coloration différentielle des pseudophylles de Pin maritime au moyen de reactif de Nadi. *C. R. Acad. Sci. Paris* **258**, 1338-1340.
- ESAU K (1974) 'Anatomia das plantas com sementes.' (Edgard Blucher: São Paulo)
- Evans DE (2003). Aerenchyma formation. *New Phytologist* **161(1)**, 35–49. Doi:10.1046/j.1469-8137.2003.00907.x
- Evert RF (2006) Meristems, cells, and tissues of the plant body – their structure, function and development. In 'Esau's plant anatomy' Terceira ed. (John Wiley and Sons: New Jersey)
- Fabricante J, Araújo K, Castro, R, Souza B, Barros B, Siqueira-Filho J (2015) Seleção de Espécies Autóctones da Caatinga para a Recuperação de Áreas Invasidas por Algaroba. *Pesquisa Florestal Brasileira* **5**, 371-379. Doi: 10.4336/2015.pfb.35.84.876
- Fahn A (1988) Secretory tissues in vascular plants. *New Phytol* **108**, 229–257. Doi:10.1111/j.1469-8137.1988.tb04159.x
- Fahn A (1989) 'Plant Anatomy.' 3.ed. (Pergamon Press: Oxford)
- Fahn A, Cutler DF (1992) 'Xerophytes'. In: *Encyclopedia Of Plant Anatomy* (Gebüder Borntraeger: Berlin)
- Fahmy GM (1997). Leaf anatomy and its relation to the ecophysiology of some non-succulent desert plants from Egypt. *Journal of Arid Environments* **36(3)**, 499–525. Doi:10.1006/jare.1996.0217
- Fang Y, Xiong L (2014) General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences* **72(4)**, 673–689. Doi:10.1007/s00018-014-1767-0
- Falcão-Silva VS, Silva DA, Souza MFV, Siqueira-Junior JP (2009) Modulation of drug resistance in *Staphylococcus aureus* by a kaempferol glycoside from *Herissantia tiuba* (Malvaceae). *Phytother. Res.* vol.23(10), 1367-1370. Doi:10.1002/ptr.2695

- Figueiredo AC, Barroso JMG, Pedro LMG, Ascensão L (2007) '*Histoquímica e Citoquímica em Plantas: Princípios e Protocolos*' (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Biotecnologia Vegetal: Lisboa)
- Franceschi VR, Nakata PA (2005) Calcium oxalate in plants: Formation and function. *Annual Review of Plant Biology* **56**, 41–71. Doi: 10.1146/annurev.arplant.56.032604.144106
- Franklin GL (1945) Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature, London*, **155(3924)**, 51. Doi: 10.1038/155051a0.
- Frei ER, Ghazoul J, Matter P, Heggli M, Pluess AR (2014) Plant population differentiation and climate change: responses of grassland species along an elevational gradient. *Global Change Biology* **20**, 441–455. doi:10.1111/gcb.12403
- Fróes FFPC, Gama TSS, Feio AC, Demarco D, Aguiar-Dias ACA (2015) Structure and distribution of glandular trichomes in three species of Bignoniaceae. *Acta Amazonica* **45(4)**, 347-354. Doi: 10.1590/1809-4392201404393.
- Furr M, Mahlberg PG (1981) Histochemical analyses of flaticifers and glandular trichomes in *Cannabis sativa*. *Journal of Natural Products* **44(2)**, 153-159. Doi: 10.1021/np50014a002
- Gao C, Wang M, Ding L, Chen Y, Lu Z, Hu J, Guo S (2020) High water uptake ability was associated with root aerenchyma formation in rice: Evidence from local ammonium supply under osmotic stress conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, doi:10.1016/j.plaphy.2020.02.037
- Gavrilović M, Rančić D, Škundrić T, Dajić-Stevanović Z, Marin, PD, Garcia-Jacas N, Susanna A, Janačković P (2018) Anatomical characteristics of *Xeranthemum* L. (Compositae) species: taxonomical insights and evolution of life form. *Pakistan Journal of Botany* **51(3)**, 1-13. Doi: 10.30848/pjb2019-3(26)
- Gobbo-Neto L, Lopes NP (2007) Plantas Medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova* **30(2)**, 374-381. Doi: 10.1590/s0100-40422007000200026

- Gomes AYS, Cortes SF, Lemos VS, Souza MFV (2005) Mechanism Involved in the Spasmolytic Effect of a Mixture of Two Triterpenes, Cycloartenol and Cycloeucalenol, Isolated from *Herissanthia tiubae* in the Guinea-Pig Ileum. *Planta Medica* **71**(11), 1025-1029. Doi: 10.1055/s-2005-871291
- Goulart MF, Lovato MB, de Vasconcellos Barros F, Valladares F, Lemos-Filho JP(2011) Which Extent is Plasticity to Light Involved in the Ecotypic Differentiation of a Tree Species from Savanna and Forest? *Biotropica* **43**(6), 695–703. Doi:10.1111/j.1744-7429.2011.00760.x
- GringsM (2011) O gênero *Pavonia* Cav.(Malvaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica/UFRG.
- Guarçoni A, Alvarez VVH, Sobreira, FM (2017) Fundamentação teórica dos sistemas de amostragem de solo de acordo com a variabilidade de características químicas. *Terra Latino americana*, **35**(4), 343-352.
- Guarconi A, Sobreira FM(2017) ‘ClassicalMethodsandCalculationAlgorithms for Determining Lime Requirements’ (Revista Brasileira de Ciência do solo: Viçosa) Available at http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832017000100504&lng=en&nrm=iso [Verified 8 June 2020]
- Gupta N, Gaurav SS, Kumar A (2013) Molecular Basis of Aluminium Toxicity in Plants: A Review. *American Journal of Plant Sciences* **4**, 21-37, 2013.Doi: 10.4236/ajps.2013.412A3004
- Hillel D (1982) ‘Introduction to Soil Physics’ (Academic Press: San Diego-CA)
- Horner HT, Wanke S, Oelschlagel B, Samain MS (2017) Peruvianwindow-leavedPeperomia taxa display uniquecrystal macro patterns in high-altitude environments. *International Journal of Plant Sciences* **178**(2), 157–167. Doi: 10.1086/689281
- Jacinto ACP, Souza LP, Nakamura AT, Carvalho FJ, Simão E, Zocoler JL,Bergo CL (2018) Idioblasts formation and essential oil production in irrigated *Piper aduncum*. *Pesquisa Agropecuária Tropical***48**(4), 447–452. Doi:10.1590/1983-40632018v4853165

