



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS, ALGAS E  
PLANTAS

Calebe Borges

**Morfoanatomia ecológica de *Centella asiatica* (Apiaceae) ocorrente na restinga  
e em ambiente antropizado**

Florianópolis

2023

Calebe Borges

**Morfoanatomia ecológica de *Centella asiatica* (Apiaceae) ocorrente na restinga  
e em ambiente antropizado**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Biologia de Fungos, Algas e Plantas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ana Claudia Rodrigues, Dr.(a)

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Borges, Calebe

Morfoanatomia ecológica de *Centella asiatica* (Apiaceae)  
ocorrente na restinga e em ambiente antropizado / Calebe  
Borges ; orientadora, Ana Claudia Rodrigues, 2023.  
66 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós  
Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas,  
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Biologia de Fungos, Algas e Plantas. 2. *Hydrocotyle*  
*asiatica*. 3. Folha. 4. Estolão. 5. Raiz. I. Rodrigues, Ana  
Claudia. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e  
Plantas. III. Título.

Calebe Borges

**Morfoanatomia ecológica de *Centella asiatica* (Apiaceae) ocorrente na restinga e em ambiente antropizado**

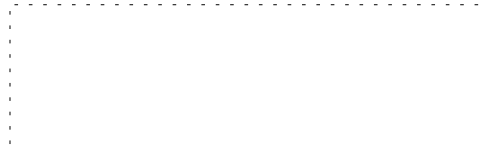
O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 16 de junho de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Ana Claudia Rodrigues, Dr.(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof.(a) Makeli Garibotti Lusa, Dr.(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof.(a) Shirley Martins Silva, Dr.(a)  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Biologia de Fungos, Algas e Plantas.



Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof.(a) Ana Claudia Rodrigues, Dr.(a)  
Orientadora

Florianópolis, 2023.



“Ser Biólogo é ser feliz até morrer!”

Nanuza Luiza de Menezes

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer a Universidade Federal de Santa Catarina, ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas, e ao Laboratório de Anatomia Vegetal, pela oportunidade.

Ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina (FUMDES/UNIEDU), pela concessão de bolsa de pós-graduação em nível de especialização/mestrado.

A minha orientadora no mestrado, Ana Claudia Rodrigues, ser humano sem igual, mulher guerreira, dedicada, aplicada e acessível para cada uma das execuções e dúvidas. Considero-a muito mais que uma orientadora e professora, mas um exemplo a ser seguido.

Aos professores e professoras, que compartilharam seus saberes e experiências durante o período de desenvolvimento do mestrado.

Ao professor Marcos André Braz Vaz do departamento de estatística, e a Patrícia Menegaz de Farias, pelo apoio.

Aos funcionários do departamento de Botânica, a equipe de segurança e higienização pelo zelo, e pela ação rápida para proteger o patrimônio e aos materiais de pesquisa, principalmente durante as fortes chuvas e tempestades que devastaram parte do estado de Santa Catarina no mês de dezembro de 2022.

Aos estagiários PIBIC Matheus Nascimento e Amanda Baldessar, a graduanda em biologia Tais, pelo apoio nos trabalhos laboratoriais, e a todos os colegas de mestrado e doutorado, pelas trocas de saberes e partilha de momentos especiais durante o mestrado.

A minha família por estar ao meu lado em todos os momentos e desafios da minha vida, e pelo seu apoio e incentivo nas decisões de minha vida. A minha avó Tereza Baldini Borges (in memoriam), pelo amor às plantas.

A médica Juliana Lorenzoni Althoff e toda sua equipe, por me ajudar num dos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos amigos que compartilham comigo o dia a dia, pela paciência e apoio.

Muito obrigado.

## RESUMO

As plantas na restinga podem desenvolver adaptações relacionadas à ajustes hidrológicos, resistência ao excesso de salinidade, mecanismo fotossintético e defesa ao excesso de irradiação solar. *Centella asiatica* (L.) Urb. (Apiaceae) é a única espécie do gênero no Brasil, que ocorre em diversos habitats dentre eles a restinga. Os principais estudos com a espécie estão normalmente associados à histoquímica aplicada à farmacologia, ecologia e genética, e não enfatizam variações morfoanatômicas relacionadas à diferentes ambientes. O objetivo deste trabalho é analisar a morfoanatomia de *C. asiatica* em diferentes ambientes na restinga e em área antropizada, a fim de identificar características adaptativas aos referidos ambientes. As coletas do material vegetal (raiz, estolão e folha) e solo foram realizadas no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição: baixada alagada (ALA), baixada úmida (BUM), baixada seca pouco sombreada (BSP), baixada úmida sombreada (BUS), baixada seca sombreada (BSS) e em área antropizada (ANT), próxima à UFSC. Para os estudos morfológicos foram mensurados área da lâmina foliar, massa fresca e massa seca foliar, comprimento do pecíolo e dos entrenós do estolão, através de técnicas usuais. Para os estudos anatômicos foram mensurados a espessura da epiderme em ambas as faces da lâmina, a espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso, espessura do mesofilo, o diâmetro do pecíolo e estolão, e medula fistulosa de ambos os órgãos, além de mensurar os elementos de vasos do estolão e raiz. Foram realizados estudos dos estômatos em ambas as faces da folha em material diafanizado e sob microscopia eletrônica de varredura. Também, foram realizados testes histoquímicos em todos os órgãos através de técnicas usuais em estudos de anatomia vegetal. Os dados mensurados foram analisados estatisticamente. *C. asiatica* apresenta caule subterrâneo do tipo estolão simpodial, prostrado, forma raízes adventícias e uma a seis folhas pecioladas por nó. Nossos resultados indicam que *C. asiatica* apresenta adaptações morfoanatômicas capazes de maximizar seu ganho energético em diferentes condições ambientais, como: folha anfiestomática, pecíolo alongado a fim de expor melhor a lâmina foliar à melhor captação de energia, maior área foliar em ambientes mais sombreados parênquima paliçádico conspícuo em ambiente de sol e menos conspícuo no ambiente sombreado e ANT. Outras características como espessura da parede da célula epidérmica em ambas as faces, formação de aerênquimas, alongamento de entrenós do estolão, densidade estomática e morfologia dos estômatos e comprimento e diâmetro dos elementos de vasos não tiveram variação significativa nos diferentes pontos analisados. Plantas de ambiente antropizado mostram diferenças significativas entre as plantas da restinga, em alguns parâmetros analisados, os quais estão possivelmente relacionados ao ambiente ser mais sombreado em ANT e por diferenças na composição do solo. Foram ainda identificadas estruturas secretoras como canais secretores em todos os órgãos vegetativos da planta os quais secretam polissacarídeos ácidos e neutros e hidatódios nas margens serrilhadas da lâmina foliar.

**Palavras-chave:** *Hydrocotyle asiatica*; gotu-kola; dinheiro-em-penca.

## ABSTRACT

**Ecological morphoanatomy of *Centella asiatica* (Apiaceae) occurring in restinga and anthropized environment.** Restinga plants can develop adaptations related to hydrological adjustments, resistance to salinity excess, photosynthetic mechanism, and defense against excessive solar irradiation. *Centella asiatica* (L.) Urb. (Apiaceae) is the only species of the genus in Brazil, which occurs in several habitats, including the Restinga. The main studies with the species are usually associated with histochemistry applied to pharmacology, ecology and genetics, without emphasizing morpho-anatomical variations related to different environments. The aim of this work is to analyze the morphoanatomy of *C. asiatica* in different environments in restinga and anthropic area, in order to identify adaptive characteristics to the respective environments. The collection of plant material (root, stolon, and leaf) and soil was carried out in the Parque Natural das Dunas da Lagoa da Conceição, in regions of flooded lowland (ALA), humid lowland (BUM), slightly shaded dry lowland (BSP), shaded humid lowland (BUS), shaded dry lowland (BSS) and in an anthropized area (ANT), near UFSC. For the morphological studies leaf blade area, fresh and dry leaf mass, petiole length, and stolon internode length were measured through usual techniques. For the anatomical studies the thickness of the epidermis on both sides of the lamina, the thickness of the palisade and spongy parenchyma, the thickness of the mesophyll, the diameter of the petiole and stolon, and fistulous medulla of both organs were measured, in addition to measuring the vessel elements of the stolon and root. Studies of the stomata on both sides of the leaf were also conducted using diaphanized material and scanning electron microscopy. Also, histochemical tests on all organs using techniques usual studies were performed. The measured data were statistically analyzed. *C. asiatica* has stolon prostrate circular stems with adventitious roots, and one to six petiolate leaves arising from the nodes. Our results show *C. asiatica* presents morphoanatomical adaptations to maximize its energy gain under different environmental conditions, such: amphistomatic leaf, elongating the petiole in order to enhance leaf blade to increased energy capture, increasing the leaf area in more shaded environment, in addition to adapting the chlorophyll parenchyma structure, like palisade parenchyma more conspicuous in a sunny environment and less conspicuous in a shaded environment (ANT). Other characteristics did not vary significantly at the different points analyzed such as epidermal cell wall thickness on both faces, aerenchyma formation, stolon internode elongation, stomatal density and stomata morphology, and length and diameter of vessel elements. Plants from anthropized environment had significant differences among the Restinga plants, for some analyzed parameters, which are possibly related to the environment being more shaded in ANT and variations in soil composition. Were also identified secretory structures like secretory channels in all vegetative organs which secrete acidic and neutral polysaccharides and hydathodes in the serrated margins of the blade leaf.

**Keywords:** *Hydrocotyle asiatica*; gotu-kola; dinheiro-em-penca.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Mapa dos locais de coleta. A. Restinga do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). B. Área antropizada próximo à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no bairro Pantanal, ambas em Florianópolis (Santa Catarina).....21
- Figura 2 – Ilustração dos locais de coleta ocorrentes no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). A. Visão superior: marrom escuro região de baixada, marrom claro dunas e bege área plana. B-C. Perfil vertical. B. Baixada alagada no período de cheia. C. Baixada úmida no período de estiagem.....23
- Figura 3 – Locais de coleta. A-E. Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). F. Área antropizada. A. Baixada alagada (submerso) (ALA). B. Baixada úmida sem sombreamento (BUM). C. Baixada seca pouco sombreada (BSP). D. Baixada úmida sombreada (BUS). E. Baixada seca sombreada (BSS). e F. Área antropizada (ANT). .....23
- Figura 4 – Hábito de *Centella asiatica*. A. Baixada alagada (submerso) (ALA). B. Baixada úmida sem sombreamento (BUM). C. Baixada seca pouco sombreada (BSP). D. Baixada úmida sombreada (BUS). E. Baixada seca sombreada (BSS). F. Área antropizada (ANT). Escala: 5 cm.....29
- Figura 5 – Gráficos de violino, com dados homogêneos das mensurações morfológicas de *Centella asiatica* em diferentes pontos de coleta. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....31
- Figura 6 – Secções transversais do pecíolo de *Centella asiatica* obtidas no ambiente BSS - Baixada seca sombreada. A. Visão geral, com epiderme, córtex, cilindro vascular e medula fistulosa. B. Detalhe da epiderme com cutícula ornamentada. C. Detalhes córtex. D. Detalhes do feixe vascular colateral com três canais secretores. colênquima (CO); canal secretor (CS); epiderme (EP); estômato (ES); fibras (FI); floema (FL); feixe vascular (FV); medula fistulosa (MF); metaxilema (MX); parênquima de clorofiliano (PC); protoxilema (PX); sulco (SU).....33

- Figura 7 – Gráficos em violino das mensurações dos parâmetros quantitativos do pecíolo de *Centella asiática*. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....34
- Figura 8 – Epiderme da lâmina foliar de *Centella asiática* em diferentes ambientes, sob Microscopia Eletrônica de Varredura. A. Face adaxial e B. Face abaxial no ambiente ALA - Baixada alagada (submerso), C. Face adaxial e D. Face abaxial no ambiente BUM - Baixada úmida sem sombreamento. E. Face adaxial e F. Face abaxial no ambiente BSP – Baixada úmida sombreada. G. Face adaxial e H. Face abaxial no ambiente BUS – Baixada seca sombreada. I. Face adaxial e J. Face abaxial no ambiente BSS – Baixada seca sombreada. K. Face adaxial e L. Face abaxial no ambiente ANT - Área antropizada M. Detalhe de tricoma tector na face abaxial. N. Hidatódio (HI). O. Ápice da borda serrilhada mostrando hidatódio em secção paradérmica e destaque dos feixes vasculares (FV). Escala: 50 µm.....35
- Figura 9 – Gráficos em violino das mensurações dos parâmetros quantitativos dos estômatos de ambas as faces da lâmina foliar de *Centella asiática*. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....37
- Figura 10 – Lâmina foliar de *Centella asiática*. Secções transversais (A, B, D, F-K), paradérmicas (C, E). A. Visão geral da nervura central e lâmina foliar. B. Detalhe do bordo foliar. C. Detalhe do hidatódio. D. Detalhe da nervura central com feixe vascular colateral e canal secretor. E. Secção paradérmica mostrando canal secretor. F-K. Detalhes do mesofilo: F. ALA - Baixada alagada (submerso). G. BUM - Baixada úmida sem sombreamento. H. BSP – Baixada seca pouco sombreada. I. BUS – Baixada úmida sombreada. J. BSS – Baixada seca sombreada K. ANT - Área antropizada. câmara subestomática (CE); canal secretor (CS); colênquima (CO); Idioblasto com drusa (ID); epiderme (EP); estômato (ES); floema (FL); feixe vascular (FV); hidatódio (HI) metaxilema (MX);

parênquima esponjoso (PE); parênquima paliçádico (PP); protoxilema (PX); e tricoma (TR). Escala: 100 µm.....38

Figura 11 – Gráficos em caixa (boxplot) dos parâmetros anatômicos quantitativos da lâmina foliar de *Centella asiatica* em diferentes ambientes. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....41

Figura 12 – Secções transversais do estolão de *Centella asiatica*. A. Visão geral. B. Detalhe da epiderme com cutícula ornamentada e estômato. C. Detalhes do feixe vascular colateral. D. Detalhes do canal secretor. E. Detalhe da periderme. F. Detalhe do córtex com idioblasto com antocianina. aerênquima (AE); Idioblasto com antocianina (AN); Esclereídes (AR); cloroplastos (CL); colênquima angular (CO); canal secretor (CS); cutícula ornamentada (CT); cilindro vascular (CV); córtex (CX); metaxilema (MX); epiderme uniestratificada (EP); estômatos (ES); elemento de vaso (EV); fibras (FI) floema (FL); feixes vasculares (FV) parênquima (PA); periderme (PE); e protoxilema (PX).....43

Figura 13 – Gráficos em caixa (boxplot) dos parâmetros anatômicas quantitativos do estolão de *Centella asiatica* em diferentes ambientes. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....44

Figura 14 – Secções transversais da raiz de *Centella asiatica*. A. Visão geral onde se observa epiderme, córtex e cilindro vascular. B. Detalhe da epiderme colapsada, exoderme e aerênquima. C. Detalhe mostrando córtex interno com endoderme e cilindro vascular. D. Ocorrência do canal secretor com quatro células epiteliais. aerênquima (AE); canal secretor (CS); córtex (CX); cilindro vascular (CV); endoderme (EN); epiderme (EP); exoderme (EX); floema (FL); metaxilema (MX); parênquima (PA); parênquima de preenchimento (PP); periderme (PR); protoxilema (PX); xilema (XI); Escalas 100 µm.....46

Figura 15 – Gráficos em caixa (boxplot) dos parâmetros dos elementos de vasos da raiz de *Centella asiatica* em diferentes ambientes. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada

seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS);  
Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....46



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Localizações geográficas dos locais de coleta no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC) e da área antropizada, próximo à UFSC em UTM 22S – DATUM SIRGAS 2000....22
- Tabela 2 – Dados de percentuais de umidade do solo e sombreamento nos pontos de coleta.....27
- Tabela 3 – Análise de solo com dados obtidos nos pontos de coleta no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC) e da área antropizada. Letras diferentes na mesma linha indicam variação significativa de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ), e \* indica não haver variação; percentual de argila m/v (Arg.); pH-Água 1:1 (pH 1:1); índice de correção de acidez do solo pelo método Shoemaker, Mac lean e Pratt (SMP); Fósforo mg/dm<sup>3</sup> (P); Potássio mg/dm<sup>3</sup> (K); percentual de Matéria Orgânica (M.O.); %Saturação na CTC (<sup>1</sup>); Alumínio cmolc/dm<sup>3</sup> (Al); Cálcio cmolc/dm<sup>3</sup> (Ca); Magnésio cmolc/dm<sup>3</sup> (Mg); Valores de Acidez potencial cmolc/dm<sup>3</sup> (H + Al); capacidade de Troca de Cations a pH 7.0 cmolc/dm<sup>3</sup> (CTC pH 7.0); porcentagem de saturação por alumínio (Al) e percentual de saturação por bases (V), dados em percentual na CTC; Soma das bases (S); relação entre Cálcio e Magnésio (Ca/Mg); relação entre Cálcio e Potássio (Ca/K); relação entre Magnésio e Potássio (Mg/K); Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT); Dados de média ( $\pm$  Desvio padrão).....28
- Tabela 4 – Caracteres morfológicos quantitativos de *Centella asiatica* em diferentes pontos de coleta. Baixada alagada (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT). Letras diferentes na mesma linha indicam variação significativa de acordo com Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).....30
- Tabela 5 – Parâmetros quantitativos do pecíolo de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada

úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).....33

Tabela 6 – Parâmetros quantitativos dos estômatos analisados em ambas as faces da lâmina foliar de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ) e \* indica não haver variação; Dados entre [], indicam comparação entre face abaxial e adaxial do mesmo ambiente. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....36

Tabela 7 – Parâmetros anatômicos quantitativos da lâmina foliar de *Centella asiatica*. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ). Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....40

Tabela 8 – Parâmetros anatômicos quantitativos do estolão de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ). Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....44

Tabela 9 – Medidas dos elementos de vaso da raiz de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ). Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).....46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Anatomia Ecológica
AF	Área foliares
Al	Alumínio
ANOVA	Análise de Variância Univariada
ATO	Azul de Toluidina
Ca	Cálcio
Cfa	Clima subtropical úmido com verões quentes
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FAA	Formaldeído, ácido acético e álcool etílico
H <sup>+</sup>	Concentração de íons de Hidrogênio
IU	Índice de umidade
GS	Grau de suculência
K	Potássio
LCME	Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
MF	Massa fresca
Mg	Magnésio
MS	Massa seca
NaCl	Cloreto de sódio
P	Fósforo
PAS	Periodic acid-Schiff's
PCA	Análises dos componentes principais
pH	Potencial hidrogeniônico
PNMDLC	Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição
SMP	Solução tampão
SFE	Sistema Fisionômico-Ecológicos
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UTM	Unidade Transversa de Mercator

## LISTA DE SÍMBOLOS

µm	Micrômetro
cm	Centímetro
°C	Graus célcus
g	Gramas
GL	Graus Gay-Lussac
m	Metro
meq/100g	Miliequivalente por 100 g de solo
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
ppm	Partícula por milhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 ÁREA DO ESTUDO.....	21
3.2 COLETA DAS AMOSTRAS.....	22
3.3 COLETA DO SOLO.....	24
3.4 MORFOLOGIA.....	24
3.5 MICROSCOPIA DE LUZ.....	25
3.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	26
3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	26
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
4.1 ANÁLISE DO SOLO E CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	27
4.2 MORFOLOGIA.....	28
4.3 ESTUDO ANATÔMICO QUALITATIVO E QUANTITATIVO.....	32
<b>4.3.1 Folha.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3.2 Estolão.....</b>	<b>41</b>
<b>4.3.3 Raiz.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.4 Análises histoquímicas.....</b>	<b>47</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O domínio da Mata Atlântica é o terceiro mais representativo no território brasileiro, sendo a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, composta por 15 ecorregiões e diferentes Sistemas Fisionômicos-Ecológicos (SFE), como a floresta ombrófila mista (floresta das araucárias), floresta ombrófila densa (floresta tropical pluvial), as restingas e os manguezais (IBGE, 2015, CARDOSO, 2016, WWF, 2017). As restingas ocorrem nas regiões costeiras, nesses ambientes é presenciado baixa disponibilidade de matéria orgânica, drenagem rápida da água de precipitação, superaquecimento em algumas horas do dia ocasionado por forte insolação, alta salinidade influenciado pela marisma, acidez natural do solo e fortes ventos que podem gerar o soterramento das plantas pelo transporte da areia (BRESOLIN, 1979, WAECHTER, 1985, HESP, 1991, SCARANO, 2002, JUNIOR, 2004, BOEGER e GLUZEZAK, 2006, CORDAZZO *et al.*, 2006, KUSTER, 2010). Segundo POTTER *et al.*, (2004) regiões antropizadas catarinense, tem solo identificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Álico, com pH ácido, baixo carbono orgânico, soma de bases trocáveis entre 0,5 e 4,0 meq/100g, com forte eutrofização, elevados teores de alumínio trocáveis, e, apesar de registrar alta capacidade de troca catiônica, a atividade química da argila é baixa.

