

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

CAROLINA SABEDOTTI

MORFOLOGIA, MICROSCOPIA E HISTOQUÍMICA DE ÓRGÃOS VEGETATIVOS E
REPRODUTIVOS DE *Lysimachia nummularia* L. (Primulaceae)

PONTA GROSSA

2026

CAROLINA SABEDOTTI

MORFOLOGIA, MICROSCOPIA E HISTOQUÍMICA DE ÓRGÃOS VEGETATIVOS E
REPRODUTIVOS DE *Lysimachia nummularia* L. (Primulaceae)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual de Ponta Grossa, em associação ampla com a Universidade Estadual do Centro-Oeste, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Jane Manfron

Coorientadora: Profa. Dra. Carla Holandino
Quaresma

PONTA GROSSA

2026

S115 Sabedotti, Carolina
Morfologia, microscopia e histoquímica de órgãos vegetativos e reprodutivos de *Lysimachia nummularia* L. (Primulaceae) / Carolina Sabedotti. Ponta Grossa, 2026.
49 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas - Área de Concentração: Fármacos, Medicamentos e Biociências Aplicadas à Farmácia), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Jane Manfron.

Coorientadora: Profa. Dra. Carla Holandino Quaresma.

1. Anatomia vegetal. 2. *Lysimachia nummularia* L. 3. Plantas medicinais - Controle de qualidade. 4. Farmacobotânica. 5. Micromorfologia. I. Manfron, Jane. II. Quaresma, Carla Holandino. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Fármacos, Medicamentos e Biociências Aplicadas à Farmácia. IV.T.

CDD: 581

CAROLINA SABEDOTTI

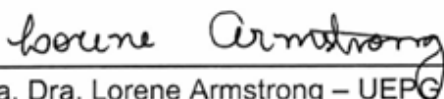
**MORFOLOGIA, MICROSCOPIA E HISTOQUÍMICA DE ÓRGÃOS VEGETATIVOS E
REPRODUTIVOS DE *Lysimachia nummularia* L. (Primulaceae)**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre(a) no Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, nível Mestrado e Doutorado, Associação Ampla entre a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e a Universidade do Centro-Oeste (UNICENTRO).

Ponta Grossa, 25 de fevereiro de 2026.



Profa. Dra. Jane Manfron – UEPG – Presidente



Profa. Dra. Lorene Armstrong – UEPG – Membro titular interno



Documento assinado digitalmente
EVELYN ASSIS DE ANDRADE
Data: 25/02/2026 10:46:00-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Evelyn Assis de Andrade – USP – Membro titular externo

Dedico aos meus pais, Luiz e Edilce.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai Eterno, Criador de toda a natureza, especialmente das belas plantas que tenho a maravilhosa benção de estudar.

Aos meus pais, Luiz e Edilce, por todo o carinho e suporte durante a longa jornada acadêmica que venho trilhando. Sou muito grata por eles estarem sempre ao meu lado durante todas as dificuldades e os bons momentos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Jane Manfron, pela oportunidade de poder realizar o tão sonhado mestrado em Ciências Farmacêuticas sob sua orientação. Também agradeço imensamente pela amizade desde o primeiro ano da graduação e pela inspiração de ser uma mais que excelente pesquisadora em uma área tão linda da farmácia que é a Farmacognosia.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Carla Holandino, pela maravilhosa oportunidade de poder estudar a *Lysimachia nummularia*, que é uma planta muito especial. Agradeço também a amizade e por me acolher tão bem no seu grupo de pesquisa e por me mostrar áreas da farmácia eu desconhecia.

À Profa. Dra. Lorene Armstrong, não apenas pela correção desta dissertação, mas também pela amizade e pelo companheirismo em vários projetos.

À todas as maravilhosas pessoas que me receberam na Suíça e que me auxiliaram de diversas formas durante a realização deste lindo projeto com uma planta que todos no Instituto para Pesquisa do Câncer consideram tão especial. Também agradeço a maravilhosa oportunidade por eles concedida de poder realizar essa pesquisa na Suíça.

A todos no laboratório de Farmacognosia, pelo companheirismo, risadas e bons momentos que tornaram esta jornada muito especial.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, desde a graduação e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas pela oportunidade de poder ter uma formação excelente com profissionais que inspiram a chegar mais longe.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com esta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 88887.974351/2024-00.