- Jensen WA (1962) 'Botanical histochemistry: principles and practice.' (W.H. Freeman and Company:San Francisco)
- Jiang CD, Wang X, Gao HY, Shi L, Chow WS (2011) Systemic Regulation of Leaf Anatomical Structure, Photosynthetic Performance, and High-Light Tolerance in Sorghum. *Plant Physiology* **155**(3), 1416–1424. Doi:10.1104/pp.111.172213
- Johansen, DA (1940) 'Plant Microtechnique.' (Mc Graw Hill Book: New York)
- Karnovsky MJ (1965) A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. *Journal of Cell Biology* **27**, 137-138.
- Kaya A, Demirci B, Baser KHC (2007) Micromorphology of glandular trichomes of *Nepeta congesta* Fisch. e Mey. var. *congesta* (Lamiaceae) and chemical analysis of the essential oils. *South African Journal of Botany* **73**, 29-34. Doi:10.1016/j.sajb.2006.05.004
- Kim HJ, Seo E, Kim JH, Cheong H, Kang BCY, Choi D (2012). Morphological classification of trichomes associated with possible biotic stress resistance in the genus *Capsicum*. *Plant Pathologist Journal* **28**, 107–113. Doi:10.5423/PPJ.NT.12.2011.0245
- Klein C, Klein VA (2015) Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology* (REGET) **19**(1), 21-29. Doi: 10.5902/2236117014990
- Kraus JE, Arduin M (1997) 'Manual básico de métodos em morfologia vegetal.' (EDUR:Rio de Janeiro, Seropédica) 198p
- Krauss P, Markstadter C, Riederer M (1997) Attenuation of UV radiation by plant cuticles from woody species. *Plant, Cell and Environment* **20**, 1079-1085. Doi: 10.1111/j.1365-3040.1997.tb00684.x
- Kuster VC, Da Silva LC, Meira RMSA, Azevedo AA (2018) Structural adaptation and anatomical convergence in stems and roots of Five plant species from a "Restinga" sand coastal plain. *Flora* **243**, 77–87. Doi: 10.1016/j.flora.2018.03.017
- Larcher W (2000). 'Ecofisiologia Vegetal' (RiMa Editora: São Carlos)
- Larcher W (2006). 'Ecofisiologia Vegetal' (RiMa Editora: São Paulo)

- Lattar EC, Galati BG, Carrera CS, Ferrucci MS (2018) Floral nectaries of *Heliocarpus popayanensis* and *Luehea divaricata* (Malvaceae-Grewioideae): structure and ultrastructure. *Australian Journal of Botany* **66(1)**, 59. Doi:10.1071/bt17086
- Letey J (1985) Relationship between Soil Physical Properties and Crop Production. *Advances in Soil Science* **1**, 277–294. Doi:10.1007/978-1-4612-5046-3_8
- Levitt J (1980) Water, Radiation, Salt and Other Stresses In ‘Responses of plants to enviromental stresses’ Vol.7. pp. 365 (Academic Press: New York)
- Lihavainen J(2016) Treesfacing high humidity. Effects on growth, mineral nutrition and foliar metabolites in birch and aspen. PhD Thesis, Departmentof Environmental and Biological Sciences, University of Eastern Finland, Joensuu.
- Lihavainen J, Ahonen V, Keski-Saari S, Söber A, Oksanen E, Keinänen M (2017)Low vapor pressure deficit reduces glandular trichome density and modifies the chemical composition of cuticular waxes in silve rbirch leaves. *Tree Physiology* **37(9)**, 1166–1181. Doi:10.1093/treephys/tpx045
- Lima IO, Costa VBM, Matias WN, Da Costa DA, Silva DA, Agra MF, Souza MFV, Lima EO, Batista LM (2009) Biological activity of *Herissantia crispa* (L.) Brizicky. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **19(1b)**, 249-254. Doi:10.1590/S0102-695X2009000200012
- Maia-Silva C, Silva CI,Hrncir M, Queiroz RT, Imperatriz-Fonseca VL (2012) ‘Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga.’(Fundação Brasil Cidadão:Fortaleza)
- Mastroberti AA, Mariath JEA (2008) Immunocytochemistry of the mucilage cells of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). *Revista Brasileira de Botânica* **31**, 1–13. Doi: 10.1590/S0100-84042008000100002
- Mclellan T (2005) Correlated evolution of leaf shape and trichomes in *Begonia dregei* (Begoniaceae). *American Journal of Botany* **92(10)**, 1616–1623. Doi:10.3732/ajb.92.10.1616
- Mcmanus JFA (1948) Histological and histochemical uses of periodic acid. *Stain Technol* **23**, 99-108.

- Mendes L (2017) 'Caracterização de um fragmento de Caatinga em Sergipe: Produção de Forragem e Comportamento Ingestivo de Caprinos.' (Dissertação Universidade Federal de Sergipe, Mestrado em Zootecnia:São Cristovão).
- Metcalf CR, CHALK, L(1983) Anatomy of the dicotyledons 2. *Nordic Journal of Botany* **4(5)**, 668–668. Doi:10.1111/j.1756-1051.1984.tb01991.x
- Mozzini-Monteiro T. (2013) 'Estudo da atividade psicoimuno moduladora do extrato de *Herissantia tiubae* em modelos experimentais de asma'(Dissertação de Mestrado Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB)
- Morgan JM (1984). Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review Plant Physiology* **35**, 299–319. Doi 10.1146/annurev.pp.35.060184.001503
- Morton JF (1990) Mucilaginous plants and their uses in medicine. *Journal of ethnopharmacology* **29(3)**, 245-266. Doi: 10.1016/0378-8741(90)90036-s
- Nakata PA (2012) Plant calcium oxalate crystal formation, function, and its impact on human health. *Front Biol* **7**, 254–266. Doi: 10.1007/s11515-012-1224-0
- Ni XL, Gui MY, Tan LL, Zhu Q, Liu WZ, Li CX (2019) Programmed Cell Death and Aerenchyma Formation in Water-Logged Sun flower Stems and Its Promotion by Ethylene and ROS. *Frontiers in Plant Science* **9**, 1-16. Doi:10.3389/fpls.2018.01928
- Niinemets Ü (2016) Leaf age dependent changes in within-canopy variation in leaf functional traits: a meta-analysis. *Journal of Plant Research* **129**, 313-338. Doi: 10.1007/s10265-016-0815-2
- Nogueira RM, Costa EC, Silva JS, Isaias RMS(2018) Structural and histochemical profile of *Lopesia* sp. Rübsaamen 1908 pinnula galls on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. in a Caatinga environment. *Hoehnea* **45(2)**, 314–322. Doi:10.1590/2236-8906-80/2017
- Nowak M, Selmar D (2016) Cellular distribution of alkaloids and their translocation via phloem and xylem: the importance of compartment pH. *Plant Biology* **18(6)**, 879–882. Doi:10.1111/plb.12504
- O'geen AT (2013) Soil Water Dynamics. *Nature Education Knowledge* **4(5)**:9