As restingas, nas últimas décadas vêm sofrendo impactos antrópicos, causados principalmente pela especulação imobiliária cuja taxa de ocupação humana de indivíduo por hectare é cinco vezes maior do que nos demais ambientes do território brasileiro (DANTAS, 2012). Ressalta-se que as regiões costeiras são as áreas mais habitadas em todo o planeta, estando esses ambientes mais vulneráveis às mudanças climáticas e de elevação do nível do mar, podendo estes eventos serem mais agravados com aumento de gases que elevam o efeito estufa, rejeitos e compostos de difícil decomposição descartados incorretamente e deficiência de saneamento básico (VIBRANS *et al.*, 2010, LI *et al.*, 2016, IPCC, 2021).

Uma das estratégias na manutenção da biodiversidade e dos recursos para uso sustentável, frente a antropização e degradação ambiental, têm-se a delimitação de áreas destinadas à preservação ambiental (BRASIL, 2006, LI *et al.*, 2016), como no caso do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC), localizado no município de Florianópolis (FLORIANÓPOLIS, 2018). O PNMDLC tem por objetivo proteger a diversidade geológica, geomorfológica e espeleológica

(FLORIANÓPOLIS, 2018), onde se observa importante gradiente ecológico, dentre elas, a biodiversidade de fauna e flora de vegetação de dunas, de restinga herbácea, arbustiva e arbórea, e da ocorrência temporária de lagoas de precipitação nos pontos mais baixos do parque (BELTRAME, 2006, KORTE *et al.*, 2013). Segundo Güttler (2006), no PNMDLC são observadas cinco fitofisionomias: baixada central, com área total do parque de 33,9%, caracteriza-se por uma grande baixada, com presença de pequenos corpos d'água, sendo que o tamanho e número destes corpos d'água varia conforme o nível do lençol freático; dunas móveis e semifixas composta por 25,5% do território total; dunas fixas que ocupam 20,4% do parque; baixada oeste que ocupa cerca de 9,2%,; dunas fixas de nordeste que ocupam cerca de 7,1%,; e a região de duna frontal compõe 4% do parque, paralela à praia da Joaquina e de vegetação predominante de herbácea e/ou /subarbustiva. Além das questões ambientais de estresses das áreas de restingas, as lagoas de precipitação observadas nas zonas de baixada central, baixada oeste e dunas fixas de nordeste, possuem características ímpares, no qual, pode-se observar períodos de seca ou baixa pluviosidade e alta pluviosidade, com parcial ou total afundamento da flora sob a água (GÜTTLER, 2006). Esses diferentes fatores, delegam às plantas a desenvolvem adaptações relacionadas à obtenção, armazenamento e ajustes hidrológicos, resistência ao excesso de salinidade, mecanismo fotossintético e defesa para o excesso de irradiação solar e, ou de propagação, como rizomas ou estolões (CORDAZZO *et al.*, 2006, MCLACHLAN *et al.*, 2018).

As respostas adaptativas funcionais das plantas às diferentes condições ambientais por flexibilidade de fenótipos, é conhecida como plasticidade fenotípica, isto é, a amplitude de respostas possíveis dentro de um mesmo genótipo, que é observado no processo de aclimatação, e esses ajustes podem ser fisiológicos, morfológicos e anatômicos (SOARES, 2012). O órgão mais plástico, ou seja, aquele que apresenta maiores variações morfoanatômicas são as folhas, cujas variações podem ser a área foliar, espessura foliar, e da cutícula, densidade estomática e tricomas (FAHN, 1978, GOULET e BELLEFLEUR, 1986). Portanto, a capacidade das plantas de se adaptarem às condições ambientais, ou às mudanças ambientais durante longos períodos de tempo, levam à sua diversidade/diversificação biológica, tanto pela alteração da composição química e bioatividade, quanto por mudanças anatômicas, bioquímicas e características fisiológicas (NAV *et al.*, 2021).

Das características observadas nas plantas de restinga, a plasticidade morfo-anatômica da área foliar e espessura do mesofilo e parênquima paliçádico são as mais citadas, onde, em região de maior irradiação solar, as plantas apresentam menor área foliar, aumento da densidade estomática, espessura do mesofilo e parênquima paliçádico, o que indica adaptação para maior obtenção de CO<sub>2</sub> e área fotossintetizante, sendo essas características observadas em plantas como, *Acicarpa bonariensis* (Pers.) Herter, *Alternanthera littoralis* P.Beauv., *Blutaparon portulacoides* (A.St.-Hil.) Mears, *Canavalia rosea* (Sw.) DC., *Hydrocotyle bonariensis* Lam., *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br. e *Cyperus pedunculatus* (R.Br.) J.Kern (BOEGER e GLUZEZAK, 2006), *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (SANTOS *et al.*, 2010), *Aechmea comata* (Gaudich.) Baker (VOLTOLINI e SANTOS, 2011), *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (ARAUJO *et al.*, 2017) e *Smilax campestris* Griseb. (CABRAL *et al.*, 2018).

Uma planta amplamente encontrada em diferentes fitofisionomias da restinga, é *Centella asiatica* (L.) Urb. (Apiaceae), de nome popular hidrocótula e pé-de-cavalo, espécie originária do norte da África e sudoeste asiático, e a única do gênero a ocorrer no território brasileiro (CORRÊA e PIRANI, 2005, LUCAS, 2023). O gênero *Centella* L. é composto por ervas e subarbustos eretos e xerófitos de folhas simples, alternas, pecíolos invaginantes, flores brancas, possuindo distribuição Pantropical, presente nas zonas temperadas, tropicais e subtropicais, com cerca de 50 espécies (CORRÊA e PIRANI, 2005, NAV *et al.*, 2021).

A espécie *C. asiatica* pode ser encontrada de modo subespontâneo (não nativo, naturalizado e possivelmente invasor), nas regiões sul e sudeste, além de estar presente no centro-oeste e parte do nordeste brasileiro, compreendendo os domínios do cerrado, mata atlântica e pampa (LUCAS, 2023). Na restinga, é observada nas fitofisionomias herbácea e subarbusciva de praias e dunas frontais (CONAMA, 1999, BINFARÉ, 2016), e nas dunas internas e planícies (BINFARÉ, 2016). *C. asiatica* tem uso medicinal e vêm sendo amplamente estudada e utilizada em tratamentos para diabetes (OYENIHI *et al.*, 2020), neuroproteção e Alzheimer (JANTWAL *et al.*, 2020, NAV *et al.*, 2021), anemia, epistaxe e hepatite (BELWAL *et al.*, 2019), fotoenvelhecimento da pele, celulite e estrias (BYLKA *et al.*, 2013). A planta também possui potencial antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiano e no combate ao câncer (NAV *et al.*, 2021), sendo seu uso transcendente pela medicina tradicional por largas gerações, e diferentes áreas da medicina (UDDIN *et al.*, 2017).



Os trabalhos que envolvem estudos com *C. asiatica*, são principalmente relacionados a farmacologia e químicos aplicados a área da saúde. Poucos estudos tratam da anatomia de *C. asiatica*, destacamos os trabalhos de Jelani *et al.* (1993), Sarma e Mazumder (2011), Alqahtani *et al.* (2017) e Sudhakaran (2017). Jelani *et al.* (1993) desenvolveram análises histoquímicas e identificação das características anatômicas de todos os órgãos. Sarma e Mazumder (2011) analisaram aspectos da morfoanatomia de *C. asiatica* em diferentes habitats na Índia cujos resultados mostraram correlação significativa entre os caracteres analisados e os diferentes habitats. Alqahtani *et al.* (2017) desenvolveram estudo morfológico e genético, com finalidade de comparar três espécies do gênero *Centella*. E. Sudhakaran (2017), buscou identificar marcadores farmacológicos específicos, e com maior enfoque na catalogação de cristais. Outros estudos envolvendo *C. asiatica* demonstram ocorrência de alcalóides, aminoácidos, carboidratos, esteróis, fenóis, fitoesteróis, flavonóides, glicosídeos, sais inorgânicos, taninos e terpenóides (JELANI *et al.*, 1993; CHONG e AZIZ, 2011; BELWAL *et al.*, 2019; NAV *et al.*, 2021). Segundo Sardrood *et al.* (2009) há atualmente 43 compostos identificados, que ocorrem na espécie *C. asiatica*. Os estudos todavia, enfocam nos triterpenos pentacíclicos, conhecidos como Centellosides: Asiaticoside, Ácido Asiático, Drahnoside, Glicoside, Madecassoside, Ácido Madecassic e Ácido Termonolic (JELANI *et al.*, 1993; CHONG e AZIZ, 2011; JANTWAL *et al.*, 2021; NAV *et al.*, 2021). Cada um dos compostos age de modo a inibir ou ativar setores da planta, como crescimento de estruturas e processo de defesa (NAV *et al.*, 2021).

Chama-se atenção que os estudos de anatomia citados acima não contemplam investigações de anatomia ecológica de *C. asiatica* em ambientes de restinga. Levando-se em consideração que a restinga é um ambiente complexo e com estressores ambientais relevantes (CORDAZZO *et al.*, 2006), o estudo de anatomia ecológica (AE) com a referida espécie é importante para o entendimento de possíveis adaptações da espécie no referido local.

Assim, desenvolver estudo de AE com a espécie em diferentes ambientes de restinga e também compará-la no ambiente antropizado, fora da restinga, amplia o leque de conhecimento de possíveis estratégias adaptativas aos diferentes ambientes em questão. Também, na histoquímica o trabalho também fornece informações úteis de reconhecimento morfoanatômicos, podendo ser aplicável no controle de qualidade da espécie.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVOS GERAIS

Analisar a morfoanatomia de *Centella asiatica* (L.) Urb. (Apiaceae) em diferentes ambientes na restinga e em área antropizada, a fim de identificar características adaptativas aos referidos ambientes.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

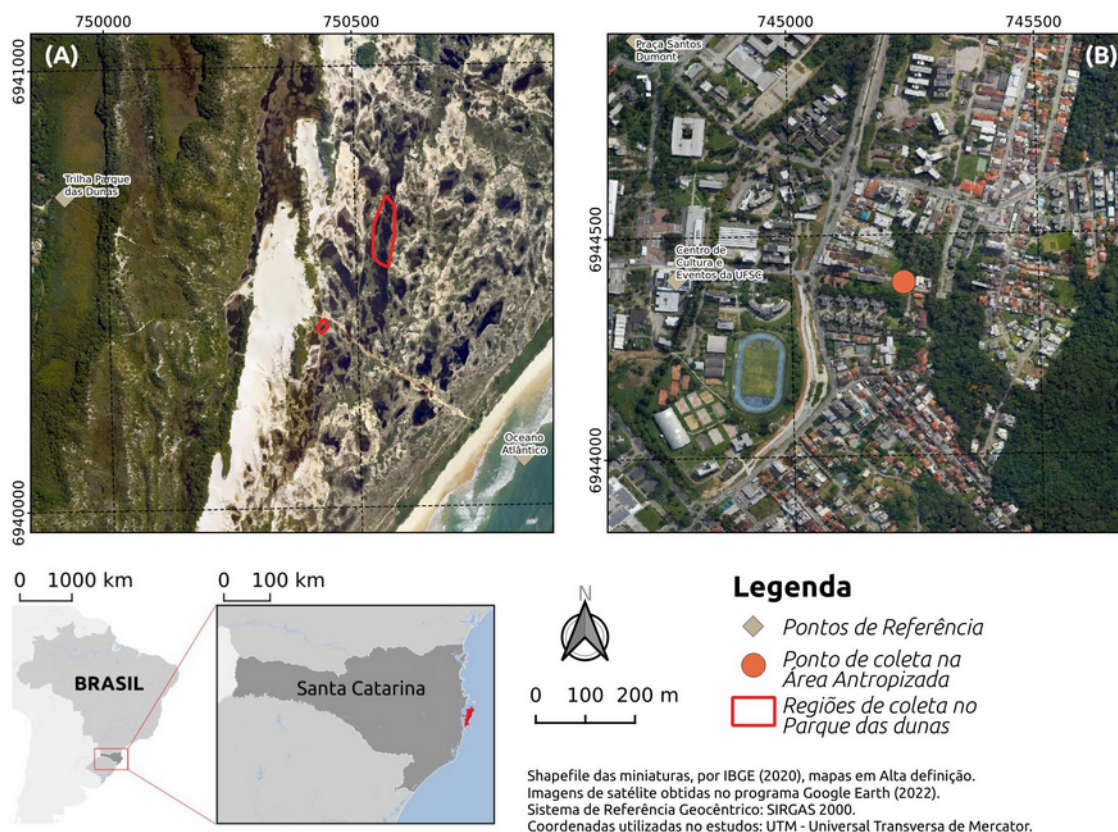
- A) Descrever o ambiente das coletas;
- B) Realizar análises do solo: composição granulométrica dos constituintes do solo, carbono orgânico total, Ca, Mg, P, K, pH e capacidade de troca iônica;
- C) Caracterizar o hábito morfológico de *C. asiatica* com ênfase nas relações adaptativas em diferentes ambientes da restinga;
- D) Descrever e mensurar traços e atributos funcionais morfológicos dos indivíduos nos diferentes ambientes;
- E) Caracterizar sob microscopia de luz, a anatomia dos tecidos constituintes dos órgãos vegetativos: raiz, estolão e folha nos diferentes ambientes, enfatizando as estruturas secretoras;
- F) Realizar análises histoquímicas, sob microscopia de luz, dos órgãos vegetativos, enfatizando as estruturas secretoras;
- G) Realizar estudos quantitativos dos estômatos sob microscopia de luz;
- H) Realizar estudos quantitativos da lâmina foliar, em secção transversal, sob microscopia de luz;
- I) Descrever a micromorfologia da epiderme foliar através da microscopia eletrônica de varredura, da espécie nos diferentes ambientes;
- J) Avaliar estatisticamente os dados mensurados dos diversos parâmetros entre os indivíduos nos diferentes ambientes.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DO ESTUDO

O presente estudo foi realizado na restinga do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC) (UTM 22S - 750411/6940436, DATUM SIRGAS 2000), e em área antropizada, próximo à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no bairro Pantanal (UTM 22S 744795/6944432, DATUM SIRGAS 2000), ambos locais localizados no município de Florianópolis (Santa Catarina) (Figura 1 e Tabela 1). As características climáticas da região são, de acordo com Köeppen, tipo Cfa - subtropical úmido com verões quentes, com temperatura média anual entre 20 e 22°C e precipitação média anual entre 1.600 e 1.900 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

Figura 1 – Mapa dos locais de coleta. A. Restinga do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). B. Área antropizada próxima à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no bairro Pantanal, ambas em Florianópolis (Santa Catarina).



Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1 – Localizações geográficas dos locais de coleta no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC) e da área antropizada, próximo à UFSC em UTM 22S – DATUM SIRGAS 2000.

	<b>Locais de coleta</b>	<b>Meses</b>	<b>Latitude (X)</b>	<b>Longitude (Y)</b>
P N M D L C	Baixada alagada (submerso) (ALA)	06/2022	750563	6940651
	Baixada úmida sem sombreamento (BUM)	04/2022	750558	6940597
	Baixada seca pouco sombreada (BSP)	04/2022	750562	6940586
	Baixada úmida sombreada (BUS)	04/2022	750561	6940678
	Baixada seca sombreada (BSS)	02/2022	750433	6940411
	Área antropizada (úmida e sombreada) (ANT)	04/2022	744795	6944432

Fonte: elaborado pelos autores.

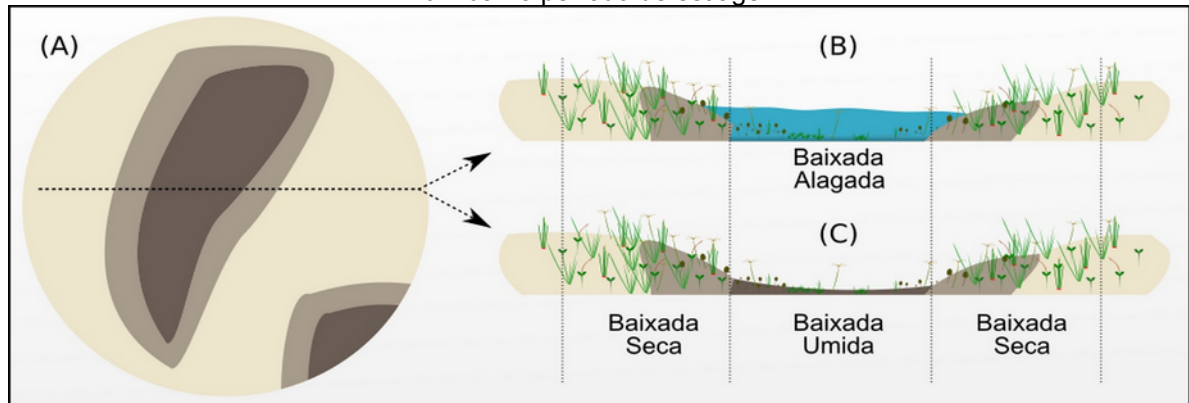
### 3.2 COLETA DAS AMOSTRAS

No PNMDLC, as coletas foram realizadas nos meses de fevereiro e abril (verão, período de seca) e em junho (final de outono, período de cheia) de 2022 (Tabela 1; Figura 2A-C; 3A-F). Na área antropizada as coletas ocorreram em abril de 2022, em área com vegetação rasteira, próximo a várias construções (Figura 3G-I; Tabela 1).

Em cada local de coleta foram obtidos materiais em três pontos distintos, a fim de evitar indivíduos com genótipos idênticos. As imagens dos ambientes foram obtidas com auxílio de câmera digital *Sony alpha 3000* e *smartphone Samsung Galaxy A02s*, pelo software mobile *Timestamp Camera*. Para mensuração de abertura de dossel, foi utilizado o aplicativo *CanopyCapture*, da empresa *NikhilPatel* (PINHO, 2021) no mesmo aparelho celular, o qual foi posicionado no solo no momento da coleta do material vegetal, e verificado o percentual de sombreamento.