RESUMO

SABEDOTTI, C. **Morfologia, microscopia e histoquímica de órgãos vegetativos e reprodutivos de *Lysimachia nummularia* L. (Primulaceae).** Orientadora: Jane Manfron. Ponta Grossa, 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2025.

Lysimachia nummularia L., popularmente chamada de pingo dourado, “*creeping Jenny*” ou “*moneywort*”, é conhecida na medicina popular europeia desde a Idade Média, sendo que estudos relatam as atividades antimicrobiana, antioxidante e citotóxica para a espécie. No entanto, faltam estudos detalhados sobre sua morfoanatomia, que é crucial para o controle de qualidade da matéria-prima vegetal. Para preencher essa lacuna, realizou-se um estudo completo utilizando microscopias óptica e eletrônica de varredura, bem como testes histoquímicos. A análise revelou características distintas em suas raízes, caules e folhas, diferenciando-a de outras espécies da subfamília Myrsinoideae. O caule apresenta tricomas glandulares; as folhas são anfiestomáticas, com estômatos anomocíticos e cutícula delgada. A pesquisa detectou compostos lipofílicos em todos os órgãos estudados, bem como proteínas, compostos fenólicos, dentre esses, taninos; grãos de amido também foram encontrados em todos os órgãos analisados, com exceção das flores. A ausência de alcaloides é também uma característica importante. O conjunto dessas características oferece um perfil anatômico único. A correta identificação da espécie, viabilizada por esses resultados, é fundamental para garantir a qualidade e a segurança de produtos fitoterápicos, além de contribuir com dados inéditos para o avanço da taxonomia vegetal.

Palavras-chave: anatomia; cavidades secretoras; controle da qualidade; farmacobotânica; micromorfologia.

ABSTRACT

SABEDOTTI, C. **Morphology, microscopy and histochemistry of vegetative and reproductive organs of *Lysimachia nummularia* L. (Primulaceae).** Advisor: Jane Manfron. Ponta Grossa, 2025. Dissertation (Master's Degree in Pharmaceutical Sciences) – State University of Ponta Grossa, 2025.

Lysimachia nummularia L., popularly called “pingo dourado”, “creeping Jenny” or “moneywort”, has been known in European folk medicine since the Middle Ages, with studies reporting antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic activities for the species. However, detailed studies on its morphoanatomy, which is crucial for the quality control of plant raw material, are lacking. To fill this gap, a comprehensive study was conducted using optical and scanning electron microscopy, as well as histochemical tests. The analysis revealed distinct characteristics in its roots, stems, and leaves, differentiating it from other species of the subfamily Myrsinoideae. The stem has glandular trichomes; The leaves are amphistomatic, with anomocytic stomata and a slender cuticle. The research detected lipophilic compounds in all organs studied, as well as proteins, phenolic compounds, among these, tannins; starch grains were also found in all organs analyzed, except flowers. The absence of alkaloids is also an important characteristic. The set of these characteristics offers a unique anatomical profile. The correct identification of the species, made possible by these results, is essential to ensure the quality and safety of herbal products, in addition to contributing with unprecedented data to the advancement of plant taxonomy.

Keywords: anatomy; micromorphology; pharmacobotany; quality control; secretory cavities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Morfologia de <i>Lysimachia nummularia</i> L.....	27
Figura 2 –	Microscopia radicular de <i>Lysimachia nummularia</i> em microscopia de luz, microscopia eletrônica de varredura e microscopia de luz polarizada.....	29
Figura 3 –	Microscopia caulinar de <i>Lysimachia nummularia</i> em microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura.....	30
Figura 4 –	Microscopia foliar de <i>Lysimachia nummularia</i> em microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura.....	34
Figura 5 –	Microscopia floral de <i>Lysimachia nummularia</i>	35
Figura 6 –	Análise histoquímica de <i>Lysimachia nummularia</i>	38

LISTA DE MAPAS

MAPA 1 – Mapa Mundial com a Distribuição global da subfamília Myrsinoideae.....	18
--	----