- Oksanen E, Lihavainen J, Keinänen M, Keski-Saari S, Kontunen-Soppela S, Sellin A, Söber A (2018) Northern Forest Trees Under Increasing Atmospheric Humidity. *Progress in Botany* **80**, 317-336. Doi:10.1007/124_2017_15
- Oliveira AFM, Meirelles ST, Salatino A (2003) Epicuticular waxes from caatinga and cerrado species and their efficiency against waterloss. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências* **75(4)**, 431–439. Doi:10.1590/s0001-37652003000400003
- Palermo FH, Teixeira SP, Mansano VF, Leite, VG, Rodrigues TM (2017) Secretory spaces in species of the clade Dipterygeae (Leguminosae, papilionoideae). *Acta Botânica Brasilica* **31**, 374–381. Doi:10.1590/0102-33062016abb0251
- Palhares Neto L, Souza LM, Moraes MB, Albuquerque CC, Camara TR, Ulisses C. (2018) Controlling hyper hydricity in micropropagated plants of *Lippia grata* Schauer (Verbenaceae), a native species of a dry seasonal tropical forest with pharmacological potential. *Brazilian Journal of Botany* **41**, 529–538. Doi:10.1007/s40415-018-0476-6
- Palhares Neto L, De Souza LM, De Moraes MB, Arruda E, De Figueiredo RCBQ, De Albuquerque CC, Ulisses C (2019) Morphophysiological and Biochemical Responses of *Lippia grata* Schauer (Verbenaceae) to Water Deficit. *Journal of Plant Growth Regulation* **39(1)**, 26-40. Doi:10.1007/s00344-019-09961-6
- Park CH, Chang JY, Hahm ER, Park S, Kim HK, Yang CH (2005) Quercetin, a potent inhibitor against beta-catenin/ Tcf signaling in SW480 colon cancer cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **328**, 227-234. Doi: 10.1016/j.bbrc.2004.12.151
- Pearse AGE (1985) 'Histochemistry - theoretical and applied: preparative and optical technology.' (Churchill Livingstone: Edinburgh)
- Pham PA (2016) Bodily lubricating and moisturizing compositions containing plant mucilage. United States patent application US 15/087, 267, 1-2.
- Pineda-García F, Paz H, Meinzer FC, Angeles G (2015) Exploiting water versus tolerating drought: water-use strategies of trees in a secondary successional tropical dry forest. *Tree Physiology* **36(2)**, 208-217. Doi:10.1093/treephys/tpv124

- Pireda S, Da Silva DO, Borges NL, Do Amaral FG, Barroso LM, Simioni, P, Vitória AP, Da Cunha M (2019) Acclimatization capacity of leaf traits of species co-occurring in restinga and seasonal semideciduous forest ecosystems. *Environmental and Experimental Botany* **164**, 190-202. Doi:10.1016/j.envexpbot.2019.05.012
- Prajapati VD, Maheriya PM, Jani GK, Patil PD, Patel, BN (2014) *Lepidium sativum* Linn.: A current addition to the family of mucilage and its applications. *International Journal of Biological Macromolecules* **65**, 72-80. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.01.008
- Rao M, Terry N (1995) Leaf phosphate status, photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet. *PlantPhysiol* **107**, 195–202. Doi: 10.1104/pp.107.4.1313
- Rascio N (2002) The Underwater Life of Secondarily Aquatic Plants: Some Problems and Solutions. *Critical Reviews in Plant Sciences* **21(4)**, 401–427. Doi:10.1080/0735-260291044296
- Raghu K, Naidoo Y, Dewir YH (2019) Secretory structures in the leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. *South African Journal of Botany* **121**, 16–25. Doi:10.1016/j.sajb.2018.08.018
- Robinson T (1974) Metabolism and Function of Alkaloids. *Plants. Science* **184(4135)**, 430-435. Doi: 10.1126/Science.184.4135.430
- Rôças G, Barros C, Scarano F (1997) Leaf anatomy plasticity of *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) under distinct light regimes in a Brazilian montane Atlantic rain forest. *Trees* **11**, 469–473. Doi: 10.1007/PL00009688
- Rôças G, Scarano FR, Barros CF (2001) Leaf anatomical variation in *Alchornea triplinervia* (Spreng) Mull. Arg. (Euphorbiaceae) under distinct light and soil water regimes. *Botanical Journal of the Linnean Society* **136**, 231–238. Doi: 10.1111/j.1095-8339.2001.tb00568.x
- Ronquim CC (2010) Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 1. ed. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8: Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite.).
- Sawidis TH (1998) The subglandular tissue of *Hibiscus rosa-sinensis* nectaries. *Flora* **193**, 327–335. Doi: 10.1016/s0367-2530(17)30855-1.

- Schemske DW, Mittelbach GG, Cornell HV, Sobel JM, Roy K (2009) Is there a latitudinal gradient in the importance of biotic interactions? *Annual Review of Ecology and Systematics* **40**, 245–269. Doi:10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.17343
- Schönherr J (1982) Resistance of plant surfaces to water loss: transport properties of cutin, suberin and associated lipids. In: Encyclopedia of plant physiology. Vol. 12B. (Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H) pp. 153-179. (Springer: Berlin)
- Schoenholtz S, Miegroet HV, Burger J (2000) A review of chemical and physical properties as indicators of Forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* **138**(1-3), 335–356. Doi:10.1016/S0378-1127(00)00423-0
- Shepherd RW, Bass WT; Houtz RL, Wagner GJ (2005) Phytoalexins of tobacco are defensive proteins deployed on aerial surfaces by short glandular trichomes. *The Plant Cell* **17**(6), 1851–1861. Doi: 10.1105/tpc.105.031559
- Silva DA, Costa DA, Silva DF, Souza MFV, Agra MF, Medeiros IA, Barbosa-Filho JM, Braz-Filho R (2005) Flavonóides glicosilados de *Herissantia tiubae* (K. Schum) Brizicky (Malvaceae) e testes farmacológicos preliminares do canferol 3,7-di-O- α -L-ramnopiranosídeo. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **15**, 23-29. Doi:10.1590/S0102-695X2005000100006
- Silva MG, Oliveira FS, Quintans-Júnior LJ, Oliveira TML, Diniz MFFM (2005) Investigação do efeito analgésico central e antiinflamatório de *Conocliniopsis prasiifolia* (DC) R.M. King & H. Robinson em Roedores. *Acta Farmacêutica Bonaerense* **24**, 533-537. Doi: 10.1590/S0102-695X2008000400012
- Silva CMS, Harakava R, Sonsin-Oliveira J, Marcati CR, Machado SR, Ribeiro RV, Habermann G (2017) Physiological and structural traits of the congeneric species *Styrax ferrugineus* and *S. pohlii* occurring in contrasting environments. *Flora* **235**, 51–58. Doi: 10.1016/j.flora.2017.01.014
- Silva CCS, Leite KRB, Roque N (2019) Leaf morphology and anatomy of *Richtera discoidea* (Asteraceae): a taxonomic and ecological approach. *Feddes Repertorium* **130**, 346-361. Doi: 10.1002/fedr.201800020
- Silva KA, Lima EM, Santos JMFF, Andrade JR, Santos DM, Sampaio EVSB, Araújo, EL (2008) Dinâmica de gramíneas em uma área de Caatinga de Pernambuco-Brasil. In:

- Moura, A. N., Araújo, E.L., Albuquerque U.P. (Org.). *Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos* **1**, 105-129.
- Silva PMF, Silva EO, Rêgo, MSC, Castro LMR, Siqueira-Silva AI (2019) Anatomical and histochemical characterization of *Dipteryx odorata* and *Taralea oppositifolia*, two native Amazonian species. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **29**, 425-433. Doi:10.1016/j.bjp.2019.05.004
- Sousa DMG, Lobato E, Rein TA (2004) Adubação Com Fósforo. In: ‘Cerrado: correção do solo e adubação.’ Vol. 1, 2 ed. (Sousa, DMG, Lobato E) pp. 147 – 167. (EMBRAPA Informação Tecnológica: Brasília, DF)
- Sousa Junior JGA, Dematte JAM, Genu, AM (2008) Comportamento espectral dos solos na paisagem a partir de dados coletados por sensores terrestre e orbital. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **32(2)**, 727-738. Doi: 10.1590/S0100-06832008000200027
- Souza VC, Lorenzi H (2008) ‘Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II.’ 2ª ed. (Instituto Plantarum: Nova Odessa)
- Souza JOS, Ferri PH, Fiuza TS, Borges LL, Paula JR (2018) Chemical composition and seasonality variability of the *Spiranthera odoratissima* volatile oils leaves. *Braz. J. Pharmacog* **28(1)**, 16-20. Doi:10.1016/j.bjp.2017.10.010
- Stitt M, Quick WP (1989) Photosynthetic carbon partitioning: its regulation and possibilities for manipulation. *Physiol Plantarum* **77**, 633–641. Doi:Doi: 10.1111/j.1399-3054.1989.tb05402.x
- Taiz L, Zeiger E (2010) ‘Plant Physiology’ 5.ed. (Sinauer Associates Inc: Massachusetts)
- Taiz L, Zeiger E, Moller I, Murphy A (2017) ‘Fisiologia e desenvolvimento vegetal’ 6.ed. (Artmed: Porto Alegre)
- Talebi SM, Nohooji MG, Yarmohammadi M, Azizi N, Matsyura A (2018) Trichomes morphology and density analysis in some “*Nepeta*” species of Iran. *Mediterranean Botany* **39**. Doi:10.5209/mbot.59574
- Tenhaken R (2015) Cell wall remodeling under abiotic stress. *Frontiers in Plant Science* **5**. doi:10.3389/fpls.2014.00771

- Terashima I, Hanba YT, Tholen D, Niinemets Ü (2011) Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. *Plant Physiology* **155**, 108–116. Doi:10.1104/pp.110.165472
- Thitz, P, Possen BJHM, Oksanen E, Mehtätalo L, Virjamo V, Vapaavuori E (2017) Production of glandular trichomes responds to water stress and temperature in silver birch (*Betula pendula*) leaves. *Canadian Journal of Forest Research* **47**, 1075–1081. Doi: 10.1139/cjfr-2017-0036
- Thompson JD (1991) Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Trends in Ecology and Evolution* **6**, 246–249. Doi: 10.1016/0169-5347(91)90070-E
- Torres-Ruiz JM, Cochard H, Fonseca E, Badel E, Gazarini L, Vaz M (2017) Differences in functional and xylem anatomical features allow *Cistus* species to co-occur and cope differently with drought in the Mediterranean region. *Tree Physiol* **37**, 755–766. Doi: 10.1093/treephys/tpx013
- Tosens T, Niinemets Ü, Vislap V, Eichelmann H, Castro Díez P (2011) Developmental changes in mesophyll diffusion conductance and photosynthetic capacity under different light and water availabilities in *Populus tremula*: how structure constrains function. *Plant, Cell & Environment* **35**, 839–856. Doi:10.1111/j.1365-3040.2011.02457.x
- Tozin LRS, Marques MOM, Rodrigues TM (2015) Glandular trichome density and essential oil composition in leaves and inflorescences of *Lippia origanoides* Kunth. (Verbenaceae) in the Brazilian Cerrado. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **87**, 943–953. Doi: 10.1590/0102-33062016abb0292
- Tozin LRS, Rodrigues TM (2017) Morphology and histochemistry of glandular trichomes in *Hyptis villosa* Pohl ex Benth. (Lamiaceae) and differential labeling of cytoskeletal elements. *Acta Bot. Brasilica* **31**, 330–343. Doi: 10.1590/0102-33062016abb0292
- Valkama E, Salminen Jp, Koricheva J, Pihlaja K (2004) Changes in leaf trichomes and epicuticular flavonoids during leaf development in three birch taxa. *Ann Bot (Lond)* **94**, 233–242. Doi: 10.1093/aob/mch131
- Ventrella, MC, Marinho, CR (2008) Morphology and histochemistry of glandular trichomes of *Cordia verbenacea* DC. (Boraginaceae) leaves. *Brazilian Journal of Botany* **31**(3), 457–467. Doi: 10.1590/S0100-84042008000300010

- Vicente LE, Souza CRF (2011) Identification of mineral components in tropical soils using reflectance spectroscopy and advanced space borne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data. *Remote Sensing of Environment* **115**, 1824–1836. Doi:10.1016/j.rse.2011.02.023
- Vidal BC (1970) Dichroism in collagen bundles stained with xylydine Ponceau 2R. *Annalytical Histochemistry* **15(4)**,289-296.
- Vieira AJR, Lisi CS (2019) Caatinga Tree Wood Anatomy: Perspectives on Use and Conservation. *Floresta e Ambiente* **26**. Doi:10.1590/2179-8087.099717
- Vignesh RM, Nair BR (2018) Extraction and characterisation of mucilage from the leaves of *Hibiscus rosa-sinensis* linn. (MALVACEAE). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* **9**, 2883-2890. Doi:10.12040/IJPSR.0975-8232.9(7).2883-90.
- Villar, MLP (2007) ‘Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação.’ (EMPAER-MT: Cuiabá)
- Usowicz B, Lipiec J (2017) Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated Field on Sandy soil. *Soiland Tillage Research* **174**, 241–250. Doi:10.1016/j.still.2017.07.015
- Webb MA(1999) Cell-mediated crystallization of calcium oxalate in plants. *Plant Cell* **11**, 751 – 761.Doi: 10.1105/tpc.11.4.751
- Xiao K, Mao X, Lin Y, Xu H, Zhu Y, Cai Q, XieH,Zhang J (2017) Trichome, a functional diversity phenotype in Plant. *Molecular Biology* **6**, 183. Doi:10.4172/2168-9547.1000183.
- Zarinkamar F, Tajik S, Soleimanpour S(2011) Effects of altitude on anatomy and concentration of crocin, picrocrocine and safranal in *Crocus sativus* L. *Australian Journal of Crop Science* **5(7)**, 831-838.
- Zou J, Rogers, WE,Siemanna E(2009). Plasticity of *Sapium sebiferum* seedling growth to light and water resources: Inter- and intra specific comparisons. *Basic Appl. Ecol.***10**, 79–88. Doi: 10.1016/j.baae.2007.11.010