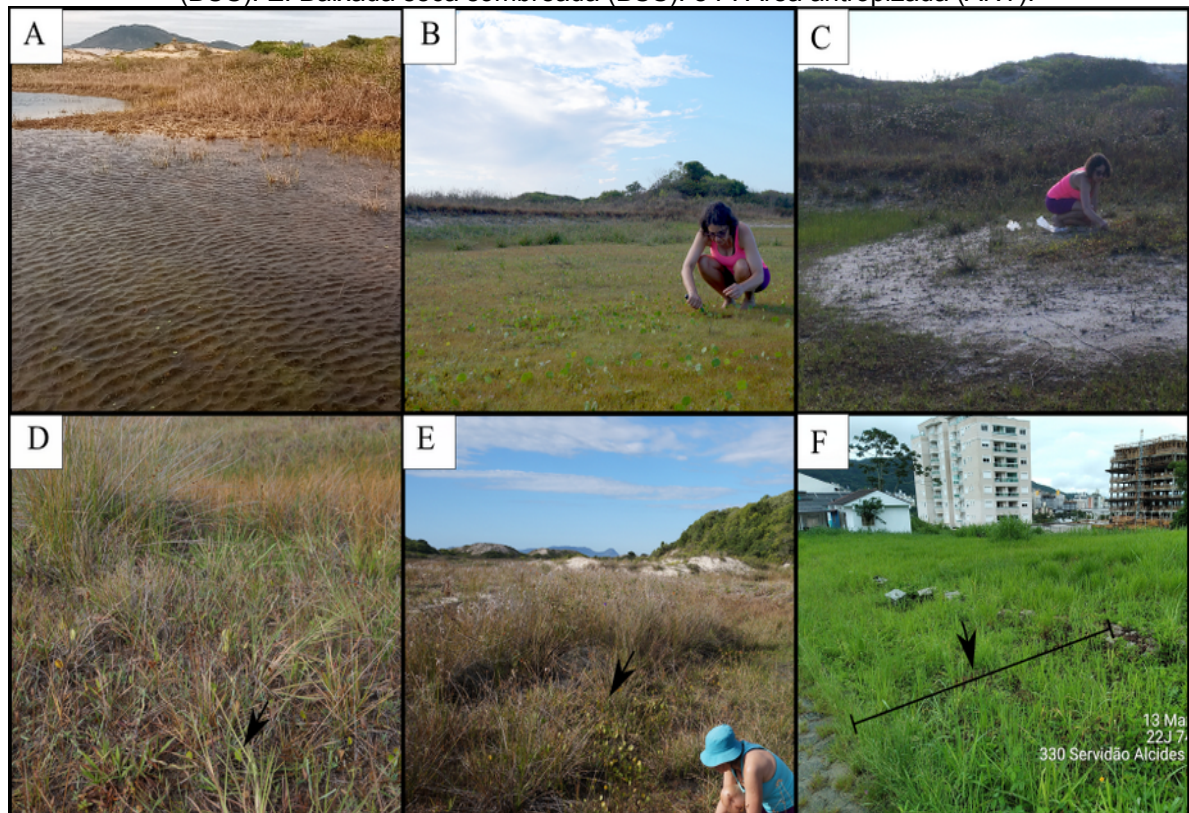
Após as coletas o material botânico foi acondicionado em sacos plásticos, armazenados em bolsa térmica para o transporte até o laboratório, para posteriores análises. Parte do material foi herborizado e depositado no Herbário (FLOR 72020) da UFSC.

Figura 2 – Ilustração dos locais de coleta ocorrentes no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). A. Visão superior: marrom escuro região de baixada, marrom claro dunas e bege área plana. B-C. Perfil vertical. B. Baixada alagada no período de cheia. C. Baixada úmida no período de estiagem.



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 3 – Locais de coleta. A-E. Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC). F. Área antropizada. A. Baixada alagada (submerso) (ALA). B. Baixada úmida sem sombreamento (BUM). C. Baixada seca pouco sombreada (BSP). D. Baixada úmida sombreada (BUS). E. Baixada seca sombreada (BSS). e F. Área antropizada (ANT).



Fonte: elaborado pelos autores.



### 3.3 COLETA DO SOLO

Em cada local (Tabela 1) foram coletadas amostras de solo em três pontos distintos (n = 18) com o auxílio de trado de caneco em camadas entre 0-20 cm de profundidade, as amostras foram armazenadas e transportadas em embalagem impermeável vedada (IBGE, 2015). No laboratório, foram separadas 100 g de materiais de cada amostra, para cada ponto coletado, e aferido o percentual de umidade do solo, com pesagem em balança de precisão do solo fresco, e realizado secagem em estufa a 105°C, seguido de nova pesagem. O solo destinado às demais análises passaram pelo procedimento de secagem ao ar livre, por pelo menos 15 dias, e foram enviados ao laboratório da EPAGRI de Ituporanga, sendo as metodologias aplicadas conforme Murphy e Riley (1962), ABNT NBR 6502 (1995), Tedesco *et al.* (1995), EMBRAPA (1997), Machado *et al.* (2003) e CQFS-RS/SC (2004), foram analisados: percentual de argila m/v; pH-Água 1:1; índice de correção de acidez do solo pelo método Shoemaker, Mac lean e Pratt (SMP); Fósforo; Potássio; percentual de matéria orgânica; saturação na CTC; Alumínio; Cálcio; Magnésio; valores de acidez potencial (H + Al); capacidade de troca de cations a pH 7.0; porcentagem de saturação por Alumínio e percentual de saturação por bases; soma das bases; relação entre Cálcio e Magnésio; relação entre Cálcio e Potássio; e relação entre Magnésio e Potássio.

### 3.4 MORFOLOGIA

Para os estudos morfológicos foram utilizados estolão e folhas adultas dos 3º e 4º nós (lâmina foliar e pecíolo) (n = 22 para cada ponto de coleta). Foram medidos o comprimento dos entrenós do estolão, do pecíolo, e a área foliar (AF) através das folhas digitalizadas e analisadas no programa *ImageJ*. A massa fresca (MF) e massa seca (MS) foliar foi obtida em balança de precisão *Bel engineering Mark210A*, através da pesagem inicial e após secagem em estufa de circulação forçada a 45°C, respectivamente, e com os dados, obteve-se o índice de umidade (IU), onde o IU é = a (Massa Fresca subtraída pela Massa Seca) e dividido pela (Massa Fresca dividido por 100) ( $IU = (MF - MS) / (MF / 100)$ ), e grau de suculência (GS) onde GS é a Massa Fresca (MF) subtraído pela Massa Seca (MS) e esses valores são divididos pela Área Foliar ( $GS = (MF - MS) / AF$ ), de acordo com o

Manual Global de Atributos Funcionais em Plantas (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013).

### 3.5 MICROSCOPIA DE LUZ

Para o estudo em microscopia de luz, amostras do terço média de folhas adultas dos 3º e 4º nós (pecíolo, nervura central e bordo foliar), e terço médio dos estolões e raízes (n = 10 por órgão/região para cada local de coleta) foram fixadas em FAA 70 (formaldeído, ácido acético e álcool etílico 70o GL por 24 horas (JOHANSEN, 1940), e após, foram armazenadas em álcool etílico 70o GL. Posteriormente, as amostras foram infiltradas e emblocadas em hidroxietilmetacrilato (historesina Leica®), seguindo as orientações do fabricante. Os blocos foram seccionados, com 4 µm de espessura, em micrótomo Leica.

Foram realizados os seguintes testes histoquímicos: PAS (“*periodic acid-Schiff*”) para polissacarídeos neutros (MCMANUS, 1948), Xylidine Ponceau (VIDAL, 1970) para proteínas, lugol (BERLYN e MIKSCH, 1976) para amido e ATO (Azul de Toluidina) 1% (FERDER e O'BRIEN, 1968) para polissacarídeos ácidos.

Para o estudo quantitativo foram mensurados na lâmina foliar: altura das células epidérmicas de ambas as faces, espessura do parênquima paliçádico, do parênquima esponjoso e espessura total da lâmina foliar; no pecíolo e estolão: diâmetro total do órgão, diâmetro da medula e número de feixes vasculares.

Para mensuração dos elementos de vasos, amostras do estolão e raiz foram maceradas em solução de Franklin (FRANKLIN, 1945), corado com safranina 1% (BUKATSCH, 1972) e montadas sobre lâminas e lamínula com glicerina 50%.

Para o estudo quantitativo dos estômatos, amostras previamente fixadas da lâmina foliar (n = 24 por ponto de coleta), foram clareadas com o hipoclorito de sódio 50% (ARRUDA, 2021, LEMOS e EDSON-CHAVES, 2022) por 24h ou até que o material perdesse toda sua pigmentação, posteriormente, lavadas e coradas com safranina 1% (BUKATSCH, 1972) e montadas sobre lâminas com glicerina 50%. Para avaliar a densidade estomática, foram selecionados três campos por amostras e o número de estômatos foi expresso por mm<sup>2</sup>. A obtenção do índice estomático realizou-se a divisão do número de estômatos nas secções executadas, pelo número de estômatos mais quantidade de células epidérmica, e tudo multiplicado por 100 (IE = (Nº estômatos / Nº estômatos + Nº células epidérmicas) x 100)

(CUTTER, 1986). Nos mesmos campos foram determinadas as dimensões das células-guarda considerando o comprimento (eixo longitudinal, entre os dois pólos da célula) e a largura (eixo transversal, na porção média da célula), quando em vista frontal, da superfície epidérmica. Para a determinação do poro também foi considerado o eixo longitudinal e o transversal do poro entre as duas células-guarda, quando em vista frontal da superfície epidérmica.

As lâminas foram analisadas em microscópio *Olympus CX22LED* e as imagens obtidas a partir de câmera digital *NXM-EP200* acoplada utilizando o programa *Guvvview*, no sistema operacional *Ubuntu Linux 20.04*, ou em microscópio *Leica DM 2500* acoplado com câmera *Leica DFC295*. As mensurações foram realizadas com o auxílio do programa *ImageJ*.

### 3.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Para caracterizar a micromorfologia da epiderme foliar, amostras da região mediana ( $n = 24$ ) e do bordo ( $n = 24$ ) das lâminas foliares, previamente fixadas, foram desidratadas em série etílica crescente até álcool etílico 100% e secas em ponto crítico de CO<sub>2</sub> (CDP 03 Leica, Heidelberg). As amostras secas foram aderidas sobre suportes de alumínio, com auxílio de fita de carbono dupla face e cobertas com 20 nm de ouro em metalizador (Baltec, modelo CED 030) e analisadas em Microscópio Eletrônico de Varredura (Jeol JSM-6390LV) do LCME (Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC).

### 3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises dos dados quantitativos obtidos, foram realizados cálculos de média e desvio-padrão, sendo estes submetidos à Análise de Variância Univariada (ANOVA) e *post hoc* pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%, no qual foram comparados os parâmetros avaliados entre os indivíduos de *C. asiatica* dos respectivos ambientes. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.2.2 *Patched*, em sistema operacional UBUNTU Linux 20.04 (BORCARD *et al.*, 2011), os pacotes utilizados foram: ExpDes.pt versão 1.2.2, ferramenta DIC para delineamento Inteiramente Casualizado Simples; graphics 4.2.2 para elaboração dos gráficos de violino.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DO SOLO E CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

Os dados referentes ao teor de umidade do solo e sombreamento dos pontos de coleta podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados de percentuais de umidade do solo e sombreamento nos pontos de coleta.

<b>Pontos de coleta</b>	<b>Teor de umidade</b>	<b>Sombreamento</b>
Baixada alagada (submerso) (ALA)	100%	0%
Baixada úmida sem sombreamento (BUM)	20,19%	0%
Baixada seca pouco sombreada (BSP)	3,03% (seco)	4,9%
Baixada úmida sombreada (BUS)	10,42%	10,6%
Baixada seca sombreada (BSS)	3,62 (seco)	26,5%
Área antropizada (ANT)	18,19%	14,5%

Fonte: elaborado pelos autores.

As análises de solo indicam similaridade na composição do solo nos diferentes pontos de coleta do PNMDLC e mostram diferenças estatísticas em alguns parâmetros entre o solo do PNMDLC e do ambiente antropizado (Tabela 3). Destacam-se para o ambiente antropizado maiores teores de argila, K, matéria orgânica, Ca, Mg, capacidade de troca catiônica (CTC pH 7.0). O pH possui característica de acidez em todos os pontos de coleta, e em solução tampão (SMP) os valores se elevaram a neutralidade (em torno de pH 7.0), em concomitância, H + Al apresentam valores baixos. A capacidade de troca catiônica (CTC pH 7.0) apresentou valores médios na região do PNMDLC, quando da área antropizada elevado, e em todos os pontos os valores de matéria orgânica são baixos.

Tabela 3 – Análise de solo com dados obtidos nos pontos de coleta no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PNMDLC) e da área antropizada. Letras diferentes na mesma linha indicam variação significativa de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ), e \* indica não haver variação; percentual de argila m/v (Arg.); pH-Água 1:1 (pH 1:1); índice de correção de acidez do solo pelo método Shoemaker, Mac lean e Pratt (SMP); Fósforo mg/dm<sup>3</sup> (P); Potássio mg/dm<sup>3</sup> (K); percentual de Matéria Orgânica (M.O.); %Saturação na CTC (\*); Alumínio cmolc/dm<sup>3</sup> (Al); Cálcio cmolc/dm<sup>3</sup> (Ca); Magnésio cmolc/dm<sup>3</sup> (Mg); Valores de Acidez potencial cmolc/dm<sup>3</sup> (H + Al); capacidade de Troca de Cations a pH 7.0 cmolc/dm<sup>3</sup> (CTC pH 7.0); porcentagem de saturação por alumínio (Al) e percentual de saturação por bases (V), dados em percentual na CTC; Soma das bases (S); relação entre Cálcio e Magnésio (Ca/Mg); relação entre Cálcio e Potássio (Ca/K); relação entre Magnésio e Potássio (Mg/K); Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT); Dados de média (± Desvio padrão).

Locais de coleta/ Análises	ALA	BUM	BSP	BUS	BSS	ANT
% Argila m/v	4 (± 0) b	4,7 (± 0,6) b	4,7 (± 1,2) b	1,3 (± 0) b	4 (± 0,6) b	23,7 (± 8) a
pH-Água 1:1	5,3 (± 0,2) *	5,3 (± 0,1) *	5,3 (± 0,2) *	5,2 (± 0,2) *	5,2 (± 0,1) *	5,5 (± 1,2) *
Índice SMP	7,3 (± 0,2) ab	7,2 (± 0,1) ab	7 (± 0,3) ab	7,2 (± 0,1) ab	6,9 (± 0,2) b	7,4 (± 0,1) a
P mg/dm <sup>3</sup>	1,5 (± 0) a	1,1 (± 0,1) a	1 (± 0) a	1 (± 0,8) a	1 (± 0) a	4,4 (± 2,9) a
K mg/dm <sup>3</sup>	7,2 (± 0,6) b	10,5 (± 0,3) b	6,2 (± 0) b	8,4 (± 1) b	9,7 (± 0) b	79,2 (± 12,5) a
M.O. %	0,1 (± 0,1) b	0,1 (± 0) b	0,2 (± 0,1) b	0,2 (± 0) b	0,2 (± 0,1) b	1,3 (± 0,4) a
Al cmolc/dm <sup>3</sup>	0,2 (± 0,1) *	0,3 (± 0,1) *	0,2 (± 0,2) *	0,3 (± 0,2) *	0,4 (± 0,1) *	0,4 (± 4,2) *
Ca cmolc/dm <sup>3</sup>	0,1 (± 0,3) b	0,2 (± 0,1) b	0,2 (± 0) b	0,2 (± 0) b	0,4 (± 0) b	6 (± 3,8) a
Mg cmolc/dm <sup>3</sup>	0,7 (± 0,1) b	0,9 (± 0) b	0,9 (± 0,2) b	1 (± 0,1) b	0,9 (± 0,1) b	1,7 (± 0,4) a
H + Al cmolc/dm <sup>3</sup>	1 (± 0,3) ab	1,1 (± 0,2) ab	1,4 (± 0,4) ab	1,1 (± 0,2) ab	1,6 (± 0,2) a	0,9 (± 0,2) b
CTC pH 7.0 cmolc/dm <sup>3</sup>	1,8 (± 0,3) b	2,3 (± 0,1) b	2,6 (± 0,6) b	2,3 (± 0,2) b	2,8 (± 0,3) b	9 (± 4,3) a
Al <sup>1</sup>	20,6 (± 6,5) *	21,8 (± 5,6) *	14,9 (± 12,9) *	19,6 (± 18,9) *	24 (± 4,5) *	23,2 (± 40,3) *
V <sup>1</sup>	46,2 (± 6,3) b	50,9 (± 4,5) b	44,8 (± 3,2) b	51,8 (± 6,2) b	45 (± 3,5) b	87,1 (± 9,9) a
S	0,8 (± 0,2) b	1,2 (± 0,1) b	1,1 (± 0,2) b	1,2 (± 0,1) b	1,3 (± 0,1) b	7,9 (± 4,1) a
Ca/Mg	0,2 (± 0,3) b	0,3 (± 0,1) b	0,2 (± 0) b	0,2 (± 0) b	0,4 (± 0) b	3,2 (± 1,7) a
Ca/K	7,1 (± 9,5) *	8,9 (± 2,4) *	12,4 (± 1,9) *	8,9 (± 1,2) *	13,5 (± 0,9) *	31,5 (± 21,9) *
Mg/K	37,1 (± 5,1) bc	33,8 (± 1,9) c	58,7 (± 8,7) a	49,6 (± 5,8) ab	36,7 (± 2,6) bc	8,9 (± 3,3) d

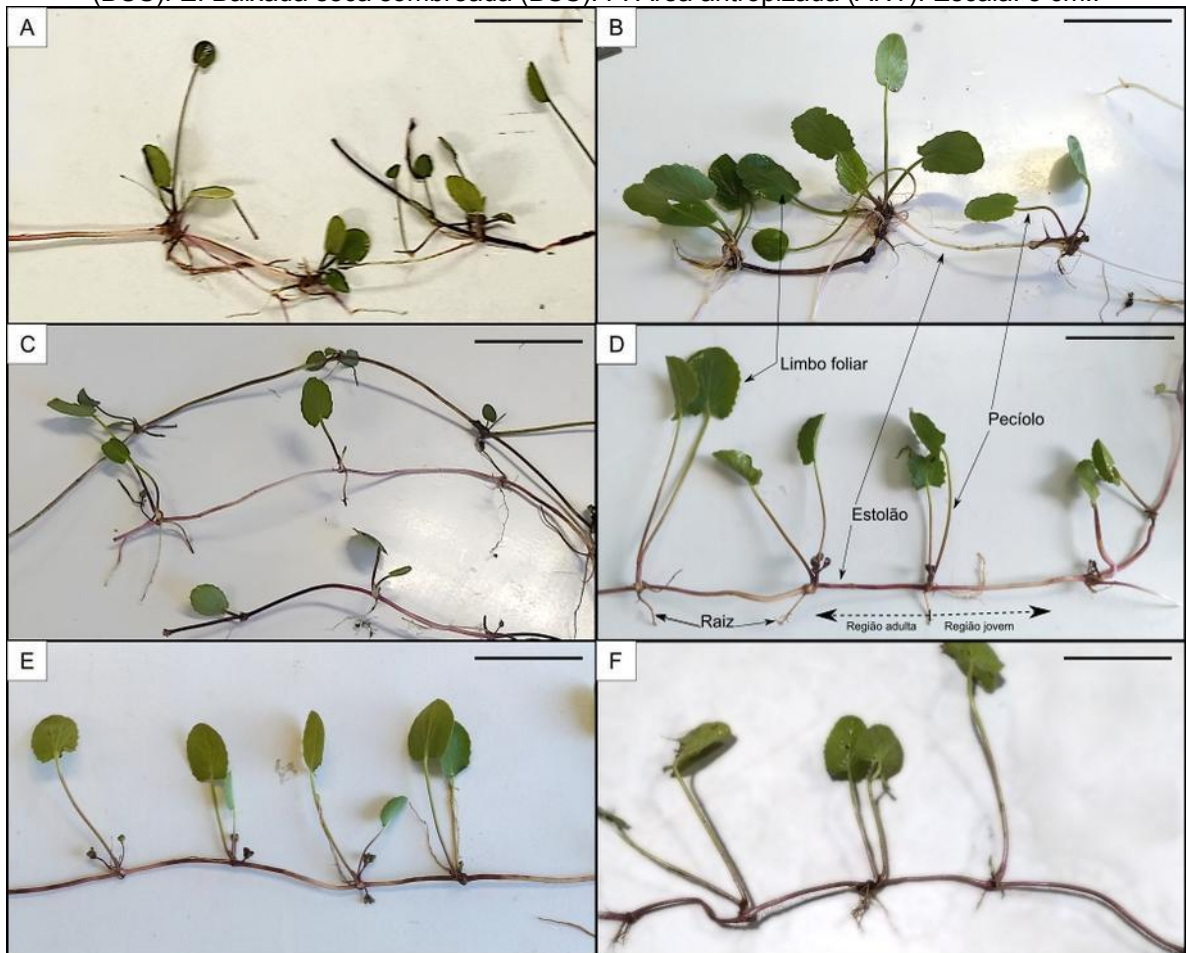
Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.2 MORFOLOGIA

*Centella asiatica* é planta herbácea rasteira com caule do tipo estolão simpodial, com tonalidade esbranquiçada quando subterrâneo (Figura 4A), e

marrom-avermelhado quando exposto (Figura 4C), com nós e entrenós conspícuos. Em cada nó são formadas raízes adventícias, folhas e flores em números variados (Figura 4B-D). As plantas da baixada alagada (ALA) (Figura 4A) e as ocorrentes nas baixadas pouco sombreadas e seca (BSP) (Figura 4C), apresentam geralmente três folhas por nó. Indivíduos do ponto BUM (Figura 4B), tem geralmente cinco folhas por nó, as demais plantas dos outros locais de coleta geralmente duas folhas por nó (Figura 4D-F). A folha é peciolada com pilosidade expressiva próximo ao limbo foliar, local onde registra-se ocorrência de sulco na face adaxial. A lâmina foliar é cordada e/ou reniforme, face abaxial glabrescente ou pilosa, adaxial glabra ou levemente pilosa, folhas jovens são mais pilosas. Presença de ponto esbranquiçado no ápice das regiões serrilhadas, indicam hidatódios o quais foram confirmados na análise microscópica.