LISTA DE SIGLAS

a.C.	antes de Cristo
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
EDS	Espectroscopia de dispersão por raios-X
FEG	Microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo
OMS	Organização Mundial de Saúde
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVOS GERAIS	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 PLANTAS MEDICINAIS	14
3.2 DROGAS VEGETAIS	15
3.3 METABÓLITOS ESPECIAIS	16
3.4 PRIMULACEAE Batsch ex Borkhausen	17
3.4.1 GÊNERO <i>Lysimachia</i> Tourn. ex L.	18
3.4.2 <i>Lysimachia nummularia</i> L.	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 MATERIAL VEGETAL	22
4.2 MICROSCOPIA DE LUZ	22
4.3 TESTES HISTOQUÍMICOS	22
4.4 MICRO MEDIDAS E REGISTROS FOTOGRÁFICOS	23
4.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREUDA	24
4.5.1 Procedimento 1	24
4.5.2 Procedimento 2	24
4.6 ESPECTROSCOPIA DE DISPERSÃO POR RAIOS X	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 ANÁLISE MORFOLÓGICA	26
5.2 ANÁLISE MICROSCÓPICA	28
5.2.1 Análise da raiz	28
5.2.2 Análise do caule	29
5.2.3 Análise da folha	30
5.2.4 Análise da flor	35
5.2 ANÁLISE HISTOQUÍMICA	36
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A humanidade faz a utilização das plantas medicinais desde a antiguidade para tratar de suas enfermidades (Almeida, 2011), sendo que a sua definição está intimamente relacionada a esse uso (Brasil, 2025). Dados da OMS afirmam que o uso desses recursos se difundiu exponencialmente nas três últimas décadas, sendo que se faz extremamente necessário o controle da qualidade da matéria-prima vegetal utilizada a fim de garantir o uso correto e seguro (WHO, 2018; Brasil, 2022b). É nesse contexto que o estudo da farmacognosia se torna de grande valia, uma vez que seu objetivo é a caracterização da droga vegetal (Oliveira *et al.*, 2014; Manfron, 2021).

Droga vegetal é toda planta inteira ou partes dela, em geral secas, não processadas, íntegras ou fragmentadas, incluindo também exsudatos, a exemplo de gomas, resinas, mucilagens, látex e ceras, e que não foram submetidos a tratamento específico (Oliveira *et al.*, 2014. Brasil, 2025). Qual seja a maneira utilizada, o que faz com que haja um efeito terapêutico são o(s) princípio(s) ativo(s) contidos na espécie vegetal, que podem ser definidos como substância ou um conjunto de substâncias quimicamente bem definidas com atividade terapêutica (Oliveira *et al.*, 2014).

O gênero *Lysimachia* Tourn. ex L., que abrange cerca de 200 espécies, pertence à subfamília Myrsinoideae, subdivisão da família Primulaceae, e está distribuído mundialmente, sendo que a maior parte das espécies ocorre no hemisfério norte (Hu, 1994; Hu; Kelso, 1996; Hao *et al.*, 2004). O gênero apresenta variadas atividades biológicas, relacionadas aos metabólitos especiais produzidos pelas espécies, como por exemplo atividade antitumoral, atribuídas a saponinas isoladas de extratos (Podolak *et al.*, 2013). Apesar da descrição botânica do gênero estar bem consolidada (Solereider, 1908; Lersten, 1986; Stevens, 2001; Freitas, 2017), são escassos os dados sobre a morfoanatomia das espécies que o compõem.

Lysimachia nummularia L. é nativa da Europa, porém naturalizou-se e é considerada invasora em partes do leste e noroeste da América do Norte (Missouri Botanical Garden, 2024). Além de ser usada desde a antiguidade para tratar moléstias (IMBESI, 1964), foram relatadas as atividades antioxidante, antimicrobiana e citotóxica para extratos da planta. A respeito da composição química de seus extratos, foram detectados flavonoides, ácidos fenólicos, benzoquinonas, taninos, bem como outros compostos fenólicos (Korta, 1970; Yasukawa *et al.*, 1990; Marr *et al.*, 1998; Podolak; Strzałka, 2008; Challam *et al.*, 2010; Tóth *et al.*, 2012; Polodak *et al.*, 2013a,

2013b; Tóth *et al.*, 2014; Deng *et al.*, 2015; Hanganu *et al.*, 2016; Özgen *et al.*, 2020; Weissenstein, 2021; Suçiu *et al.*, 2023a, 2023b), entretanto, nada é relatado a respeito do óleo essencial e, assim também ocorre para outras espécies do gênero.