- Zhang J, Lu H, Huang L (2014) Calciophytoliths (calcium oxalate crystals) analysis for the identification of decayed tea plants (*Camellia sinensis* L.). *Scientific Reports* **4**. Doi:10.1038/srep06703
- Zhang S, Zhang Y, MaK(2016) Latitudinal variation in herbivory: hemispheric asymmetries and the role of climatic drivers. *Journal of Ecology* **104**, 1089–1095. Doi:10.1111/1365-2745.12588
- Zhong M, Shao X, Wu R, Wei X, Logtestijn R (2018) Cornelissen, J. Contrasting altitudinal trends in leaf anatomy between three dominant species in an alpine meadow. *Australian Journal of Botany* **66**. Doi: 10.1071/BT17247.
- Zhuang L, ChenYN, Li WH, Wang ZK (2011)Anatomical and morphological characteristics of *Populus euphratica* in the lower reaches of Tarim River under extreme drought environment. *Journal Arid Land* **3**, 261–267.Doi: 10.3724/SP.J.1227.2011.00261

5. CONCLUSÃO

No primeiro capítulo, pode-se concluir que *Herissantia tiubae* e *H. crispa* possuem sinapomorfias encontradas na família Malvaceae, como tricomas estrelados, presença de mucilagem e idioblastos contendo cristais, além de apresentarem características únicas que diferenciam essas espécies, principalmente a presença do tricoma glandular piriforme filiforme unisseriado nas folhas e caules, presente apenas em *H. crispa*. Além disso, as regiões medulares dos caules dessas espécies são diferentes, em *H. tiubae* a medula é constituída por parênquima fundamental com cavidades mucilaginosas e a medula caulinar de *H. crispa* por parênquima amilífero e aerênquima. Logo, essas características podem ser utilizadas como caracteres diagnósticos, contribuindo assim com estudos taxonômicos dentro das Malvaceae. Já o segundo capítulo contribuiu com o conhecimento biológico e ecológico dessas espécies, na qual duas áreas de Caatinga com suas condições climáticas (temperatura, luminosidade, umidade, altitude e tipos de solo) têm influência sobre os estados dos caracteres morfoanatômicos de folha e caule de *H. tiubae* e *H. crispa* e a produção de diferentes compostos químicos (lipídeos, proteínas, polissacarídeos, mucilagem, óleo essencial, amido), reafirmando o grande potencial medicinal e econômico dessas espécies. Os solos arenosos das duas regiões analisadas têm influência sobre o movimento e disponibilidade de água, mas também a disponibilidade de nutrientes para as duas espécies, o que pode favorecer seu estabelecimento, distribuição e sobrevivência no ambiente de Caatinga. Além disso, concluiu-se que as diferentes áreas de Caatinga e suas condições climáticas influenciam caracteres anatômicos plásticos em caule e folha de *H. crispa*, no entanto, esses mesmos caracteres anatômicos são conservativos em folhas de *H. tiubae*, o que poderia explicar o endemismo dessa espécie no Brasil. Então, os dados deste trabalho contribuem para o conhecimento ecológico e taxonômico dessas duas espécies do gênero *Herissantia* pertencentes à família Malvaceae, conhecimentos estes que até então eram escassos. Os resultados aqui apresentados são pioneiros para as duas espécies e são altamente importantes para o conhecimento biológico de *Herissantia tiubae*, que é endêmica do Brasil, e, de *H. crispa*, principalmente visando um manejo adequado e conservação desse gênero no ambiente de Caatinga.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. O domínio morfoclimático semi-árido das Caatingas brasileiras. **Geomorfologia**, v.43, p.1-39, 1974.
- ADLER, L.S. The ecological significance of toxic nectar. **Oikos**, v.91, p. 409-420, 2000.
- ALBUQUERQUE, UP.; MEDEIROS, PM.; ALMEIDA, ALS. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. **J Ethnopharmacol**, v.114, p. 325–354, 2007.
- ASCENÇÃO, L. Estruturas secretoras em plantas: uma abordagem morfo-anatômica. In: Figueiredo A. C., Barroso, J. G e Pedro, L. G. (eds.) *Potencialidades e Aplicações das Plantas Aromáticas e Medicinais. Curso Teórico-Prático*. Ed. da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – Centro de Biotecnologia Vegetal, Portugal, Lisboa, p.19-28, 2007.
- ASCENÇÃO, L.; MOTA, L.; CASTRO, M. Glandular trichomes on the leaves and flowers of *Plectranthus ornatus*: morphology, distribution and histochemistry. **Annals of Botany**, v.84, p.437-447, 1999.
- BAYER, C.; KUBITZKI, K. Malvaceae. In: *The families and genera of vascular plants*. **Springer**, Berlin, v. 5, p. 225-311, 2003.
- BATAGIN-PIOTTO, K. D. et al. Anatomical analysis of peach palm (*Bactris gasipaes*) leaves cultivated in vitro, ex vitro and in vivo. **Braz. J. Bot**, v. 35, p. 71–78, 2012.
- BOTREL, P.P. et al. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis maritima* L. Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 32, n. 3, p. 533-538, 2010.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional . Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Brasília, 2005.
- CASTRO, M.M.; DEMARCO, D. Phenolic compounds produced by secretory structures in plants: a brief review. **Natural Product Communications**, v.3, p. 1273-1284, 2008.