Figura 4 – Hábito de *Centella asiatica*. A. Baixada alagada (submerso) (ALA). B. Baixada úmida sem sombreamento (BUM). C. Baixada seca pouco sombreada (BSP). D. Baixada úmida sombreada (BUS). E. Baixada seca sombreada (BSS). F. Área antropizada (ANT). Escala: 5 cm..



Fonte: elaborado pelos autores.

Os caracteres morfológicos mensurados nos diferentes pontos de coleta podem ser observados na Tabela 4.

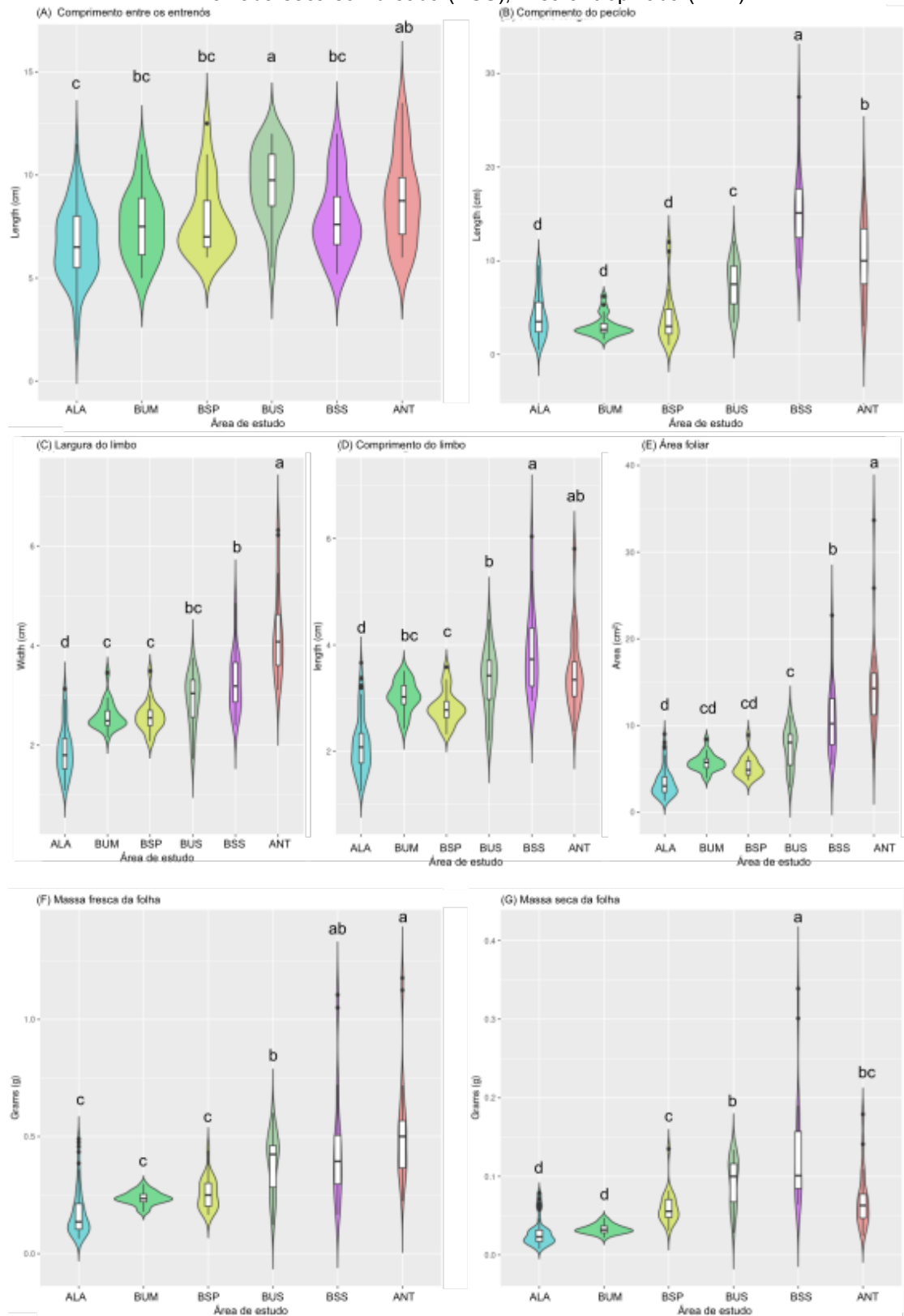
Tabela 4 – Caracteres morfológicos quantitativos de *Centella asiatica* em diferentes pontos de coleta. Baixada alagada (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT). Letras diferentes na mesma linha indicam variação significativa de acordo com Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).

Locais de coleta/ Caracteres morfológicos	ALA	BUM	BSP	BUS	BSS	ANT
Entrenós do estolão (cm)	6,7 ( $\pm 1,8$ ) c	7,6 ( $\pm 1,6$ ) bc	7,9 ( $\pm 1,8$ ) bc	9,6 ( $\pm 1,7$ ) a	7,9 ( $\pm 1,9$ ) bc	8,8 ( $\pm 2,2$ ) ab
Comprimento do pecíolo (cm)	4,1 ( $\pm 2,4$ ) d	3 ( $\pm 1,2$ ) d	3,9 ( $\pm 2,9$ ) d	7,4 ( $\pm 2,6$ ) c	15,4 ( $\pm 4,8$ ) a	10,1 ( $\pm 4,4$ ) b
Largura da lâmina foliar (cm)	1,9 ( $\pm 0,5$ ) d	2,6 ( $\pm 0,3$ ) c	2,6 ( $\pm 0,3$ ) c	2,9 ( $\pm 0,5$ ) bc	3,3 ( $\pm 0,6$ ) b	4,2 ( $\pm 0,9$ ) a
Comprimento da Lâmina foliar (cm)	2,1 ( $\pm 0,6$ ) d	3,03 ( $\pm$ 0,3) bc	2,8 ( $\pm 0,3$ ) c	3,3 ( $\pm 0,6$ ) b	3,9 ( $\pm 0,8$ ) a	3,5 ( $\pm 0,8$ ) ab
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	3,4( $\pm 1,7$ ) d	5,7 ( $\pm 1$ ) cd	5,2 ( $\pm 1,2$ ) cd	7,4 ( $\pm 2,3$ ) c	10,9 ( $\pm 4,3$ ) b	14,7 ( $\pm 5,9$ ) a
Massa fresca foliar (g)	0,18 ( $\pm 0,11$ ) c	0,24 ( $\pm 0,03$ ) c	0,26 ( $\pm 0,07$ ) c	0,39 ( $\pm 0,13$ ) b	0,45 ( $\pm 0,25$ ) ab	0,53 ( $\pm 0,24$ ) a
Massa seca foliar (g)	0,03 ( $\pm 0,02$ ) d	0,03 ( $\pm 0,01$ ) d	0,06 ( $\pm 0,02$ ) c	0,09 ( $\pm 0,03$ ) b	0,13 ( $\pm 0,07$ ) a	0,07 ( $\pm 0,04$ ) bc
Índice de umidade da folha %	83,9	86,11	76,32	76,08	70,97	86,67
Grau de suculência	43,48	35,75	37,8	39,51	29,3	31,23

Fonte: elaborado pelos autores.

As análises estatísticas indicam que o comprimento dos entrenós apresentou maior comprimento na baixada úmida sombreada (BUS) e antropizada (ANT), e menor comprimento na baixada alagada (ALA) e demais pontos de coleta. Indivíduos da ALA e baixada úmida (BUM) tem menor valor de massa fresca e seca foliar e conseqüentemente tendência de menor área de lâmina foliar. Indivíduos da baixada seca sombreada (BSS) apresentam maior comprimento do pecíolo e indivíduos de ambiente antropizado (ANT) tem maior área foliar e maior massa fresca foliar (Figura 5). Nos ambientes ALA, BUM e BSP, observa-se menor área foliar. Por fim, observa-se que nos ambientes úmidos, as plantas apresentam maior grau de suculência.

Figura 5 – Gráficos de violino, com dados homogêneos das mensurações morfológicas de *Centella asiatica* em diferentes pontos de coleta. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).



Fonte: elaborado pelos autores.

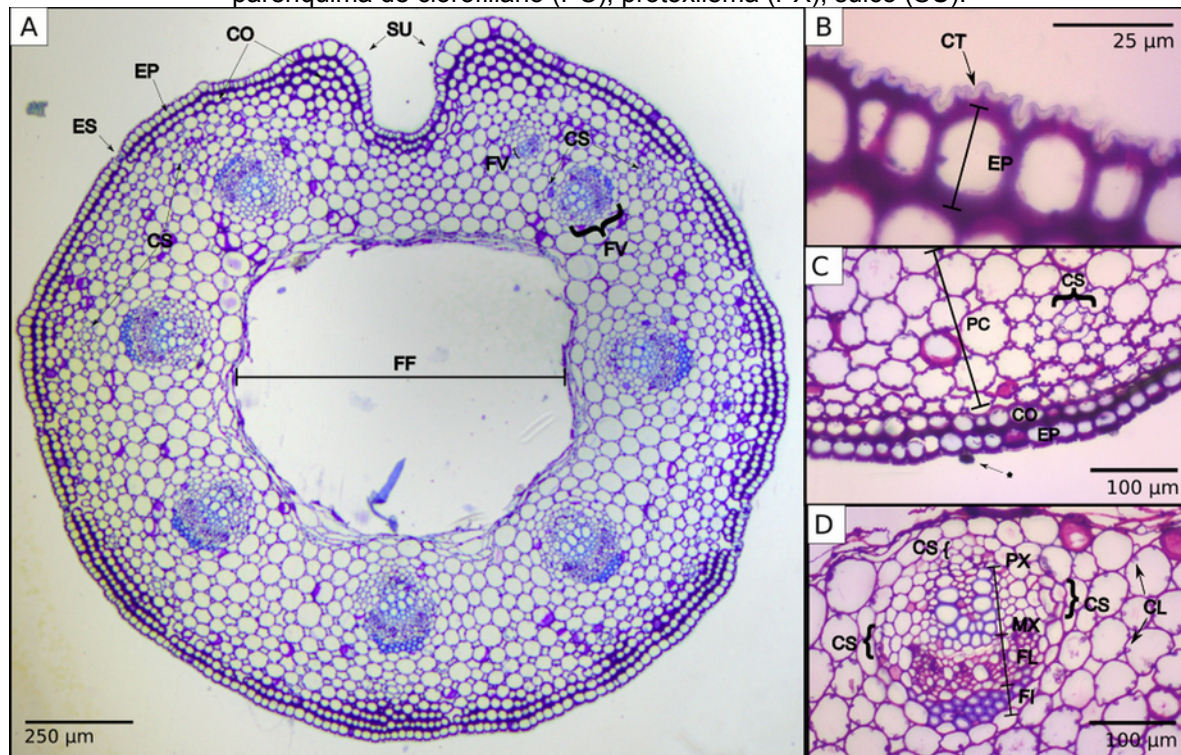
### 4.3 ESTUDO ANATÔMICO QUALITATIVO E QUANTITATIVO

#### 4.3.1 *Folha*

O pecíolo em secção transversal (Figura 6A-D) tem forma circular com um sulco na face adaxial (Figura 6A). A epiderme é uniestratificada com células arredondadas, paredes espessadas e cutícula ornamentada (Figura 6B), apresenta também estômatos. O maior diâmetro do pecíolo foi observado nos indivíduos do ambiente ANT (antropizado) e igual diâmetro nos demais (Tabela 5, Figura 7A). No córtex ocorre externamente uma a duas camadas de colênquima lamelar o qual forma dois cordões na região do sulco (Figura 6A), seguido por parênquima clorofiliano de células arredondadas e espaços intercelulares conspícuos, neste tecido observa-se a ocorrência de canais secretores (Figura 6C). O estelo é eustélico (Figura 6A), apresentando seis a sete feixes vasculares colaterais abertos de tamanho regular em todos os ambientes analisados (Figura 6D; Tabela 5) e dois feixes menores próximos à região do sulco. Os feixes vasculares possuem um arco de fibras associadas ao floema e presença de canais circundados por 6 ou 7 células retangulares (Figura 6D). A medula é fistulosa com maior diâmetro nos indivíduos do ambiente antropizado (ANT) (Tabela 5, Figura 7B).



Figura 6 – Secções transversais do pecíolo de *Centella asiatica* obtidas no ambiente BSS - Baixada seca sombreada. A. Visão geral, com epiderme, córtex, cilindro vascular e medula fistulosa. B. Detalhe da epiderme com cutícula ornamentada. C. Detalhes córtex. D. Detalhes do feixe vascular colateral com três canais secretores. colênquima (CO); canal secretor (CS); epiderme (EP); estômato (ES); fibras (FI); floema (FL); feixe vascular (FV); medula fistulosa (MF); metaxilema (MX); parênquima de clorofiliano (PC); protoxilema (PX); sulco (SU).



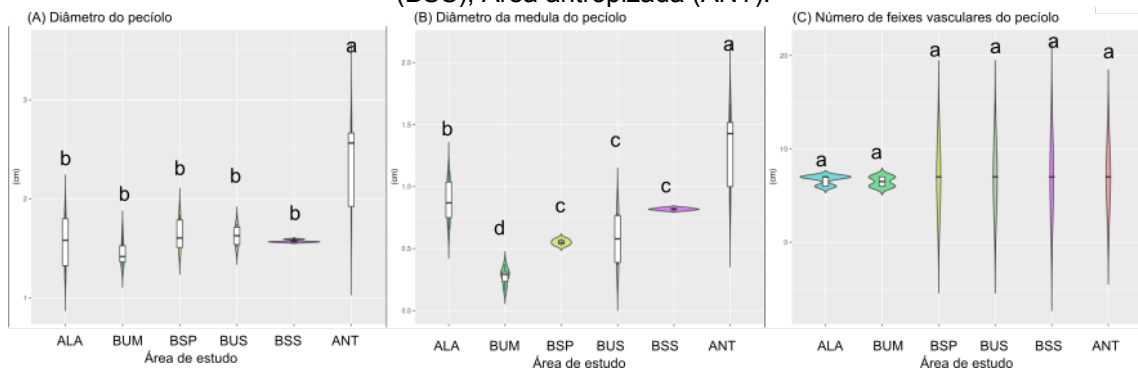
Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 5 – Parâmetros quantitativos do pecíolo de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste Tukey ( $p > 0,05$ ).

Locais de coleta/ Caracteres	ALA	BUM	BSP	BUS	BSS	ANT
<b>Diâmetro (cm)</b>	1,6 ( $\pm 0,3$ ) b	1,6 ( $\pm 0,1$ ) b	1,7 ( $\pm 0,2$ ) b	1,6 ( $\pm 0,1$ ) b	1,6 ( $\pm 0,01$ ) b	2,4 ( $\pm 0,4$ ) a
<b>Medula (cm)</b>	0,9 ( $\pm 0,2$ ) b	0,3 ( $\pm 0,1$ ) d	0,6 ( $\pm 0,02$ ) c	0,6 ( $\pm 0,2$ ) c	0,8 ( $\pm 0,01$ ) c	1,3 ( $\pm 0,3$ ) a
<b>Número de feixes vasculares</b>	6,7 ( $\pm 0,5$ ) a	6,5 ( $\pm 0,5$ ) a	7 ( $\pm 0$ ) a	7 ( $\pm 0$ ) a	7 ( $\pm 0$ ) a	7 ( $\pm 0$ ) a

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 7 – Gráficos em violino das mensurações dos parâmetros quantitativos do pecíolo de *Centella asiática*. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).

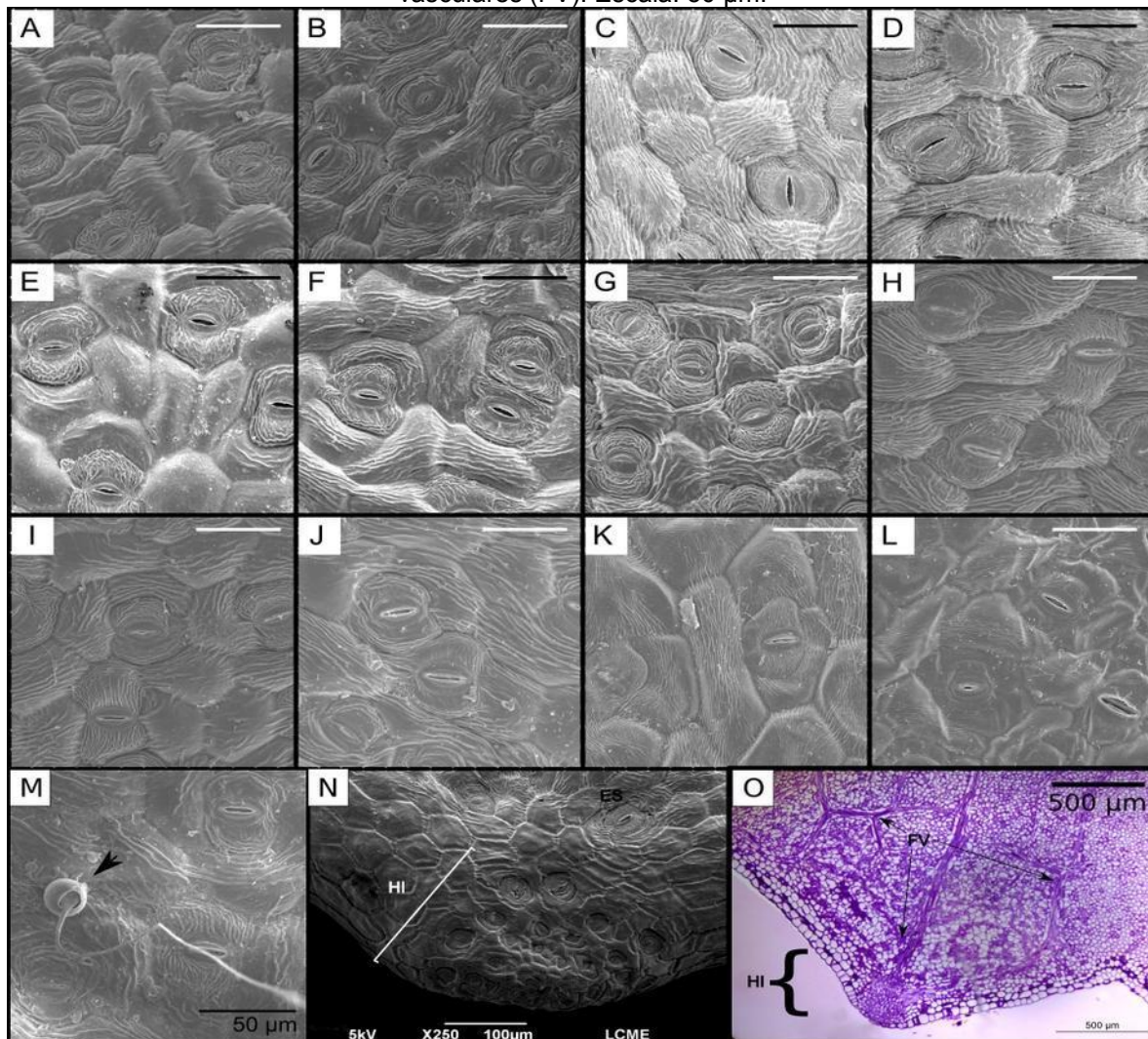


Fonte: elaborado pelos autores.