Considerando o exposto acima, é necessário determinar as características farmacobotânicas e histoquímicas de folhas, caules, flores e raízes de *Lysimachia nummularia*, através de metodologias usuais de microscopia de luz e eletrônica.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Determinar as características anátomo-histoquímicas de *Lysimachia nummularia* L. a fim de contribuir para o controle da qualidade da matéria-prima vegetal.

2.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar morfológicamente as folhas, caules, flores e raízes de *L. nummularia*;
- Caracterizar anatomicamente as folhas, caules, flores e raízes de *L. nummularia*;
- Realizar análises histoquímicas nas folhas, caules, flores e raízes de *L. nummularia*;
- Analisar as características estruturais dos elementos botânicos por microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (MEV/FEG);
- Determinar a composição química elementar dos possíveis cristais presentes em *L. nummularia* por espectroscopia dispersiva de raio X (EDS);
- Prover dados morfoanatômicos e químicos para o controle da qualidade de *Lysimachia nummularia*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PLANTAS MEDICINAIS

Segundo a ANVISA (Brasil, 2025), a definição de planta medicinal é uma espécie vegetal, cultivada ou não, utilizada com propósitos terapêuticos. Diferem-se dos medicamentos, pois estes são elaborados tecnicamente, produzidos em condições controladas e padronizadas.

As plantas medicinais acompanham a humanidade desde seus primórdios, já que o homem primitivo necessitava de uma maneira para curar suas moléstias. Conforme as civilizações foram evoluindo, o conhecimento a respeito do potencial curativo das plantas foi sendo estabelecido e, à medida que cada cultura foi sendo capaz de relatar, através da escrita, informações das mais variadas aplicações, inclusive curativas, surgiram então os primeiros compilados que traziam os vegetais que tinham poder de cura e sua serventia. É provável que o registro mais antigo de todos seja o Pen Ts'ao, datado de 2800 a.C., redigido por Shen Nung, herborista chinês. Já no final do século XIX, Yorg Ebers, egiptólogo alemão, trouxe ao mundo o que foi chamado de “Papiro de Ebers”, datado de aproximadamente anos 1500 a.C., que se resume a uma espécie de farmacopeia egípcia, na qual foi compilada a descrição de várias espécies vegetais e suas aplicações; vale a pena ressaltar que muitas espécies utilizadas no Egito antigo não eram nativas da região, sendo trazidas através do comércio intenso com locais que atualmente se conhece como Golfo Pérsico e algumas ilhas gregas.

Foi a partir de 500 a.C., no período das civilizações grega e romana, consideradas como clássicas, em que a sistematização do registro das plantas medicinais ganhou maior importância, uma vez que nessa época Pedacius Dioscórides escreveu a obra chamada *De Matéria Medica* que durante o período clássico e a Idade Média, foi considerada a bíblia de médicos e farmacêuticos. Após o renascimento, seguiu-se o período das grandes navegações, o qual possibilitou a troca de conhecimento de outras plantas, iniciando uma nova era para o estudo de espécies vegetais; nesse mesmo período, Paracelso, físico suíço, formulou o conceito da *Quinta Essentia*, através da extração de substâncias a partir de drogas vegetais. Porém, apenas no final do século XVIII, o século do iluminismo, foi possível o isolamento e estudo de metabólitos especiais.

No início do século seguinte, com a introdução de estudos nas áreas de fisiologia e farmacologia, pode-se obter uma nova visão do estudo das plantas medicinais. Dessa forma, no século XX, ações multidisciplinares e multiprofissionais são prioridade para extrair e estudar princípios bioativos a partir de plantas medicinais (Almeida, 2011).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde - OMS – (World Health Organization-WHO) (2018), o uso de plantas medicinais continua a ser amplamente difundido ao redor do mundo. A OMS também traz que nas três últimas décadas houve um crescimento exponencial no interesse do uso desses recursos, evidente no mercado global, trazendo maior importância e valor agregado a estes (WHO, 2018).

Sendo assim, é de imensurável importância o controle da qualidade das plantas utilizadas pela população, a fim de garantir o uso correto e seguro desses vegetais. Em vista disso, a identificação correta do material botânico a ser empregado com finalidade terapêutica é uma das etapas mais importantes de todo o processo (WHO, 2018).