- CASTRO, M.M.; MACHADO, S.R. **Células e tecidos secretores**. In: Appezzato da-Glória B., Carmello-Guerreiro S.M. (eds.) *Anatomia Vegetal*. 3rd. edn. Viçosa, Editora UFV, p. 179-203, 2012.
- BRIZICKY, J. *Herissantia*, *Bogenhardia* and *Gayoides* (Malvaceae). **Arnold Arbor**, v. 49, p. 278–279, 1968.
- COSTA, D. A. DA. et al. Chemical constituents from *Bakeridesia pickelli* (H. Monteiro) (Malvaceae) and the relaxant activity of kaempferol-3-O- β -D-(6''-E-p-coumaroyl) glucopyranoside on *guinea-pig* ileum. **Química Nova**, v. 30, n.7, p. 991-993, 2007.
- COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S.; LIMA-VERDE, L.W. Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 68, p. 237-247, 2007.
- CRUZ, E.M.O. et al. Water deficit and seasonality study on essential oil constituents of *Lippia gracilis* Schauer germplasm. **Sci. World J.** v. 2014, p. 1-9, 2014.
- CRUZ, R. et al. Diversity of *Penicillium* in soil of Caatinga and Atlantic Forest areas of Pernambuco, Brazil: an ecological approach. **Nova Hedwigia**, v. 97, n. 3, p. 543–556, 2013. Doi:10.1127/0029-5035/2013/0127
- CSEKE, L.J.; KAUFMAN, P.B.; KIRAKOSYAN, A. The biology of essential oils in the pollination of flowers. **Natural Product Communications**, v.2, p. 1317-1336, 2007.
- DICKISON, W. C. *Integrative Plant Anatomy*. – **Academic Press**, San Diego, p. 295–312, 2000.
- DORR, L.J. A revision of the North American Genus *Callirhoe* (Malvaceae). **Memories New York Bot. Garden**, v. 56, p. 1–76, 1990.
- ELIAS, S.E.M. et al. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (Solanaceae). **Ver Bras Bot**, v. 26, p. 169–174, 2003. Doi:10.1590/ S0100-84042003000200004
- ESAU, K. *Anatomia das plantas com sementes*. São Paulo, **Edgard Blucher**, 1974.
- FABRICANTE, J.R. et al. Seleção de espécies autóctones da Caatinga para a recuperação de áreas invadidas por algaroba. **Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo**, v. 35, n. 84, p.

- 371-379, 2015. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/876>. Acesso em: 15 june 2018. Doi:<https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.84.876>.
- FAHN, A. "Secretory Tissues in Plants." **Academic Press**, London, 1979.
- _____. Plant Anatomy. 3.ed. Oxford: **Pergamon Press**, p.544, 1989.
- _____. Plant Anatomy. **Pergamon Press**, Oxford, 1990.
- _____. Structure and function of secretory cells. **Adv. Bot. Res**, v. 31, p. 37–75, 2000.
- FAHN, A.; CUTLER, D.F. Xerophytes. p. 87-98. In: Spez (ed.). **Encyclopedia of Plant Anatomy**. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1992.
- FALCÃO-SILVA, V.S. et al. Modulation of drug resistance in *Staphylococcus aureus* by a kaempfero glycoside from *Herissantia tiubae*(Malvaceae). **Phytother Res**, v.23, p. 1367, 2009.
- FAHMY, G.M. Leaf anatomy and its relation to the ecophysiology of some non-succulent desert plants from Egypt. **J Arid Environ**, v. 36, p. 499–525, 1997. Doi:10.1006/jare.1996.0217
- FRANCESCHI, V.R.; NAKATA, P.A. Calcium oxalate in plants: formation and function. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, p. 41-71, 2005.
- FRENETTE-DUSSAULT C. Functional structure of an arid steppe plant community reveals similarities with Grime's C-S-R theory. **J Veg Sci**, v. 23, p. 208-222. 2012. Doi: [10.1111/j.1654-1103.2011.01350.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01350.x)
- FOSTER, A.S. Plant idioblasts: remarkable examples of cells pecialization. **Protoplasma**, v. 46, p. 184–193, 1956.
- GARZON, M.B.; ALIA, R.; ROBSON, T.M; ZAVALA, M.A. Intra-specific variability and plasticity influence potential tree species distributions under climate change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, p. 766–778, 2011.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas Medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n.2, p. 374-381, 2007.

- GONÇALVES, I. C. R. et al. Soil microbial biomass after two year sof consecutive application. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 36, n.1, p. 35-41, 2014.
- GONZÁLEZ-ESQUINCA, A.R.; CASTRO-MORENO, M. Papel ecológico de los metabolitos secundarios. **Lacandonia**, v.1, n.2, p. 123-130, 2008.
- GOMES, A. Y. S. et al. Mechanism Involved in the Spamolytic Effect of a Mixture of Two Triterpenes, Cycloartenol and Cycloeucalenol, Isolated from *Herissanthia tiubae* in the Guinea-PigIleum, **Planta Medica**, v. 71, p. 1025-1029, 2005.
- GRINGS, M. O gênero *Pavonia* Cav.(Malvaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica/UFRG, 2011.
- GRIME J.P.; PIERCE S. The evolutionary strategies that shape ecosystems. Chichester, West Sussex, UK; Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell; 2012.
- GUERRA, A.; SCREMIN-DIAS, E. Leaf traits, sclerophylly and growth habits in plant species of a semiarid environment. **Braz. J. Bot**, v. 41, p. 131–144, 2018.
- HALLIK, L. et al. Generality of relationships between leaf pigment contents and spectral vegetation indices in Mallorca (Spain). **Regional Environmental Change**, v. 17, p. 2097-2109, 2017.
- HERNÁNDEZ, V. et al. Increased temperature produces changes in the bioactive composition of tomato depending on its developmental stage. **J. Agric. FoodChem**, v. 63, n.9, p. 2378-2382, 2015.
- HORNER, H.T. et al. Peruvian window-leaved Peperomia taxa display unique crystal macro patterns in high-altitude environments. **Int J PlantSci**, v. 178, p. 157–167, 2017.
- HUTCHINSON, J. Evolution and Phylogeny of Flowering Plants. **Academic Press** London, 1969.
- IBGE. Atlas Nacional do Brasil. Região Nordeste. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1985.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