A lâmina foliar é anfiestomática, em vista frontal (Figura 8A-L) observam-se estômatos paracíticos e células ordinárias internervurais com paredes anticlinais levemente sinuosas e estrias epicuticulares conspícuas em ambas as faces em todos os ambientes analisados, exceto na face adaxial de BSP e ANT em ambas as faces, cujas estrias não são tão evidentes (Figura 7E;K;L). Tricomas tectores (Figura 8M) longos são observados com maior frequência na face abaxial, próximo a região de nervuras, porém, não permanecem após tratamento para observações microscópicas. Em vista frontal dos ápices serrilhados observamos a ocorrência de vários estômatos (Figura 8N) caracterizando o hidatódio nos ápices das margens serrilhadas (Figura 8N-O).



Figura 8 – Epiderme da lâmina foliar de *Centela asiatica* em diferentes ambientes, sob Microscopia Eletrônica de Varredura. A. Face adaxial e B. Face abaxial no ambiente ALA - Baixada alagada (submerso), C. Face adaxial e D. Face abaxial no ambiente BUM - Baixada úmida sem sombreamento. E. Face adaxial e F. Face abaxial no ambiente BSP – Baixada úmida sombreada. G. Face adaxial e H. Face abaxial no ambiente BUS – Baixada seca sombreada. I. Face adaxial e J. Face abaxial no ambiente BSS – Baixada seca sombreada. K. Face adaxial e L. Face abaxial no ambiente ANT - Área antropizada M. Detalhe de tricoma tector na face abaxial. N. Hidatódio (HI). O. Ápice da borda serrilhada mostrando hidatódio em secção paradérmica e destaque dos feixes vasculares (FV). Escala: 50 µm.



Fonte: elaborado pelos autores.

O estudo quantitativo dos estômatos pode ser observado na Tabela 6 e Figura 9. Nossos resultados mostram que os caracteres de comprimento e largura das células guardas, não apresentam diferenças significativas entre os ambientes analisados. O maior índice estomático na face adaxial, foi observado no ponto BUM, e o menor no ponto ANT, na face abaxial, não houve variação significativa entre os pontos analisados. Observamos também que *C. asiatica* nos locais BUM, BSP e BUS não apresenta diferença significativa na densidade estomática entre as faces

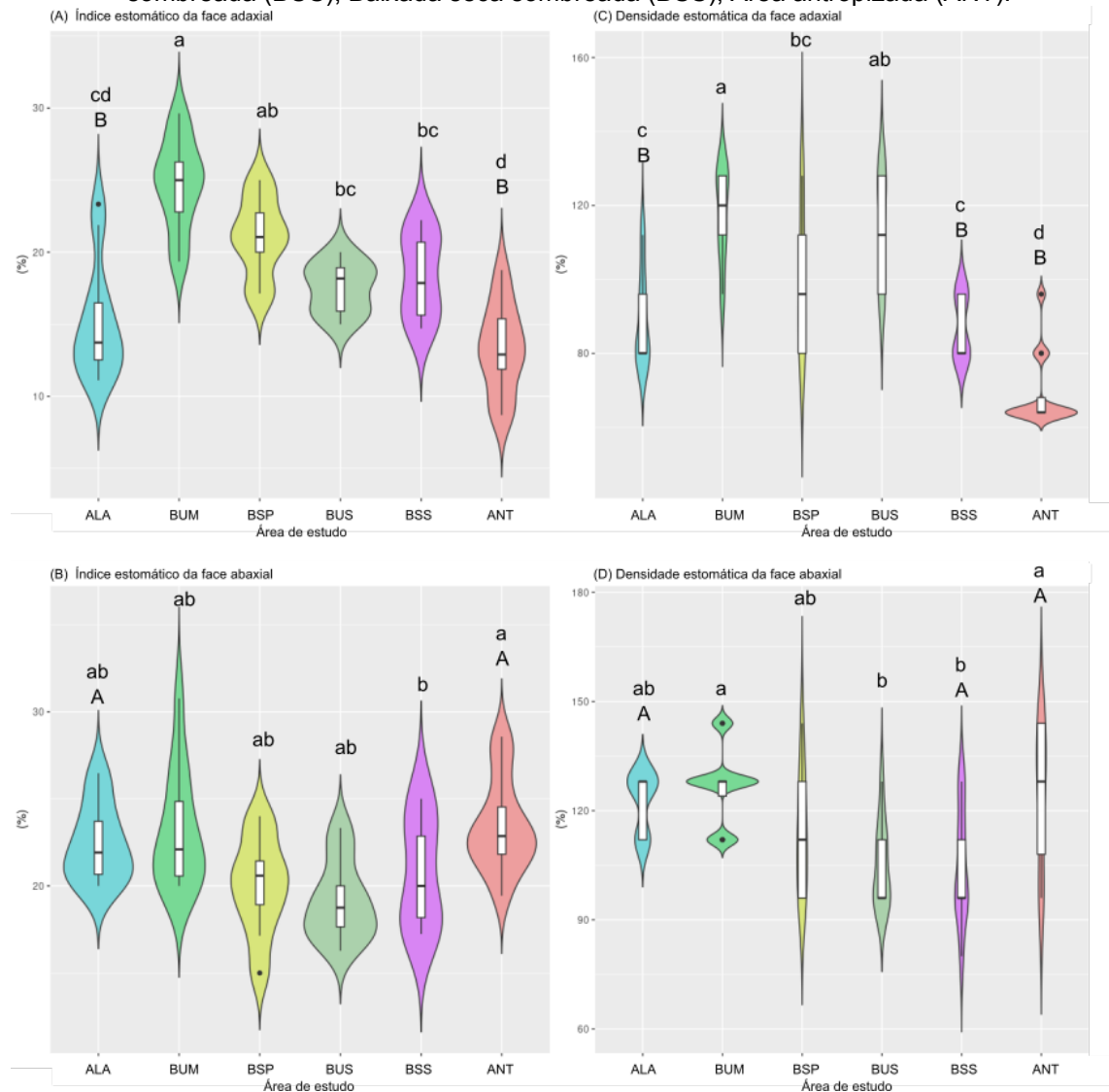
adaxial e abaxial, entretanto, os pontos ALA, BSS e ANT apresentam maior densidade estomática na face abaxial. Com relação à densidade estomática entre os pontos de coleta, observamos que indivíduos do ponto ANT tem menor densidade estomática na face adaxial e maior na face abaxial, e no parque, nos ambientes BUM e BUS maior densidade na face adaxial e em ALA, BUM e BUS na face abaxial.

Tabela 6 – Parâmetros quantitativos dos estômatos analisados em ambas as faces da lâmina foliar de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ) e \* indica não haver variação; Dados entre [], indicam comparação entre face abaxial e adaxial do mesmo ambiente. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).

Locais de coleta/ Caracteres - Face		ALA	BUM	BSP	BUS	BSS	ANT
<b>Comprimento da célula guarda (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	Adaxial	29,8 ( $\pm$ 3,8) *	31,4 ( $\pm$ 4,5) *	31 ( $\pm$ 2,6) *	29,8 ( $\pm$ 3) *	30 ( $\pm$ 2,2) *	30,2 ( $\pm$ 2,8) *
	Abaxial	30,1 ( $\pm$ 3,6) ab	27,9 ( $\pm$ 2,5) b	34,3 ( $\pm$ 1,7) a	33,2 ( $\pm$ 2,3) a	30,9 ( $\pm$ 5,8) ab	32,7 ( $\pm$ 3) a
<b>Largura da célula guarda (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	Adaxial	19,7 ( $\pm$ 1,8) b	22 ( $\pm$ 3,9) ab	24,2 ( $\pm$ 2,8) a	22,6 ( $\pm$ 1,1) ab	21,7 ( $\pm$ 1,8) ab	22,4 ( $\pm$ 2) ab
	Abaxial	21,7 ( $\pm$ 3,4) ab	20,5 ( $\pm$ 1,8) b	24,2 ( $\pm$ 1,8) ab	25,2 ( $\pm$ 1,9) a	24,3 ( $\pm$ 2,8) ab	21,7 ( $\pm$ 6,2) ab
<b>Índice estomático (%)</b>	Adaxial	15,1 ( $\pm$ 4) cd [B]	24,8 ( $\pm$ 3,1) a [*]	21,1 ( $\pm$ 2,7) ab [*]	17,5 ( $\pm$ 1,7) bc [*]	18,4 ( $\pm$ 2,9) bc [*]	13,3 ( $\pm$ 3,1) d [B]
	Abaxial	22,4 ( $\pm$ 2,2) ab [A]	23,2 ( $\pm$ 3,4) ab [*]	20 ( $\pm$ 2,8) ab [*]	19,1 ( $\pm$ 2,3) ab [*]	20,7 ( $\pm$ 3,2) b [*]	23,4 ( $\pm$ 2,7) a [A]
<b>Densidade estomática (estômatos /mm<sup>2</sup>)</b>	Adaxial	89,3 ( $\pm$ 12,7) c [B]	117,3 ( $\pm$ 12,5) a [*]	99,6 ( $\pm$ 19,2) bc [*]	113,8 ( $\pm$ 14,8) ab [*]	87,1 ( $\pm$ 8,4) c [B]	69,3 ( $\pm$ 10,4) d [B]
	Abaxial	122,7 ( $\pm$ 7,9) ab [A]	126,7 ( $\pm$ 10,7) a [*]	113,8 ( $\pm$ 16,9) ab [*]	104,9 ( $\pm$ 11,6) b [*]	104,9 ( $\pm$ 16,2) b [A]	124 ( $\pm$ 19,4) a [A]

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 9 – Gráficos em violino das mensurações dos parâmetros quantitativos dos estômatos de ambas as faces da lâmina foliar de *Centella asiatica*. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).



Fonte: elaborado pelos autores.

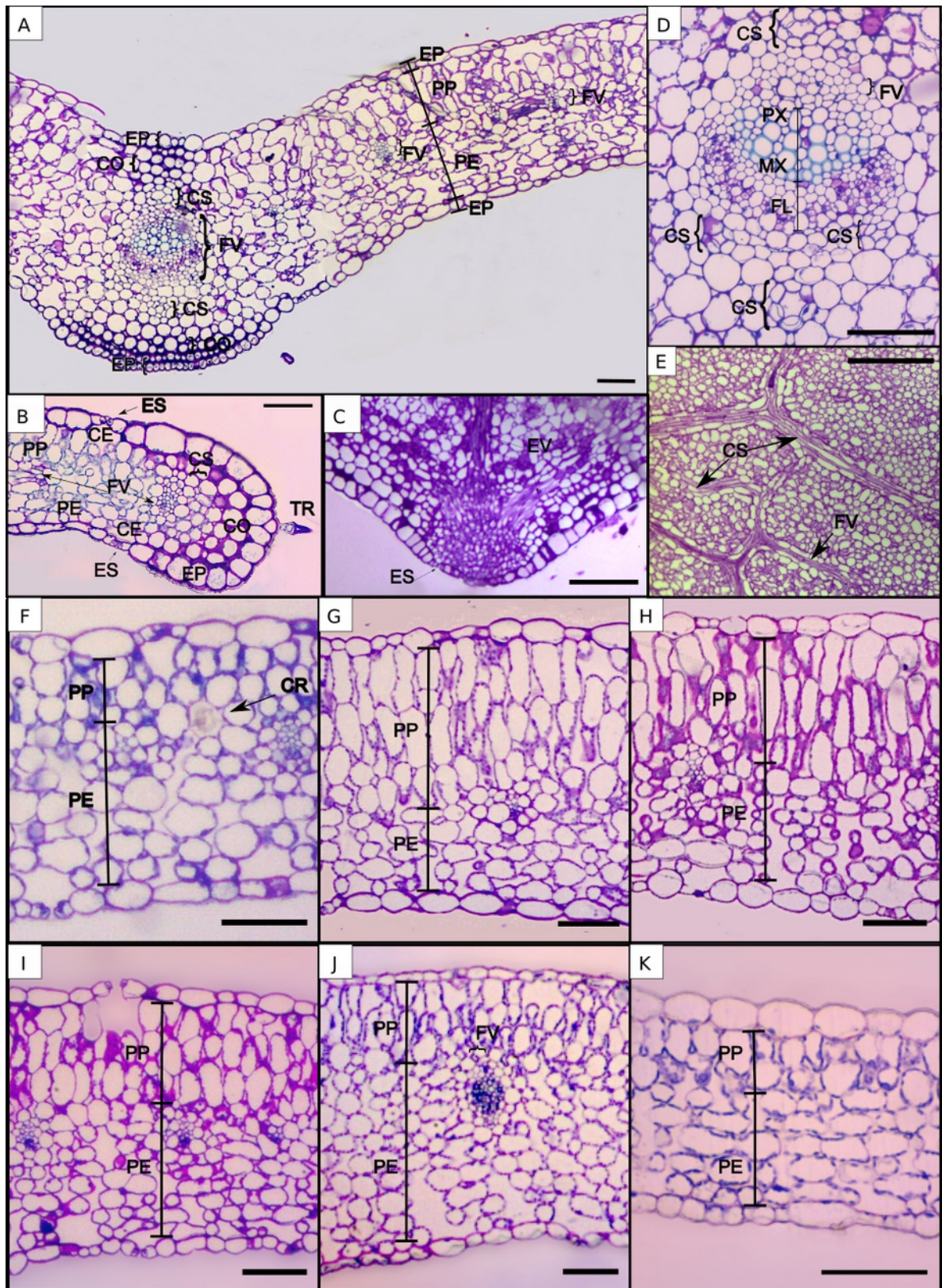
Em secção transversal da lâmina foliar (Figura 10A-K) observamos que a epiderme é unisseriada em ambas as faces, o mesofilo é dorsiventral com parênquima paliçádico seguido pelo parênquima esponjoso (Figura 10A). Na região do bordo foliar, precisamente nos ápices serrilhados, ocorrem hidatódios, os quais apresentam o epitéma, elementos traqueais e estômatos na epiderme (Figura 10C). Em regiões do bordo que não ocorrem os hidatódios observamos colênquima subepidérmico (Fig 10B). O sistema vascular é composto por feixes vasculares colaterais, envolvidos por bainha de células parenquimáticas. Canais secretores são

observados ao longo da lâmina foliar associados aos feixes vasculares (Figura 10D-E). Na nervura mediana observa-se um cordão de colênquima lamelar subepidérmico na face adaxial e na face abaxial ocorrem duas a três camadas do mesmo colênquima, um feixe vascular colateral de grande calibre envolvido por células parenquimáticas além dos canais secretores (Figura 10A). Idioblastos com drusas podem ocorrer no mesofilo em todos os locais de coleta (Figura 10F).

A análise quantitativa da lâmina foliar pode ser observada na Tabela 7 (Figura 10F-K-L; 11A-E). Os parâmetros analisados mostram diferenças significativas entre os locais de coleta, exceto na espessura da epiderme abaxial. O parênquima paliçádico é mais desenvolvido nos indivíduos do ambiente BUM, seguido pelos ambientes ALA, BSP, BUS e BSS, sendo menos desenvolvido no ambiente ANT. O parênquima esponjoso é mais desenvolvido nos indivíduos BSS e sem diferença estatística nos demais ambientes. A lâmina foliar é estatisticamente menos espessada nos indivíduos ANT em relação aos demais locais.

Figura 10 – Lâmina foliar de *Centella asiatica*. Secções transversais (A, B, D, F-K), paradérmicas (C, E). A. Visão geral da nervura central e lâmina foliar. B. Detalhe do bordo foliar. C. Detalhe do hidatódio. D. Detalhe da nervura central com feixe vascular colateral e canal secretor. E. Secção paradérmica mostrando canal secretor. F-K. Detalhes do mesofilo: F. ALA - Baixada alagada (submerso). G. BUM - Baixada úmida sem sombreamento. H. BSP – Baixada seca pouco sombreada. I. BUS – Baixada úmida sombreada. J. BSS – Baixada seca sombreada K. ANT - Área antropizada. câmara subestomática (CE); canal secretor (CS); colênquima (CO); Idioblasto com drusa (ID); epiderme (EP); estômato (ES); floema (FL); feixe vascular (FV); hidatódio (HI) metaxilema (MX); parênquima esponjoso (PE); parênquima paliçádico (PP); protoxilema (PX); e tricoma (TR). Escala: 100 µm.





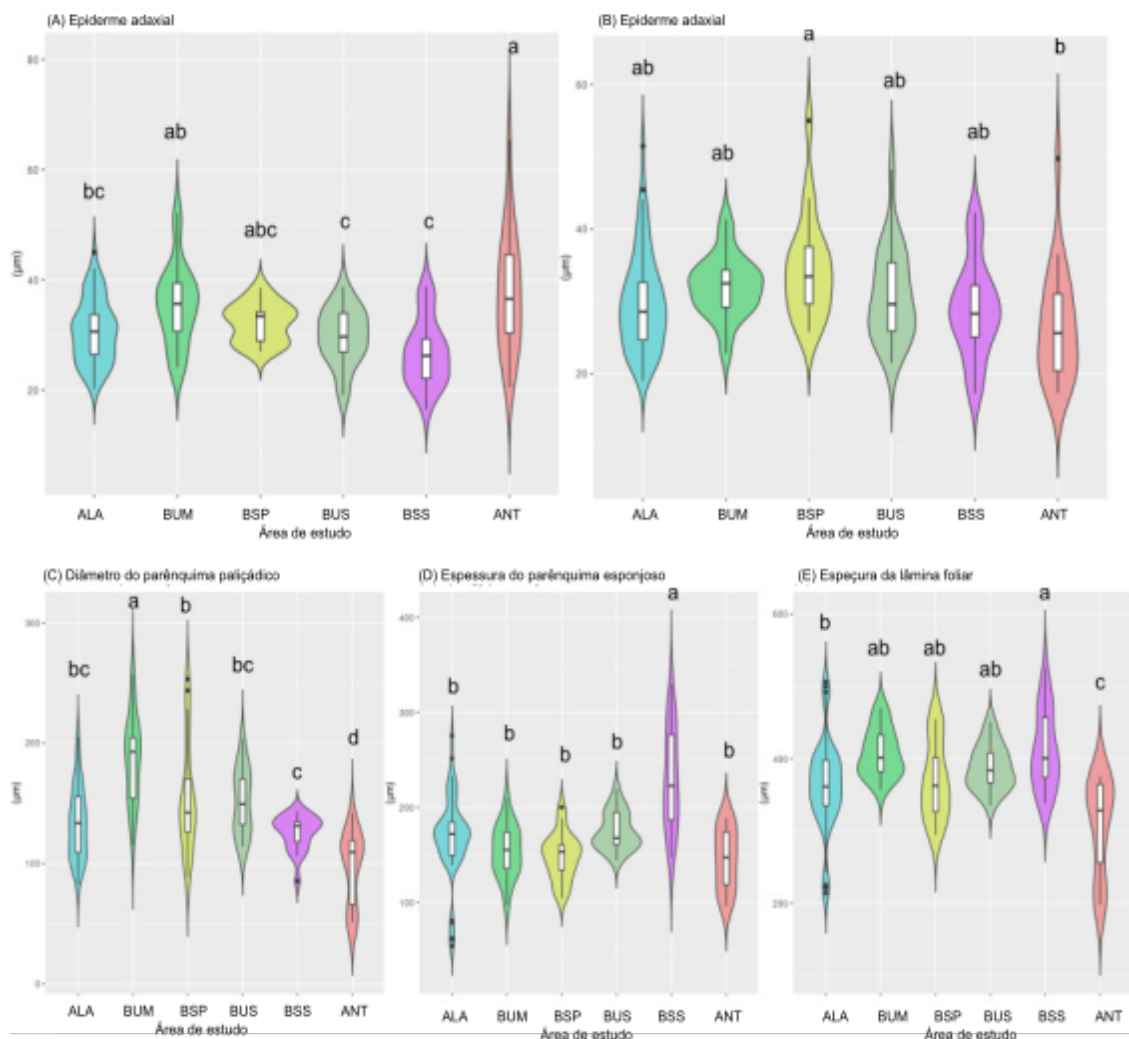
Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 7 – Parâmetros anatômicos quantitativos da lâmina foliar de *Centella asiatica*. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ). Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).