Nesse íterim, a farmacognosia (gr. *pharmakon* = droga; gr. *gnosia* = conhecimento) tem como objetivo o estudo/conhecimento de drogas de origem vegetal, animal ou mista, através da identificação, isolamento de princípios ativos, armazenamento e comercialização (Oliveira *et al.*, 2014).

3.2 DROGAS VEGETAIS

Define-se droga vegetal a planta inteira ou partes dela, em geral secas, não processadas, íntegras ou fragmentadas, incluindo também exsudatos, a exemplo de gomas, resinas, mucilagens, látex e ceras, e que não foram submetidos a tratamento específico (Brasil, 2025), devido ao fato de que é associada com a palavra alemã, *trocken*, com o significado de secar, já que as drogas de origem vegetal tanto como de origem animal são encontradas secas (Oliveira *et al.*, 2014). Ainda segundo Oliveira *et al.* (2014), droga é “matéria-prima sem vida que sofreu alguma transformação para servir de base para medicamento”.

Sejam utilizadas drogas vegetais, derivadas ou mesmo fitoterápicos, seus efeitos biológicos são provenientes da presença de princípios ativos. Conforme Oliveira *et al.* (2014), tais princípios consistem em uma substância ou um conjunto de substâncias

quimicamente bem definidas. Essa definição é corroborada pela OMS (2004), que acrescenta que o princípio ativo é aquele dotado de atividade terapêutica.

Juntamente com os princípios ativos, há substâncias nas plantas medicinais que não apresentam efeito terapêutico, genericamente denominadas princípios inativos, porém que podem ter importância na caracterização da droga (Oliveira *et al.*, 2014). Marcador químico é definido como substância de referência para o controle da qualidade do fitoterápico, que podem ou não contribuir para a atividade terapêutica da droga (ANVISA, 2024). No caso das plantas, tanto os princípios ativos como os princípios inativos são provenientes do metabolismo especial dos vegetais (Simões, *et al.*, 2017).

3.3 METABÓLITOS ESPECIAIS

As plantas produzem diversos compostos químicos, classificados em metabólitos primários e metabólitos especializados ou especiais, sendo os primeiros relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal e os últimos apresentam efeitos tóxicos a outros organismos, com o intuito de proteção e defesa frente a esses. São exemplos de metabólitos primários os açúcares, os aminoácidos, os ácidos graxos, os lipídeos e os nucleotídeos, bem como moléculas maiores sintetizadas a partir dos grupos de compostos citados anteriormente. Enquanto os metabólitos especiais podem ser divididos genericamente em três categorias: os terpenos, os compostos fenólicos e os alcaloides. Também é importante ressaltar que os metabólitos primários são comuns a todas as plantas, ao passo que os metabólitos especiais são espécie-específicos (Simões, *et al.*, 2017).

Apesar das reações bioquímicas das plantas serem classificadas como sendo do metabolismo primário ou do metabolismo especializado, elas não ocorrem independentemente. Além disso, muitos metabólitos especiais são formados por sequências de reações análogas àquelas do metabolismo primário. A origem de todos os metabólitos especiais se dá a partir das vias metabólicas da glicose, via ácido chiquímico, acetato/mevalonato ou ainda metileritritol fosfato. O ácido chiquímico origina os aminoácidos aromáticos, precursores de metabólitos especiais aromáticos; já os derivados do acetato podem ser divididos em três grupos: derivados do acetato, via ciclo do ácido cítrico; derivados do acetato, via mevalonato e produtos da condensação do acetato. Entretanto, alguns metabólitos são resultantes da

combinação de uma unidade de ácido chiquímico e uma ou mais unidades de acetato ou derivados, a exemplo das antraquinonas, dos flavonoides e dos taninos condensados (Robbers *et al.*, 1996; Simões *et al.*, 2017).

Apesar de alguns metabólitos especiais serem extremamente tóxicos aos seres humanos, diversos deles têm tido sua ação farmacológica e sua segurança no uso validados. As plantas constituem uma excelente fonte renovável de metabólitos especializados, com uma ampla variabilidade estrutural química (Simões *et al.*, 2017; Taiz *et al.*, 2017; Migacz *et al.*, 2024).