- JACINTO, A.C.P. et al. Idioblasts formation and essential oil production in irrigated *Piper aduncum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 4, p. 447-452, out./dez. 2018.
- KARTAL, C. Calcium oxalate crystals in some species of the tribe Cardueae (Asteraceae). **BotSci**, v. 94, p. 107–119, 2016
- KENNEDY, G.G. Tomato, pests, parasitoids, and predators: tri trophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. **Annual Review of Entomology**, v.48, p.51–72, 2003.
- LATTAR, E. C. et al. Floral nectaries of *Heliocarpus popayanensis* and *Luehea divaricata* (Malvaceae-Grewioideae): structure and ultrastructure. **Australian Journal of Botany**, v. 66, n.1, 59, 2018. Doi:10.1071/bt17086
- LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. Plant physiological ecology. 2 ed. Berlin: **Springer**, 2008.
- LARCHER W. Ecofisiologia Vegetal. **RiMa Editora**, São Carlos, 2000.
- LEAL, I. R. et al. Changing the Course of Biodiversity Conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 701–706, 2005. Doi:10.1111/j.1523-1739.2005.00703.x
- LI, S. et al. Glandular trichomes as a barrier against atmospheric oxidative stress: relationships with ozone uptake, leaf damage, and emission of LOX products across a diverse set of species. **Plant Cell Environ.** Published online, 2018. Doi: 10.1111/pce.13128
- LIHAVAINEN, J. et al. Low vapor pressure deficit reduces glandular trichome density and modifies the chemical composition of cuticular waxes in silver birch leaves. **Tree Physiol**, 2017.
- LIMA, I. O. et al. Biological activity of *Herissantia crispa* (L.) Brizicky. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 249-254, 2009.
- MAIA-SILVA et al. Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga. 1 edição. Fortaleza, Ceará: Editora Fundação Brasil Cidadão, p.191, 2012.
- MEDIK, V. *Herissantia*. Churpfalz. Phys. **Oekon. Ges**, v. 4, n.1, p 244, 1788.

- MELO-JUNIOR, J. C. F.; BOEGER, T. M. R. Leaf traits and plastic potential of plant species in a light-edaphic gradient from restinga in southern Brazil. *Acta Biol. Colomb*, v. 21, p. 51–62, 2016.
- MESQUITA, A. C.; DANTAS, B. F.; CAIRO, P. A. R. Ecophysiology of caatinga native species under semi-arid conditions. **Bioscience Journal**, p. 81-89, 2018
- MENGARDA, L. H. G. et al. Light as an indicator of ecological succession in brazil wood (*Caesalpinia echinata* Lam.). **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 21, n. 1, p. 55 - 64, 2009.
- METCALFE, C.R.; L. CHALK. *Anatomy of the Dicotyledons*, Vol. I. Calerendon press, Oxford, 1950.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Caatinga <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>, 2014.
- MONTEIRO, W.R. et al. Ultrastructural observations on the foliar secretory cavities of *Porophyllum lanceolatum* DC. (Asteraceae). **Flora**, v. 194, p. 113-126, 1999.
- MORO, M. F. et al. Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **The Botanical Review**, v. 82, n.2, p. 91–148, 2016. Doi:10.1007/s12229-016-9164-z
- MOZZINI-MONTEIRO, T. Estudo da atividade psico imunomoduladora do extrato de *Herissantia tiubae* em modelos experimentais de asma. 2013. Dissertação de Mestrado Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB.
- MUNIZ, L.F. et al. Condições climáticas e de solo podem alterar a morfo-anatomia entre indivíduos de diferentes localidades? Um estudo de caso em *Aldama grandiflora* (Asteraceae). **Braz. J. Biol.** [online]. 2018, v.78, n.4, p.706-717, 2018. Doi: 10.1590/1519-6984.174636
- NAKATA, P.A. Plant calcium oxalate crystal formation, function, and its impact on human health. *Front Biol*, v. 7, p. 254–266, 2012.
- NEVES, D.M. et al. Environmental and historical controls of floristic composition across the South American Dry Diagonal. **J Biogeogr**, v. 42, p. 1566-1576, 2015. Doi: 10.1111/jbi.12529

- OCHOA, P.A. et al. Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. **Catena**, v. 140, p. 31-42, 2016.
- OLIVEIRA, D.P. A ação dos voláteis induzidos por herbivoria na comunicação entre plantas: *Croton floribundus* Spreng como espécie modelo. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pgibt/2018/04/dissertacao-.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2019.
- OLIVEIRA, F. L.; ARAÚJO, A. P.; GUERRA, J. G. M. Crescimento e acumulação de nutrientes em plantas de taro sob níveis de sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 291-298, 2011.
- OTERO, R. et al. Quercetin, a potent inhibitor against beta-catenin/ Tcf signaling in SW480 cólon cancer cells. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 328, p. 227-234, 2005. Doi: 10.1016/j.bbrc.2004.12.151
- PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. Pp 3-74 in I. R, Leal, M. Tabarelli, and J. M. C. Silva, eds. Ecologia e conservação da caatinga. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brazil, 2003.
- QUEIROZ, P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M.; MORO, M. **Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain**. In: da Silva JC, Leal I, Tabarelli M, editors. Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America. Springer, p. 23–63, 2017.
- RAGHU, K. The leaf secretory apparatus of *Hibiscus surattensis* and *Hibiscus sabdariffa* (Malvaceae): micromorphology, histo-phytochemistry and ultrastructure, 2015.
- RAGHU, K.; NAIDOO, Y.; DEWIR, Y. H. Secretory structures in the leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. South African Journal of Botany, v.121, p. 16–25, 2019. Doi:10.1016/j.sajb.2018.08.018
- RAO, B. G. et al. Review of literature: phyto pharmacological studies on *Thespesia populnea*. **Journal of Global Trends in Pharmaceutical Sciences**, 2018.

- RAMOS, B. H.; SILVA, K. L. F.; COIMBRA, R. R.; CHAGAS, D. B. & FERREIRA, W. D. M. Anatomy and micromorphometry of *Caryocar brasiliense* leaves. **Rodriguesia**, v. 66, p. 87–94, 2015.
- RODAL, M. J. N. Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de Caatinga em Pernambuco. Campinas. 198p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, 1992.
- RIZZINI, C.T. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2 ed. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural. Palhares Neto, L., de Souza, L.M., de Moraes, M.B. et al. *J Plant Growth Regul*, 1992.
- RODRÍGUEZ-GARCÍA, A. et al. Influence of climate variables on resin yield and secretory structures in tapped *Pinus pinaster* Ait. in central Spain. **Agric. Forest. Meteorol**, v. 202, p. 83-93, 2015.
- ROSSATTO, D. R.; KOLB, R. M.; FRANCO, A. C. Leaf anatomy is associated with the type of growth form in Neotropical savanna plants. *Botany*, v. 93, p. 507–518, 2015.
- ROTONDI, A. et al. Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a coastal Mediterranean *macchia* ecosystem. **J MeditEcol**, v.4, p. 25–35, 2003.
- SANTOS, C. M. et al. Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grown in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 203-213, 2013. Doi: 10.1016/j.indcrop.2012.04.003
- SALGADO, E.V. et al. Rainfall patterns and the contribution of litter in the caatinga dry tropical forest. **Rev. Ciênc. Agron.** [online], v. 46, n. 2, p. 299-309. 2015. Doi: 10.5935/1806-6690.20150009.
- SAMPAIO, E. V. S. B. **Overview of the Brazilian Caatinga**. In: S. H. Bullock, H. A. Mooney & E. Medina (eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge, p 35-63, 1995.
- SCAVEN, V.L.; RAFFERTY, N.E. Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interactions. **Current Zoology**, v. 59, p. 418–426, 2013.