<b>Locais de coleta/ caracteres anatômicos</b>	<b>ALA</b>	<b>BUM</b>	<b>BSP</b>	<b>BUS</b>	<b>BSS</b>	<b>ANT</b>
<b>Espessura da epiderme adaxial (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	30,7 ( $\pm$ 5,8) bc	35,6 ( $\pm$ 7,4) ab	32,2 ( $\pm$ 3,5) abc	29,8 ( $\pm$ 5,1) c	26,7 ( $\pm$ 6,1) c	37,8 ( $\pm$ 11,2) a
<b>Espessura da epiderme abaxial (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	29,9 ( $\pm$ 6,8) ab	32,1 ( $\pm$ 4,3) ab	34,6 ( $\pm$ 7,2) a	31 ( $\pm$ 6,5) ab	29 ( $\pm$ 6,8) ab	26,7 ( $\pm$ 7,9) b
<b>Espessura do parênquima paliçádico (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	133,6 ( $\pm$ 29,7) bc	186,9 ( $\pm$ 36,1) a	155,2 ( $\pm$ 47,2) b	152,1 ( $\pm$ 27,3) bc	125,9 ( $\pm$ 14,6) c	97,2 ( $\pm$ 29,8) d
<b>Espessura do parênquima esponjoso (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	169,6 ( $\pm$ 42) b	154,1 ( $\pm$ 27,6) b	148,3 ( $\pm$ 24,8) b	175,3 ( $\pm$ 19,9) b	230,5 ( $\pm$ 52,6) a	145,9 ( $\pm$ 32,1) b
<b>Espessura da lâmina foliar (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	363,7 ( $\pm$ 63) b	408,8 ( $\pm$ 33,3) ab	370,4 ( $\pm$ 53,2) ab	388,2 ( $\pm$ 30,8) ab	412,2 ( $\pm$ 45,5) a	307,6 ( $\pm$ 66,2) c

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 11 – Gráficos em caixa (boxplot) dos parâmetros anatômicos quantitativos da lâmina foliar de *Centella asiatica* em diferentes ambientes. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).



Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.3.2 Estolão

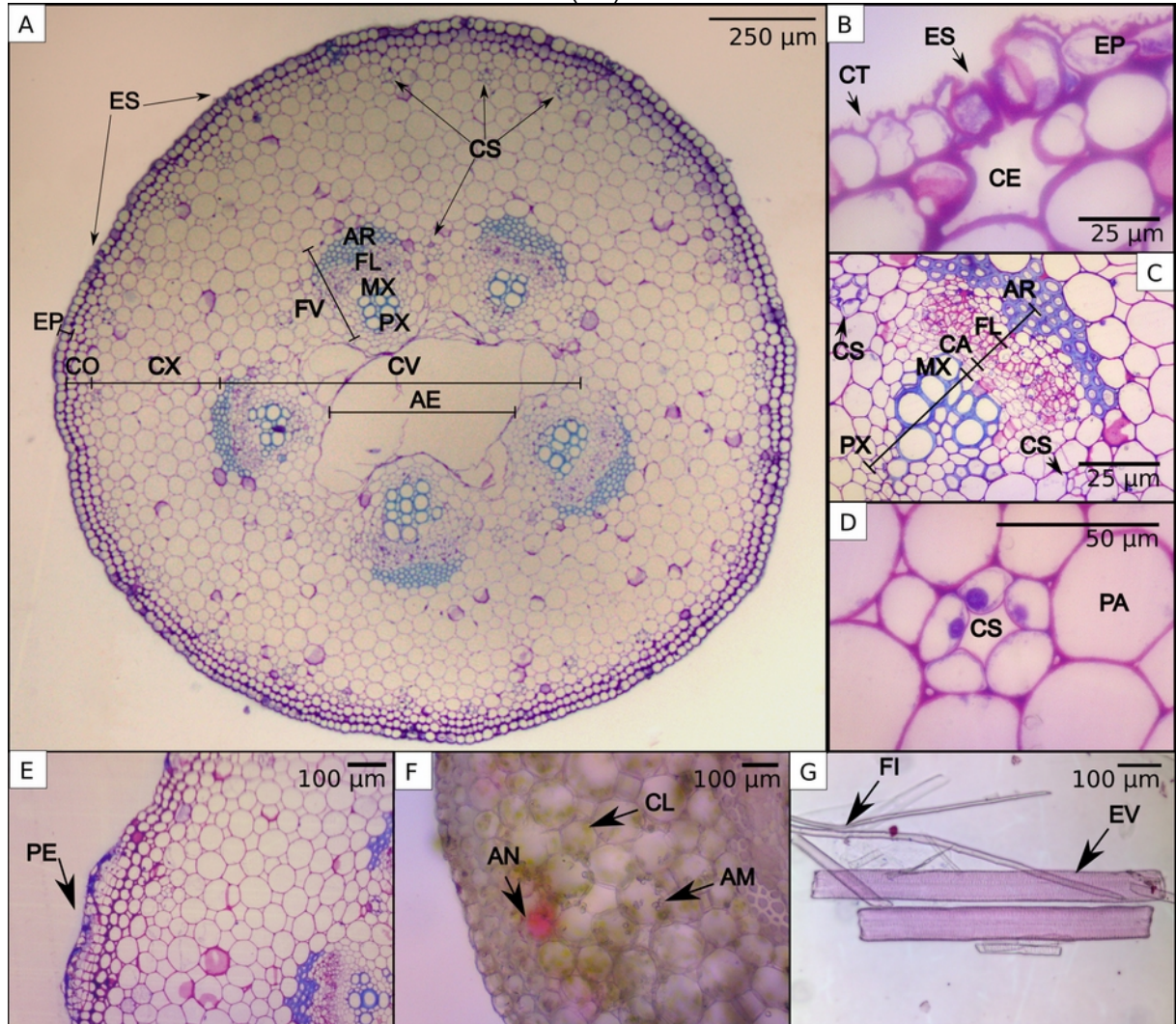
O estolão (Figura 12A-L) em todos os ambientes analisados apresenta, em secção transversal, forma circular (Figura 12A), cujo diâmetro é estatisticamente menor nos indivíduos BUM (Tabela 8; Figura 13A). A epiderme é uniestratificada, com células arredondadas e cutícula ornamentada, ocorrem estômatos no mesmo nível das demais células epidérmicas com câmara subestomática conspícua (Figura 12B). Nas plantas obtidas em ALA, BUM e ANT observa-se o desenvolvimento de periderme (Figura 12E).

No córtex há ocorrência de duas camadas de colênquima lamelar subepidérmico, seguido de células parenquimáticas arredondadas e pequenos espaços intercelulares, observa-se ainda, nessa região diversos canais secretores

(Figura 12A, D). *In natura*, nos órgãos de coloração marrom, observa-s, no córtex, a ocorrência de idioblastos com antocianinas (Figura 12F). O cilindro vascular é eustélico, composto por feixes vasculares colaterais abertos com um arco de fibras extraxilemáticas (Figura 12A, C), o número de feixes pode variar de 5 a 8. Indivíduos BSS e BSP tem maior número de feixes, enquanto a indivíduos ANT e BUM tem menor número (Tabela 8 e Figura 13c). A medula é fistulosa em todos os indivíduos analisados cujo diâmetro não tem variação significativa entre os locais de coleta pesquisados (Figura 12A, 13C e Tabela 7). Os elementos de vaso do metaxilema apresentam espessamento reticulado (Figura 12G), parede terminal reta e placa de perfuração simples, o comprimento e diâmetro apresentam diferença significativa entre os ambientes analisados. O maior comprimento ocorre em BUS, seguido de BUM, ALA e BSP, sendo BSS o menor comprimento. O diâmetro é maior em BSS, seguido por ALA e ANT.



Figura 12 – Secções transversais do estolão de *Centella asiatica*. A. Visão geral. B. Detalhe da epiderme com cutícula ornamentada e estômato. C. Detalhes do feixe vascular colateral. D. Detalhes do canal secretor. E. Detalhe da periderme. F. Detalhe do córtex com idioblasto com antocianina. aerênquima (AE); Idioblasto com antocianina (AN); Esclereídes (AR); cloroplastos (CL); colênquima angular (CO); canal secretor (CS); cutícula ornamentada (CT); cilindro vascular (CV); córtex (CX); metaxilema (MX); epiderme uniestratificada (EP); estômatos (ES); elemento de vaso (EV); fibras (FI) floema (FL); feixes vasculares (FV) parênquima (PA); periderme (PE); e protoxilema (PX).



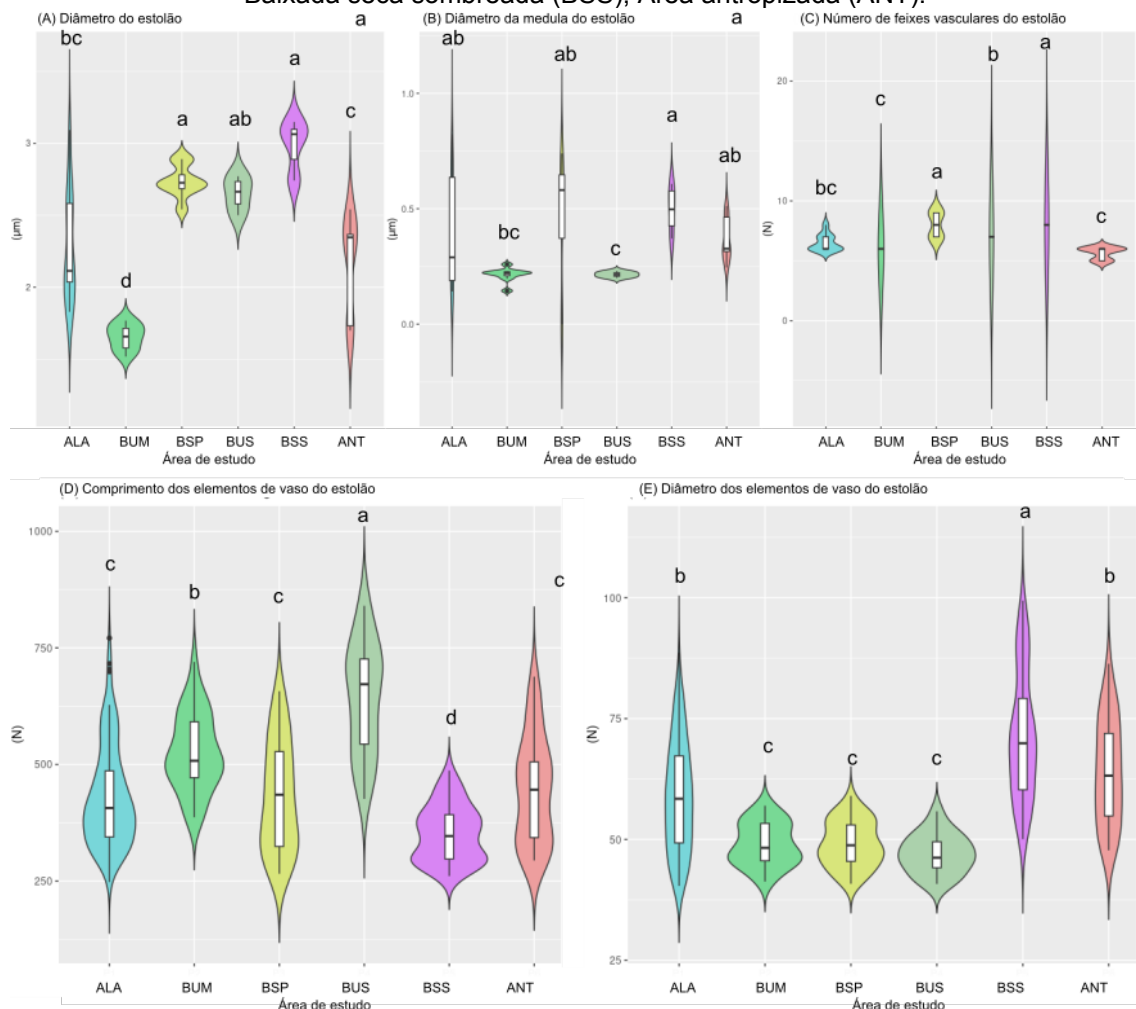
Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 8 – Parâmetros anatômicos quantitativos do estolão de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativa de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ). Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).

Local de coletas/ Características	ALA	BUM	BSP	BUS	BSS	ANT
<b>Diâmetro (cm)</b>	2,3 ( $\pm 0,4$ ) bc	1,7 ( $\pm 0,1$ ) d	2,7 ( $\pm 0,1$ ) a	2,7 ( $\pm 0,1$ ) ab	3 ( $\pm 0,2$ ) a	2,3 ( $\pm 0,3$ ) c
<b>Diâmetro da medula (cm)</b>	0,4 ( $\pm 0,2$ ) ab	0,2 ( $\pm 0,03$ ) bc	0,5 ( $\pm 0,3$ ) ab	0,2 ( $\pm 0$ ) c	0,5 ( $\pm 0,1$ ) a	0,4 ( $\pm 0,1$ ) ab
<b>No. Feixes vasculares</b>	6,5 ( $\pm 0,7$ ) bc	6 ( $\pm 0$ ) c	8 ( $\pm 1,1$ ) a	7 ( $\pm 0$ ) b	8 ( $\pm 0$ ) a	5,7 ( $\pm 0,5$ ) c
<b>Comprimentos dos elementos de vaso (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	431,7 ( $\pm 107,5$ ) c	525,6 ( $\pm 83$ ) b	430,1 ( $\pm 116,9$ ) c	641,7 ( $\pm 119,7$ ) a	352 ( $\pm 60$ ) d	445,7 ( $\pm 114,3$ ) c
<b>Diâmetro dos elementos de vaso (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	59 ( $\pm 11,4$ ) b	49 ( $\pm 4,4$ ) c	49,1 ( $\pm 4,8$ ) c	47 ( $\pm 4,1$ ) c	71,4 ( $\pm 13$ ) a	64,1 ( $\pm 10,1$ ) b

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 13 – Gráficos em caixa (boxplot) dos parâmetros anatômicas quantitativos do estolão de *Centella asiatica* em diferentes ambientes. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).



Fonte: elaborado pelos autores.

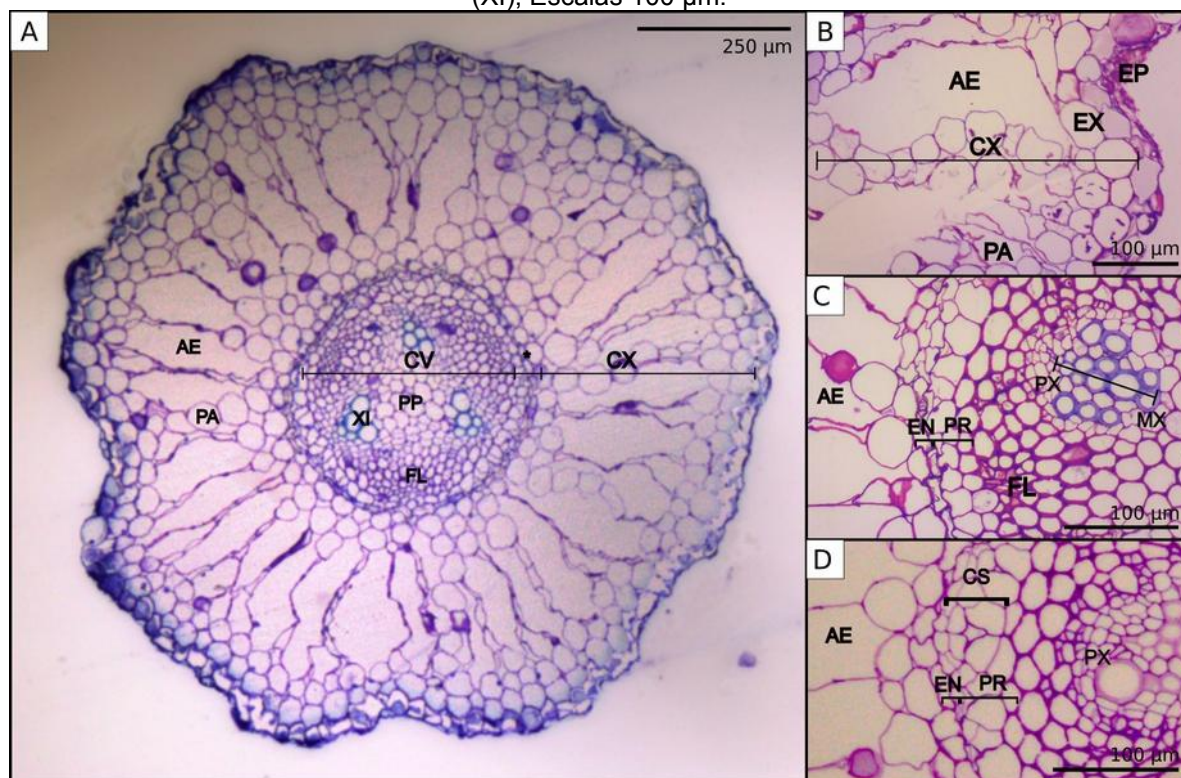
### **4.3.3 Raiz**

A raiz em secção transversal apresenta epiderme unisseriada normalmente colapsada (Figura 14A-B). O córtex pode ser dividido em córtex externo ou exoderme constituído de duas a três camadas de células parenquimáticas de paredes finas com poucos espaços intercelulares, seguida pela região mediana do córtex, constituído de aerênquima esquisolisígeno, com amplas cavidades de ar (Figura 14A-B), e por fim, o córtex interno constituído de duas a três camadas de células parenquimáticas, sendo a última a endoderme caracterizada por células pequenas (Figura 14C).

No cilindro vascular observa-se o periciclo aparentemente plurisseriado (Figura 14C-D). As raízes apresentam entre três ou cinco polos de protoxilema e floema com células espessadas. Na região da endoderme e periciclo há ocorrência de canais secretores circundados por quatro células epiteliais (Figura 14D). Os elementos de vaso do metaxilema apresentam espessamento reticulado, parede terminal reta e placa de perfuração simples, o comprimento e o diâmetro apresentam diferença significativa entre os ambientes analisados (Tabela 9 e Figura 15A-B). Indivíduos BUS tem maior comprimento e indivíduos BUM menor diâmetro. A medula é composta por células parenquimáticas (Figura 14A).



Figura 14 – Secções transversais da raiz de *Centella asiatica*. A. Visão geral onde se observa epiderme, córtex e cilindro vascular. B. Detalhe da epiderme colapsada, exoderme e aerênquima. C. Detalhe mostrando córtex interno com endoderme e cilindro vascular. D. Ocorrência do canal secretor com quatro células epiteliais. aerênquima (AE); canal secretor (CS); córtex (CX); cilindro vascular (CV); endoderme (EN); epiderme (EP); exoderme (EX); floema (FL); metaxilema (MX); parênquima (PA); parênquima de preenchimento (PP); periderme (PR); protoxilema (PX); xilema (XI); Escalas 100  $\mu\text{m}$ .



Fonte: elaborado pelos autores.

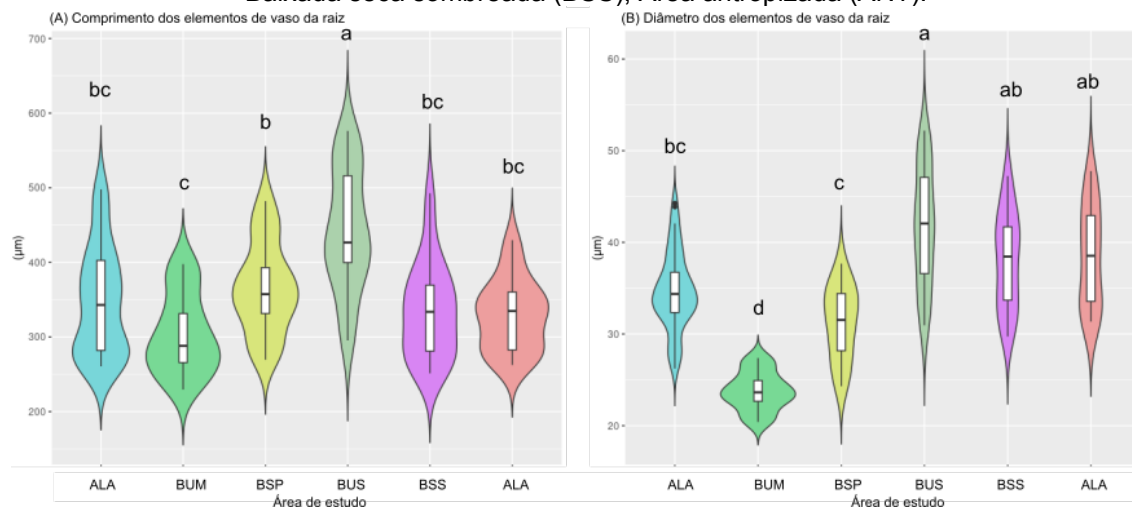
Tabela 9 – Medidas dos elementos de vaso da raiz de *Centella asiatica* em diferentes locais de coleta. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas de acordo com Teste tukey ( $p > 0,05$ ). Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS); Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).

Locais de coleta / características	ALA	BUM	BSP	BUS	BSS	ANT
Comprimento dos elementos de vaso ( $\mu\text{m}$ )	346,9 ( $\pm 72,6$ ) bc	303,8 ( $\pm 53,5$ ) c	365,5 ( $\pm 62,1$ ) b	443 ( $\pm 81,4$ ) a	334,9 ( $\pm 64,5$ ) bc	328,9 ( $\pm 47,6$ ) bc
Diâmetro dos elementos de vaso ( $\mu\text{m}$ )	34,6 ( $\pm 4,2$ ) bc	23,8 ( $\pm 2,1$ ) d	31,2 ( $\pm 4$ ) c	41,7 ( $\pm 6,4$ ) a	38 ( $\pm 5,2$ ) ab	38,5 ( $\pm 5,6$ ) ab

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 15 – Gráficos em caixa (boxplot) dos parâmetros dos elementos de vasos da raiz de *Centella asiatica* em diferentes ambientes. Baixada alagada (submerso) (ALA); Baixada úmida sem

sombreamento (BUM); Baixada seca pouco sombreada (BSP); Baixada úmida sombreada (BUS);  
Baixada seca sombreada (BSS); Área antropizada (ANT).



Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.3.4 Análises histoquímicas

De modo geral em todos os órgãos analisados as reações histoquímicas com PAS e ATO não mostraram diferenças qualitativas expressivas entre os locais analisados, indicando presença de polissacarídeos ácidos e neutros nas paredes celulares das células epidérmicas, células parenquimáticas, e principalmente nas células do colênquima e nas paredes das fibras dos feixes vasculares dos pecíolos e caules. Na lâmina foliar a reação com ATO, PAS e Xylidine Ponceau revelaram grande presença de cloroplastos nas células do mesofilo e ausência destes nas células do colênquima da nervura mediana.

Na lâmina foliar com relação aos grãos de amido do cloroplasto observamos que os locais ALA e ANT não apresentam grãos de amido, nos locais BUM e BSP ocorrem grãos de amido nos cloroplastos em maior quantidade no parênquima esponjoso; e presença em grande quantidade em todo o mesofilo em BUS e BSS. No pecíolo observamos reação positiva para amiloplastos nas células do parênquima cortical, especialmente nos indivíduos de ALA. No estolão observamos ocorrência em todos os locais com maior quantidade nos locais BUS e BSS. Nas raízes, observamos menor quantidade de amiloplastos do que em relação ao estolão, podendo ocorrer tanto no córtex interno quanto na medula em maior quantidade nos indivíduos BSS.

No lúmen dos canais secretores em todos os órgãos analisados observamos reações positivas para polissacarídeos ácidos e neutros e ausência de proteína,

além de reação positiva para proteína na parede das células do epitélio secretor, em todos os locais analisados.

## 5 DISCUSSÃO

As análises de solo do ambiente do PNMDLC, quanto na área antropizada, se assemelham a estudos desenvolvidos por Potter *et al.* (2004), Gomes *et al.* (2007) e Amorim e Júnior (2017). Onde observamos acidez do solo, baixo teor de matéria orgânica e de cátions (P e Ca), médio teor de magnésio, baixa saturação por alumínio, alto índice de alumínio trocáveis, média nas bases e baixo capacidade de troca catiônica (CTC), sendo os dados em conformidade com metodologia de IPF (1998), e ainda no ambiente antropizado, registramos maiores teores de argila, P, K, matéria orgânica, Ca, Mg, CTC em pH 7.0. O baixo teor de cátions essenciais, elevado teor de H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> e baixo CTC, indica que o solo é pobre, ou com pequena capacidade de reter os cátions na forma trocáveis, podendo perder os compostos essenciais por lixiviação (RONQUIM, 2010). Conforme Potter *et al.* (2004) o solo que ocorre no ambiente antropizado também é pobre, apesar de apresentar teores de cátions essenciais e CTC elevados a atividade química da argila é baixa. O percentual de argila e a presença de matéria orgânica influencia na acidez do solo, atuando na determinação do poder tampão, ou seja, quão fortemente ele resiste às mudanças de pH (IPF, 1998). Além das características do solo, a irradiação solar, ações dos ventos, umidade e temperatura podem impactar diretamente na sobrevivência das plantas (ARAÚJO *et al.*, 2017; BONA *et al.*, 2020). Por fim, Potter *et al.* (2004) relata que os solos argilosos, possuem maior capacidade de retenção de água.

*Centella asiatica* apresenta maior área foliar nos indivíduos ocorrentes em ANT, seguido por indivíduos ocorrente em BSS, e menor área nos demais locais de coleta. A área foliar pode estar associada à variação climática, geologia, altitude ou latitude, estresse por calor, estresse por frio, estresse por seca e estresse por alta radiação (CABRAL *et al.*, 2018, AMORIM e JUNIOR, 2017, CORNELISSEN *et al.*, 2003), e compostos nutricionais do solo (BOEGER e WISNIEWSKI, 2003). Cabral *et al.* (2018) comparando os ambientes de restinga herbácea com transição florestal, observaram que quanto mais herbácea for a fitofisionomia, maior o pH, menor o índice de fósforo, menor teores de (H + Al), menor capacidade de troca catiônica e maior saturação de base do solo, em consequência as plantas apresentam menor área foliar. Os mesmos autores ainda indicam que em região de transição florestal, os fatores do solo indicados são maiores e pH mais ácido, e em contrapartida as

plantas apresentam maior área foliar. Nossos resultados indicam que possivelmente a composição do solo bem como o nível de sombreamento e o percentual de umidade, o qual provavelmente também interfere na temperatura do ambiente, estejam atuando no aumento da área foliar de *C. asiatica*, diferentemente do ambiente da restinga que apresenta menor sombreamento e maior radiação solar. De acordo com Sarma e Mazunder (2011) as características do solo, elencado pelo seu pH, podem influenciar diretamente nas estruturas morfoanatômicas de *Centella asiatica*, principalmente na área foliar, onde, no ambiente ácido apresentou menor área foliar, e ambiente de pH neutro, maior área foliar. Todavia, Nav *et al.* (2021) verificou diferentes características sem influência ao pH, segundo os autores, a altitude foi fator crucial, *C. asiatica* em altitude abaixo do nível do mar (-24) e alta precipitação anual, apresentou maior área foliar, comprimento e diâmetro do pecíolo, e em altitude de 78 metros acima do nível do mar e menor precipitação anual, as plantas apresentaram folhas com menor área foliar, e menor comprimento e diâmetro do pecíolo. Os dados observados na literatura, pouco se assemelharam ao estudo aqui desenvolvido, onde em ambiente ANT, com solo argiloso e úmido, houve maior espessura da lâmina foliar, mas em ambiente de restinga, o fator umidade não foi crucial na espessura da lâmina, e referente ao pH, não houve diferenciação entre os ambientes.

Além de maior área foliar, os indivíduos de ANT também tem menor espessura da lâmina foliar com células parenquimáticas arredondadas e pouco espaço intercelular, e menor espessura do parênquima paliçádico, diferentemente dos indivíduos do PNMDLC cujas folhas são estatisticamente mais espessadas. Normalmente folhas da restinga herbácea e subarbustiva tem menor área foliar, parênquima paliçádico mais espesso, como em *Tibouchina clavata* (AMORIM e JUNIOR, 2017), *Smilax campestris* (CABRAL *et al.*, 2018), *Guapira opposita* (SANTOS *et al.*, 2010) e *Schinus terebinthifolia* Raddi. (JÚNIOR *et al.*, 2019). Chama-se atenção aqui para que os indivíduos BSS que apesar de estarem em local sombreado apresentam maior espessamento da lâmina foliar devido ao alongamento do pecíolo, o qual eleva a lâmina foliar proporcionando melhor captação da energia luminosa e conseqüentemente melhor desenvolvimento do parênquima clorofiliano. Conforme Esau (1977) folhas que se desenvolvem sob ação direta da irradiação solar, são menores, mais espessas e com parênquima paliçádico mais desenvolvido, do que plantas que se desenvolvem na sombra.



Portanto, no ambiente ANT, possivelmente o fator sombreamento e características do solo sejam responsáveis pelo menor espessamento da lâmina foliar.

Os indivíduos em ANT e BSS (sombreados) têm maior massa fresca e também maior massa seca corroborando com estudo de Cabral *et al.* (2018), cujas plantas com maior massa fresca e seca, eram de ambiente de restinga arbórea e transição florestal, e na restinga arbustiva e herbácea, isto é, plantas de sol, menor massa fresca e seca, todavia, com maior grau de suculência.

Os nossos resultados mostraram maior espessura da epiderme na face adaxial em ANT, BUM e BSP e pouca variação entre os ambientes na face abaxial, ressaltamos aqui que os valores de espessura foram maiores do que os observados por Sarma e Mazumder (2011) e por Jelani *et al.* (1993) para a mesma espécie, sendo os estudos desenvolvidos na Índia, com altitude entre 50 e 100 m e regiões antrópicas e próximo a cultivares de arroz. Possivelmente, o fato da parede periclinal externa da epiderme ser mais espessa, dá-se a um processo adaptativo para alta luminosidade, atuando como processo reflexivo, a fim de diminuir a temperatura foliar (DIKISON, 2000), fato que possivelmente ocorre em *C. asiatica* em ambiente de restinga.

*Centella asiatica* é anfiestomática, conforme também observado por outros autores (METCALFE e CHALK, 1950, SUDHAKARAN, 2017), podendo ser anfihipoestomática de acordo com nossos resultados, corroborando com Jelani *et al.* (1993), Sudhakaran (2017), assim como também outras espécies de restinga como *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (VOLTOLINI, 2009), *Hydrocotyle umbellata* L. (MARTINS *et al.*, 2008), *Guapira opposita* (SANTOS *et al.*, 2010), dentre outras (BOEGER e GLUZEZAK, 2006).

No presente estudo verificamos que *C. asiatica* tem estômatos paracíticos em ambas as faces, diferentemente do observado por Sudhakaran (2017) cujos estômatos foram classificados como anisocíticos. Nossos resultados não mostraram variação significativa no tamanho dos estômatos nos diferentes pontos de coleta, e tamanhos semelhantes das células guarda também foram observadas por Jelani *et al.* (1993) e Sudhakaran (2017) em *C. asiatica*.

A densidade estomática e o índice estomático da face adaxial nas plantas ANT indicam menor quantidade de estômatos em relação às células epidérmicas comuns, corroborando a literatura onde há menor densidade em plantas de sombra (LARCHER, 2000, VOLTOLINI, 2009, SANTOS *et al.*, 2010). Da mesma forma

observamos que plantas da restinga tem maior densidade, devido principalmente à exposição à maior radiação solar (LARCHER, 2000, VOLTOLINI, 2009, SANTOS *et al.*, 2010). Portanto, pode-se observar que *C. asiatica* desenvolve estratégia adaptativa na disposição dos estômatos nos ambientes estudados, com finalidade de potencializar as tricas gasosas e evitar a perda de água.

Nosso estudo é o primeiro registro de hidatódios em *C. asiatica*, ocorrendo no bordo serrilhado das lâminas foliares em todos os ambientes do PNMDLC e na área antropizada. A primeira citação de hidatódios na família Apiaceae foi em *Hydrocotyle asterias* Cham. & Schtdl. (RIOS e DALVI, 2020). Os hidatódios são importantes para gutação e/ou absorção direta de água (LARCHER, 2000). Há muito a ser explorado sobre essa estrutura, e suas funcionalidades, como avalia Hossain *et al.* (2016), que em pesquisa desenvolvida para verificar a capacidade de liberação de sódio por *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum* Hubbard & Rehder, pelos hidatódios, demonstrou não haver esta funcionalidade de homeostase, todavia, Esau (1977) cita que essas estruturas podem ter relação com a eliminação de excesso de sais dissolvidos, assim como observado nas glândulas de sal.

A variação no comprimento do pecíolo em *C. asiatica* parece ser carácter comum conforme observado na literatura (JELANI *et al.*, 1993, CORREA e PIRANI, 2006, LUCAS, 2023). Para Sarma e Mazumder (2011), o fator acidez do solo é o principal influenciador no diâmetro foliar do pecíolo, enquanto Nav *et al.* (2021) considera que os caracteres ecótipos estão interligados às respostas morfológicas. Portanto, as características morfoanatômicas dos órgãos aéreos estão intimamente interligadas à irradiação solar e potencial hídrico ambiental. A variação aqui observada onde indivíduos BSS e ANT tem maiores comprimentos de pecíolo bem como maior área foliar, possivelmente estão relacionados ao nível de sombreamento que as plantas estão expostas. As espécies em BSS precisam elevar suas lâminas foliares a fim de melhor aproveitar a radiação solar, através do alongamento do pecíolo. O maior diâmetro do pecíolo observado em ANT deve-se possivelmente ao aumento do diâmetro da medula, sem aumento do número de feixes vasculares, outrossim, a maior espessura da medula pode estar associada a umidade do solo e capacidade de retenção de líquidos da argila, onde a medula do pecíolo atua no armazenamento de ar para a respiração e fotossíntese da planta.

A variação no diâmetro do estolão em *C. asiatica* tem relação com o número de feixes vasculares e com o tecido cortical, não tendo relação com o tamanho da

medula, a qual é fistulosa. Apenas os indivíduos BUS apresentaram variação no diâmetro da medula, tendo o menor diâmetro. De acordo com a literatura, plantas de ambientes úmidos e alagados tendem a ter maior área de aerênquima, porém, isso não foi constatado aqui (BONA e MORRETES, 2003, SMITS *et al.*, 1990). Valores similares do diâmetro do estolão para *C. asiática* também foram observados por Sudhakaran (2017) com ocorrência de quatro e cinco feixes vasculares, em plantas obtidas em regiões de campos de arroz, margens de rios e riachos e bordas de jardins, no distrito de Kerala, na Índia.

Nossos resultados mostram que o comprimento do entrenó do estolão apresentou menor comprimento na BSS, seguido da ALA, BSP e ANT, e maior valor observado em BUS, e maior diâmetro nos ambientes BSS, seguido de ALA e ANT. Os dados observados, foram diferente do que se esperava, fato que normalmente se relatam na literatura o aumento de etileno nessas regiões, associado ao aumento do comprimento do órgão. O comprimento dos entrenós do estolão se assemelhou ao estudo desenvolvido por Sarma e Mazunder (2011), em Assam (Índia), no qual, registrou-se entrenós entre 6,38 e 8,24 cm.

Nas raízes também observamos situação semelhante ao estolão, cujo comprimento e diâmetro dos elementos de vaso tem pouca variação entre os locais analisados, o maior comprimento ocorre nos indivíduos BUS. O aerênquima, tecido que muitas vezes está relacionado à anoxia (MACEDO *et al.*, 2019), é observado na raiz sem variação qualitativa nos locais analisados, podendo ser considerado uma característica estrutural da espécie, sem relação com o ambiente que ocorre. Conforme Ciccarelli e Bona (2022), a ocorrência de aerênquima é observado em 67% das plantas rasas nas áreas de dunas, podendo ocorrer em áreas úmidas e ou alagáveis, como nas áreas secas, todavia, enfatiza-se a correlação entre o tecido e o pH do solo.

A reserva energética das plantas se dá através do acúmulo de amido na forma de amiloplastos principalmente nos órgãos subterrâneos, no presente estudo constatamos que o amido é qualitativamente mais abundante nos ambientes mais secos (BSP, BUS, BSS e ANT), principalmente no estolão. Nos ambientes submersos (ALA) e úmidos (BUM) a ocorrência de amiloplastos é menor, situação que pode estar associada a anoxia, já que o metabolismo anaeróbico consome mais carboidratos do que a respiração normal (BRAENDLE e CRAWFORD, 1982, REBELLATO *et al.*, 2012). Desta forma, o acúmulo de amido nos órgãos

subterrâneos se dá anteriormente à inundação o qual é mobilizado durante os períodos de alagamento (METRAUX e KENDE, 1984), situação semelhante ao observado em *C. asiatica*.

Canais secretores foram observados em *C. asiatica* em todos os órgãos, de todos os locais de coleta, localizados principalmente em associação com o sistema vascular e também na região cortical do pecíolo e estolão. A ocorrência de canais secretores nos órgãos vegetativos de espécies de Apiaceae é comum (METCALFE e CHALK, 1950, SRIVASTAVA, 2018, IDMAN, 2019) e Metcalfe e Chalk (1950) indicam a origem pericíclica dos canais associados ao sistema vascular. Em *C. asiatica* apesar de não termos realizado estudo de desenvolvimento dos órgãos vegetativos acreditamos que os canais associados ao sistema vascular, principalmente nas folhas e raízes sejam mesmo de origem pericíclica, pois os mesmo estão localizados internamente à bainha parenquimática do feixe vascular.