- SHAHEEN, N. et al. Diversity of foliar trichomes and their systematic relevance in the genus *Hibiscus*(*Malvaceae*). **J. Agric. Biol.**, v. 11, p. 279-284, 2009.
- SHEUE, C.R.; YANG, Y.P.; HUANG, L.L.K. Altitudinal variation of resin ducts in *Pinus taiwanensis* Hayata (*Pinaceae*) needles. **Botanical Bulletin Academia Sinica** , v. 44, p. 305–313, 2003.
- SILVA, A. C.; SOUZA, A. F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America. **Plos One**, v.13, n. 4, e0196130, 2018. Doi:10.1371/journal.pone.0196130 .
- SILVA, DA. et al. Flavonóides glicosilados de *Herissantia tiubae* (K. Schum) Brizicky (*Malvaceae*) e testes farmacológicos preliminares do canferol 3,7-di-*O*- α -L-ramnopiranosideo. **Rev. Bras. Farmacognosia**, v. 15, p. 23-29, 2005.
- SILVA, I.V. et al. Estratégias anatómicas foliares de treze espécies de *Orchidaceae* ocorrentes em um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB)-MG, Brasil. **Acta Bot. Bras**, v. 20, p. 741–750, 2006.
- SILVA, CS. et al. Leaf morphology and anatomy of *Richterago discoidea* (*Asteraceae*): a taxonomic and ecological approach. **Feddes Repertorium**, 2019. Doi 10.1002/fedr.201800020
- SOFÍA, V.S. et al. Importancia de los taninos em especies del género *Quercus* como metabolitos secundários asociados a defensa contra insectos herbívoros. **Biologicas**, v. 18, p. 10-20. 2016. Disponível em: <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=247>. Acesso: 03 jul. 2019
- SOLEREDER, H. Systematic anatomy of the dicotyledons: a handbook for laboratories of pure and applied botany. Clarendon Press, Oxford, v. 1, 1908.
- SOMAVILLA, N. S.; RIBEIRO, D. G. Analise comparativa da anatomia foliar de *Melastomataceae* em ambiente de vereda e cerrado sensu stricto. **Acta Bot. Bras**, v. 25, p; 764– 775, 2011.

- SOUZA, V.C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2ª ed., Instituto Plantarum, **Nova Odessa**, 2008
- SOUZA, J.O.S. et al. Chemical composition and seasonality variability of the *Spiranthera odoratissima* volatile oils leaves. **Braz. J. Pharmacog**, v. 28, n.1, p. 16-20, 2018.
- VADIVEL, V.; SRIRAM, S.; BRINDHA, P. Distribution of flavonoids among Malvaceae family members – A review. **International Journal of Green Pharmacy**, v. 10, p. 33-45, 2016.
- VASIC. O.S.; DUBAK, D.V. Anatomical analysis of red Juniper leaf (*Juniperus oxycedrus*) taken from Kopaonik Mountain, Serbia. **Turk J Bot**, v. 36, p. 473–479, 2012.
- VENTURIERI, G. A.; VENTURIERI, G. C. Calogênese do híbrido *Theobroma grandiflorum* x *T. obovatum* (Sterculiaceae). **Acta Amazônica**, v.34, n. 4, p. 507-511, 2004.
- WANG C. et al. Assessing the response of yield and comprehensive fruit quality of tomato grown in green house to deficit irrigation and nitrogen application strategies. **Agric. Water Manage**, v. 161, p. 9-19, 2015.
- TAKKIS, K. et al. Climate change reduces nectar secretion in two common Mediterranean plants. **AoB Plants**, v. 7, plv111, p. 1-13, 2015. Doi:10.1093/aobpla/plv111
- THITZ, P. et al. Production of glandular trichomes responds to water stress and temperature in silver birch (*Betula pendula*) leaves. **Canadian Journal of Forest Research**, v.47, p. 1075-1081, 2017.

ANEXO A

Normas para publicação no periódico Flora

Disponível em: <https://www.elsevier.com/journals/flora/0367-2530/guide-for-authors>



FLORA

Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

• Description	p.1
• Audience	p.1
• Impact Factor	p.1
• Abstracting and Indexing	p.2
• Editorial Board	p.2
• Guide for Authors	p.4



ISSN: 0367-2530

DESCRIPTION

FLORA, the scientific botanical journal with the longest uninterrupted publication sequence (since 1818), considers manuscripts in a range of areas of botany which appeal to a broad international scientific readership. The journal publishes original contributions and review articles on plant structure (morphology and anatomy), plant developmental biology (ontogeny), phytogeography (including phylogeography), plant population genetics, plant functional ecology (including ecophysiology), plant population ecology, biotic interactions between plants and other organisms, plant community ecology, and ecosystem ecology. Suggestions for Special Issues are welcome, as are compilations of manuscripts (both original and review articles) for Special Features on a specific topic.

Manuscripts on the following subjects are highly welcome, especially when they integrate between areas or research approaches: comparative and evolutionary aspects of morphology, anatomy and development, ecophysiology of plant species related to their distribution, mechanisms of ecological interactions in plant communities (e.g. plant-plant interactions, plant-soil feedback, and plant-animal interactions), reproductive ecology including plant-pollinator interactions, genetic and spatial structure of plant populations, and functional diversity in plant communities.

Manuscripts focused on floristics or vegetation studies will only be considered if they go beyond a purely descriptive approach and have relevance for interpreting plant structure, distribution or ecology. Manuscripts whose content is restricted to taxonomy, phylogeny, nomenclature, or geobotanical or applied agricultural, horticultural, pharmacological or silvicultural aspects of local interest, or experimental studies dealing exclusively with investigations at the cellular or subcellular level will not be considered for publication.

AUDIENCE

Botanists, ecologists, ecophysiolgists, specialists in vegetation science, vegetation ecology, plant geography, conservation biology, plant morphologists

IMPACT FACTOR

2018: 1.423 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2019

ANEXO B

Normas para publicação no periódico AustralianJournalofBotany

Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/bt/forauthors/AuthorInstructions#26>

About the Journal

Australian Journal of Botany is an international journal for publication of original research in plant science. We seek papers of broad interest with relevance to Southern Hemisphere ecosystems. Our scope encompasses all approaches to understanding plant biology.

Publishing Model: Hybrid. Open Access options available.

Awards

The Editorial Board of the **Australian Journal of Botany** is pleased to offer an annual Student Prize for the best student-authored paper published in the Journal.

Social Media

Follow the journal on social media using the hashtag **#AusJBotany**

Bibliographic Details

ISSN: 0067-1924

eISSN: 1444-9862

Frequency: 8 issues per year

Current Issue: Volume 68 (2)

Impact Factor: 1.39