A presença de polissacarídeos ácidos e neutros no interior dos canais secretores, e proteínas nas paredes das células do epitélio secretor de *C. asiatica* observado aqui, corrobora com a literatura cujos compostos incluem mistura de óleos, resinas e mucilagens e metabólitos específicos de particularidade da espécie, identificados como as Centellosídeos, que são as principais classes de compostos triterpenos pentacíclicos comercialmente aplicável, amplamente investigada pelo importante potencial farmacológico (JELANI *et al.*, 1993; CHONG e AZIZ, 2011; JANTWAL *et al.*, 2021; NAV *et al.*, 2021).

*Centella asiatica* na restinga se localiza em regiões de baixadas dentro de um sistema de dunas que são inundadas sazonalmente e onde os níveis de nutrientes são normalmente baixos. De acordo com Ciccarelli e Bona (2021), nesses ambientes ocorrem principalmente plantas com adaptações à ambientes áridos e alagados, como fotossíntese C4, folhas anfiestomáticas e abundante aerênquima nas raízes. Nossos resultados mostram que *C. asiatica* apresenta algumas adaptações para ambientes úmidos como aerênquima nas raízes e medula fistulosa do estolão, estômatos em ambas as faces e presença de hidatódio, porém as principais diferenças anatômicas observadas possivelmente estão relacionadas às variações de radiação solar, ou seja, de ambiente de sol e sombra que são o espessamento do parênquima paliçádico nas plantas de sol, maior área foliar em plantas de sombra (principalmente em ANT) e menor nas plantas de sol e o comprimento do pecíolo é influenciado pelo percentual de sombreamento, no qual,

quando há sombreamento com outras espécies subarbustivas, a planta impõe esforços para elevar o limbo para a obtenção de radiação solar, aumentando seu comprimento e espessura.

## 6 CONCLUSÃO

*Centella asiatica* apresenta adaptações morfoanatômicas capazes de maximizar seu ganho energético em diferentes condições ambientais, como: ser anfiestomática, alongar o pecíolo a fim de expor melhor a lâmina foliar à melhor captação de energia, aumentar a área foliar em ambientes mais sombreados, além de adaptar a estrutura do parênquima clorofiliano, cujo parênquima paliçádico é mais conspícuo em ambiente de sol e menos conspícuo no ambiente sombreado (ANT).

Outras características parecem não ter relação com fatores ambientais como espessura da célula epidérmica em ambas as faces, formação de aerênquimas, alongamento de entrenós do estolão, densidade estomática da face abaxial e morfologia dos estômatos.

Plantas de ambiente antropizado mostram diferenças significativas entre as plantas da restinga, em alguns parâmetros analisados, os quais estão possivelmente relacionados ao ambiente antropizado ser mais sombreado e por diferenças na composição do solo e capacidade de retenção de umidade.

Foram identificadas estruturas secretoras como canais secretores em todos os órgãos da planta os quais secretam polissacarídeos ácidos e neutros e hidatódios nas margens serrilhadas da lâmina foliar.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 6502. **Rochas e solos**. ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1995.
- ALQAHTANI, A; CHO, J. L.; WONG, K. H.; LI, K. M.; RAZMOVISKI-NAUMOVSKI, V.; LI, G.Q. **Differentiation of Three *Centella* Species in Australia as Inferred from Morphological Characteristics, ISSR Molecular Fingerprinting and Phytochemical Composition**. *Frontiers in Plant Science*. 2017 Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01980>
- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G. J. L.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map Meteorologische Zeitschrift. Stuttgart**. *Meteorologische Zeitschrift*, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AMORIM, M. W.; JUNIOR, M. C. F. 2017. **Plasticidade morfoanatômica foliar de *Tibouchina clavata* (Melastomataceae) ocorrente em duas formações de restinga**. *Rodriguesia*, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768217>
- ARAÚJO, C. F.; RIBEIRO-JÚNIOR, N. G.; EBURNEO, L.; SILVA, I.V. **Influência da luminosidade nas folhas de citronela (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle)**. *Rev. Bras. Pl. Med.*, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-084X/0597>
- ARRUDA E. C. P. **Guia teórico-prático de anatomia vegetal: identificando células e tecidos**. Recife: Ed. UFPE, 2021.
- BRAENDLE R.; CRAWFORD, R. M. M. **Rhizome anoxia tolerance ena habitat specialization in wetland plants**. In CRAWFORD, R. M. M. 1987. **Plant life in aquatic and amphibious habitats**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1982.
- BELTRAME, A. V. **Conhecendo o Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição**. Florianópolis, UFSC, 2006.
- BELWAL, T; ANDOLA, H. C.; ATANASSOVA, M. S.; JOSHI, B.; SUYAL, R.; THAKUR, S.; BISHT, A.; JANTWAL, A.; BHATT, I. D.; RAWAL, R. S. **Chapter 3.22 - Gotu Kola (*Centella asiatica*)**. In: Nabavi SM, Silva AS. *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. v. 1. London, Academic Press. p. 265-275. 2019.
- BERLYN, G. P.; MISKSCHKE, J. P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: Iowa State University Press. 1976.
- BINFARÉ, R. W. **Guia ilustrado da flora da restinga de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado: Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC, Florianópolis. 2016.
- BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M. **Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina**,

Brasil. Iheringia, Série Botânica, 2006. Disponível em:  
<https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/184>

BOEGER, M. R. T.; WINIEWSKI C. **Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil.** Brazilian Journal of Botany, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042003000100007>

BONA, C.; MORRETES, B. L. **Anatomia das raízes de *Bacopa salzmanii* (Benth.) Wettst. ex Edwall e *Bacopa monnierioides* (Cham.) Robinson (ScropBUMariaceae) em ambientes aquáticos e terrestres.** Acta Botanica Brasilica, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000100012>

BONA, C.; PELLANDA, R. M.; CARLICCI, M. B.; MACHADO, R. G.; CICCARELLI, D. **Functional traits reveal coastal vegetation assembly patterns in a short edaphic gradient in southern Brazil.** Flora. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151661>

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. 2011. **Numerical Ecology with R.** Springer, New York. 2011. Disponível em: <https://10.1007/978-1-4419-7976-6>

BARCLAY, A. M.; CRAWFORD, R. M. M. **Plant growth and survival under strict anaerobiosis.** Journal of Experimental Botany. 1982.

BRASIL. **LEI Nº 11.428, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. 2006. Disponível em:  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm)

BRESOLIN, A. **Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina.** Insula 10: 1-55. 1979.

BUKATSCH, F. **Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin.** Mikrokosmos. 1972.

BYLKA, W.; ZNAJDEK-AWIZENÍ, P.; STUDZIŃSKA-SROKA, E.; BRZEZIŃSKA, M. ***Centella asiatica* in cosmetology.** Postepy Dermatol Alergol. 2013. Disponível em: <https://10.5114/pdia.2013.33378>

CABRAL, R. D. C; JUNIOR, J. C. F. M.; MATILDE-SILVA, M. 2018. **Plasticidade morfoanatômica foliar em *Smilax campestris* (Smilacaceae) em gradiente ambiental de restinga, SC, Brasil.** Hoehnea, 2018. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-65/2017>

CARDOSO, J. T. **A Mata Atlântica e sua conservação.** Encontros Teológicos. 2016. Disponível em: <https://doi.doi.org/10.46525/ret.v31i3.509>

CHONG, N.J.; AZIZ, Z. **A systematic review on the chemical constituents of *Centella asiatica*.** Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2011.



CICCARELLI, D.; BONA, C. **Exploring the Functional Strategies Adopted by Coastal Plants Along an Ecological Gradient Using Morpho-functional Traits.** *Estuaries and Coasts*, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12237-021-00945-y>

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1999. **Resolução n. 261, de 30 de junho de 1999.** <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0261-300699.PDF>.

CORDAZZO, C. V.; PAIVA, J. B.; SEELIGER, U. **Guia ilustrado:** plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica. USEB, Pelotas, RS. 2006.

CORNELISSE H. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; TER STEEGE H, MORGAN, H. D.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. **A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide.** *Australian Journal of Botany*. 2003. Disponível em: <https://10.1071/BT02124>

CORRÊA, I. P; PIRANI, J. R. **Apiaceae.** In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; MELHEM, T. S.; MARTINS, S. E.; KIRIZAWA, M.; GIULIETTI, A. M. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo.** v. 4. São Paulo, Instituto de Botânica, 2005. p. 11-34.

CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Porto Alegre: SBCS Núcleo Regional Sul/UFRGS. 2004.

CUTTER E. G., **Anatomia vegetal:** Parte I – Células e Tecidos. São Paulo: Roca, 1986.

DANTAS, L. F. **As restingas da Ilha Grande: importância e conservação.** (Monografia) Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2012.

DICKISON, W.C. **Integrative Plant Anatomy.** Burlington, USA: Academic Press. 2000.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de Métodos de análise de solo.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997.

ESAU, K. 1977. **Anatomy of Seed Plants**, 2nd ed. Wiley, New York.

FAHN, A. **Anatomia Vegetal.** Madrid: H. Blume Ediciones, 1978.

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. **Plant microtechnique: some principles and new methods.** *American Journal of Botany*. 1968. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2440500>

FLORIANÓPOLIS. **LEI Nº 10.388, DE 05 DE JUNHO DE 2018**. Dispõe sobre a criação da unidade de conservação Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição. 2018.

FRANKLIN, G. L. **Preparation of thin sections of synthetic resin and wood-resin composites, and a new marcerating method for wood**. Nature. 1945. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/155051a0>

GOMES, F. H.; VIDAL-TORRADO, P. MACÍAS, F.; GHERARDI, B., PEREZ, X. L. O. **Solos sob vegetação de Restinga na Ilha do Cardoso (SP)**. I - Caracterização e classificação. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600033>

GOULET. F.; BELLEFLEUR, P. **Leaf morphology plasticity in response to light environment in deciduous tree species and its implication in forest succession**. Canadian Journal Forest Research. 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/x86-212>

GÜTTLER F. N. **Mapeamento da vegetação do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.

HESP, P. A. **Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes**. Journal of Arid Environment. 1991. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(18\)30681-5](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(18)30681-5)

HOSSAIN, M. B.; MATSUYAMA, N.; KAWASAKI, M. **Hydathode morphology and role of guttation in excreting sodium at different concentrations of sodium chloride in eddo**. Plant Production Science. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1343943X.2016.1210990>

IBGE. **Manual técnico de pedologia**: guia prático de campo. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

\_\_\_\_\_. - **EMBRAPA - Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000.

IDMAN, D. Ö. M.; KARAKAYA, M. A.; ULUSOY, F.; BANI, B. A. R. I. Ş. **Comparative vegetative anatomy of the genera *Grammosciadium*, *Caropodium* and *Vinogradovia* (Apiaceae) in Turkey**. Phytotaxa, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.427.1.2>

IPCC. **Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2021.

IPF - Instituto da Potassa & Fosfato. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba : POTAFOS, 1998.

JANTWAL, A.; DURGAPAL, S.; UPADHYAY, J.; RANA, M.; TARIQ, M.; DHARIWAL, A.; JOSHI, T. **Chapter 3.2.5 - *Centella asiatica***. In: BELWAL T.; NABAVI, S. M.; NABAVI, S. F.; DEHPOUR, A. R.; SHIROOIE, S. *Naturally Occurring Chemicals Against Alzheimer's Disease*. v. 1. London, Academic Press. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819212-2.00021-9>

JELANI, S.; JABEEN, F.; PRABHAKAR, M.; LEELAVATHI, P. **Pharmacognostic studies on *Centella asiatica* (L) Urban**. *Ancient Science of Life*. Ancient Science of Life, 1993.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Co, New York. 1940. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/147222b0>

JUNIOR, P. C. P. F. 2004. **Anatomia ecológica comparada de folhas de *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae) na vegetação de restinga e na Floresta Ombrófila Densa**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Santa Catarina. 2004.

JÚNIOR, J. C. F. M.; GONÇALVES, T. M.; JARDIM, R. I. L. **Adaptações estruturais e potencial plástico de *Schinus terebinthifolia* Raddi. (Anacardiaceae) em diferentes formações de restinga**. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 2019.

KORTE, A.; GASPER, A. L.; KRUGER, A.; SEVEGNANI, L. **Capítulo 9: Composição florística e estrutura das restingas em Santa Catarina**. In: VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D.V. *Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, Vol. IV, Floresta Ombrófila Densa*. Blumenau. Edifurb. 2013.

KUSTER, V. C. M. **Anatomia e aspectos ecológicos de espécies vegetais ocorrentes na Restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha**. Dissertação (Mestrado em Botânica estrutural; Ecologia e Sistemática) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Rima Artes e Textos: São Paulo. 2000.

LEMO, J. R.; EDSON-CHAVES, B. **Morfologia e anatomia vegetal: uma abordagem prática**. Teresina: EDUFPI, 2022.

LI, Y, ZANG, X, ZHAO, X, MA, S, CAO, H, CAO, J. **Assessing spatial vulnerability from rapid urbanization to inform coastal urban regional planning**. *Ocean & Coastal Management*, Amsterdam. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.01.010>

LUCAS, D. B. *Centella*. *Flora do BRASIL*, 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. [floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15525](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15525). 12 abr. 2023

MACEDO, L. C. T. P.; DORNELLES, S. H. B. PERIPOLLI, M.; TRIVISOL, V. S.; CONCEIÇÃO, D. Q.; PIVETTA, M. ESCOBAR, O. S.; ESSI, L. **Phenology and dry mass production of *Urochloa plantaginea* and *Urochloa platyphylla* submitted to**

**different water quantities in the soil.** 2019. Disponível em:  
<https://doi.org/10.4025/actascibiolsoci.v41i1.46127>

MACHADO, P. L. O. A.; CAMPOS, A. C.; SANTOS, F. S. **Métodos de Preparo de Amostras e de Determinação de Carbono em Solos Tropicais.** Circular técnica Embrapa. 2003.

MARTINS, M. B. G.; MARCONI, A. P.; CAVALHEIRO, A. J.; RODRIGUES, S. D. **Caracterização anatômica e química da folha e do sistema radicular de *Hydrocotyle umbellata* (Apiaceae).** Revista Brasileira de Farmacognosia. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000300015>

MCLACHLAN, A.; DEFEO, O.; SHORT, A. D. **Characterising sandy beaches into major types and states:** Implications for ecologists and managers. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2018. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.027>

MCMANUS, J. F. **Histological and histochemical uses of periodic acid.** Stain Technology. 1948. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/10520294809106232>

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons.** Vol. 1, Clarendon Press, Oxford. 1950.

MÁTRAUX, J. P.; KENDE, H. **The celular basis of the elongation response in submerged deep-water rice.** Planta, Berlin. 1984.

MURPHY, J.; RILEY, I. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** Analytica Chimica Acta. 1962. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)

NAV, S. N.; EBRAHIMIB, S. N.; MOHAMMAD, A. S.; MIRJALILIA, H. **Variability, association and path analysis of centellosides and agro-morphological characteristics in Iranian *Centella asiatica* (L.) Urban ecotypes.** South African Journal of Botany. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.006>

OGUCHI, R.; HIKOSAKA, K.; HIROSE, T. **Does the photosynthetic light-acclimation need change in leaf anatomy?** Plant, Cell and Environment. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00981.x>

OYENIHI, A. B.; AHIANTE, B. O.; OYENIHI, O. R.; MASOLA, B. **Chapter 21 - *Centella asiatica*: its potential for the treatment of diabetes.** In: PREEDY, V. R. Diabetes (Second Edition). London, Academic Press. 2020. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815776-3.00021-8>

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, J. M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; DE VOS, A.C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; TER STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; SACK, L.;

BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAVER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. **New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide**. Australian Journal of Botany. 2013. Disponível em: [https://dx.doi.org/10.1071/BT12225\\_CO](https://dx.doi.org/10.1071/BT12225_CO)

PINHO, L. C. **Avaliação de tecnologias na mensuração da abertura de dossel na floresta ombrófila mista**. Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina. 2021.

POTTER, R. O.; CARVALHO, A. P.; FLORES, C. A.,.; BOGNOLA, I. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2004.

REBELLATO L, CUNHA CN, FIGUEIRA JE. **Respostas da comunidade herbácea ao pulso de inundação do Pantanal de Poconé, Mato Grosso**. Oecologia Australis, 2012. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4257/oeco.2012.1604.06>

RIOS, A. B. M.; DALVI, V. C. **Muito além de um dente: ocorrência de hidatódios nos dentes foliares de *Hydrocotyle asterias* Cham. & Schtdl. (Araliaceae Juss.)**. Hoehnea, 2020. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-78/2019>

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 2010. Disponível em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/882598>

SANTOS, M.; JUNIOR, P. C. P. F. VAILATI, M. G.; PAULILO, M. T. S. **Aspectos estruturais de folhas de indivíduos de *Guapira opposita* (Vell) Reitz (Nyctaginaceae) ocorrentes em restinga e na floresta ombófila densa**. Insula, 2010. Disponível em: <https://10.5007/2178-4574.2010v39BSS9>

SARDROOD, S. G.; SAADATMAND, S.; ASSAREH, M. H.; SATARI, T. N. **Chemical Composition and Biological Activity of Essential Oils of *Centella asiatica* (L.)**. Toxicology and Environmental Health Sciences volume, 2019. Disponível em: <https://10.1007/s13530-019-0397-1>

SARMA, S. K.; MAZUMDER, K. **Correlation between morpho-anatomical characters of *Centella asiatica* L. to diverse habitat conditions of Assam (India)**. Journal Source Indian Forester. 2011.

SCARANO, F. R. **Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest**. Annals of Botany. 2002. Disponível em: <https://10.1093/aob/mcf189>

SMITS, A. J. M.; LAAN, P.; THIER, R. H.; VAN DER VELDE, G. **Root aerenchyma, oxygen leakage patterns and alcoholic fermentation ability of the roots of some nymphaeid and isoetid macrophytes in relation to the sediment type of their habitat**. Aquatic Botany. 1990. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(90\)90095-3](https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90095-3)

SOAREA, M. G. **Plasticidade fenotípica de plantas jovens de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) em resposta a radiação solar**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. V.; SILVA, A. J.; Anjos, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2015. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>

SRIVASTAVA, R. P.; DIXIT, P.; SINGH, L.; VERMA, P. C.; SAXENA, G. **Comparative morphological and anatomical studies of leaves, stem, and roots of *Selinum vaginatum* CB Clarke and *Selinum tenuifolium* Wall.** Flora, 2018.

SUDHAKARAN, M. V. **Botanical Pharmacognosy of *Centella asiatica* (Linn.) Urban**. Pharmacognosy Journal. 2017. Disponível em: <https://10.5530/pj.2017.4.88>

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEM, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. (Boletim Técnico, 5). 1995.

UDDIN, S.; ALAM, K.; HOQ, O.; NURI, Z. N. **The therapeutic use of *Centella asiatica***. International Journal of Chemistry Studies. 2017. Disponível em: <https://www.chemistryjournal.in/archives/2017/vol1/issue2/1-1-44>

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; LINGNER, D. V.; DE GASPER, A. L.; SABBAGH, S. **Inventário florístico florestal de Santa Catarina: aspectos metodológicos e operacionais**. Pesquisa Florestal Brasileira. 2010.

VIDAL, B. C. **Dichroism in collagen bundles stained with Xylidine Ponceau 2R**. Annales d'histochimie. 1970. Disponível em: <https://0018-2214/82/060857-22505.14/0>

VOLTOLINI, C. H. **Anatomia de folhas e raízes de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M. **Variações na morfoanatomia foliar de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae) sob distintas condições ambientais**. Acta Botanica Brasilica. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000100002>

WAECHTER, J. L. **Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil**. Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, Série Botânica, Porto Alegre. 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100005>

WWF. **Relatório: A situação da Mata Atlântica Três países, 148 milhões de pessoas e uma das mais ricas florestas na Terra**. Fundação Vida Silvestre Argentina, WWF-Brasil e WWF-Paraguai. 2017.