3.4 PRIMULACEAE

A família Primulaceae Batsch ex Borkhausen (1797) pertence à ordem Ericales e compreende as subfamílias Maesoideae A.DC., Theophrastoideae A.DC., Myrsinoideae Burnett e Primuloideae Kostelesky, as quais eram anteriormente tratadas como famílias diferentes (Stevens, 2017). É amplamente distribuída ao redor do mundo, sendo que abrange 58 gêneros e cerca de 2590 espécies (Stevens, 2017). No Brasil ocorrem 14 gêneros, com um total de cerca de 152 espécies, sendo descrita no país a primeira ocorrência do gênero *Gentlea* (BFG, 2015; de Freitas *et al.*, 2017). O nome da família está associado à descrição anatômica de suas flores: perfeitas e regulares com uma rotação decídua ou corola campanulada e um ovário superior (Merriam-Webster, 2024).

A subfamília Myrsinoideae está distribuída em todos os tipos de clima tropical e clima temperado do Norte, conforme demonstrado no mapa abaixo (Stevens, 2017), sendo anteriormente classificada como família, que englobava 33 gêneros e cerca de 1250 espécies (Jung-Mendaçolli, 2005).

MAPA 1 - Mapa mundial com a distribuição global da subfamília Myrsinoideae



Fonte: Stevens, 2017

Para a subfamília foram relatados diversos metabólitos especiais com atividades biológicas de interesse terapêutico, como por exemplo: o óleo essencial extraído de *Ardisia sadirioides* C. M. Hu & L. K. Phan, no qual foram detectados monoterpenos e sesquiterpenos, apresentou atividade anti-inflamatória pela inibição da produção de óxido nítrico (Le *et al.*, 2023). Luna *et al.* (2014) relataram para o óleo essencial de duas espécies do gênero *Myrsine* L., *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. Ex Roem & Schult. e *Myrsine venosa* A.DC., diferentes tipos de metabólitos especiais, tais como terpenoides e compostos fenólicos, sendo que possuem inúmeras atividades biológicas. Recentemente foram detectadas 13 saponinas triterpênicas de um extrato etanólico de partes aéreas de *Anagalis monelli* ssp. *linifolia* (L.) Maire, as quais foram denominadas de monelosídeos A-M (Auoane, 2022); sabe-se que essa classe apresenta uma ampla abrangência de atividades biológicas, como antimicrobiana, anti-inflamatória, citotóxica, expectorante, imunomoduladora e gastroprotetora (Podolak *et al.*, 2010; Koczurkiewicz *et al.*, 2015; Netala *et al.*, 2015).

3.4.1 GÊNERO *Lysimachia* Tourn. ex L.

A origem do nome do gênero vem do grego Lysimachia, na região da Trácia, que foi uma cidade fundada por Lysimachus – rei da Macedônia, general e um dos sucessores de Alexandre, o Grande – após a destruição de Cardia. Lysimachus tornou

Lysimachia a capital de seu reinado, tornando-a próspera. Porém, após sua morte, a cidade enfrentou diversos períodos de decadência e invasões por outras civilizações, até que o imperador Justiniano a restaurou e a fortificou. Atualmente a cidade é conhecida por Ecsemil, situada na península de Galípoli (Turquia), devido à fortaleza construída sob ordens do imperador romano (Smith, 1854; Britannica, 2024).

A primeira descrição do gênero foi feita por Carl von Linné, botânico sueco, em 1753. Atualmente, o gênero compreende cerca de 200 espécies, ao redor do mundo, sendo considerado um gênero cosmopolita. A maior parte das espécies ocorre no hemisfério norte, em climas temperados e subtropicais, podendo também alcançar a região dos trópicos, com vários representantes na Ásia, África e América do Sul (Hu, 1994; Hu; Kelso, 1996; Hao *et al.*, 2004). É um dos maiores gêneros da família Primulaceae (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1997). Devido a uma nova avaliação e delimitação, a tribo Lysimachieae foi transferida para a subfamília Myrsinaceae (Anderberg; Stahl, 1995; Anderberg *et al.*, 1998, 2002; Källersjö *et al.*, 2000; Stevens, 2001).

São descritas como ervas cespitosas, anuais, bianuais ou perenes; as folhas geralmente são opostas, raramente alternas, ovadas a lineares, inteiras, de lâmina suculenta. As flores apresentam-se solitárias ou em racemos terminais, são bissexuais, de 5 meras; possuem corola rotácea ou campanulada; os estames são livres e os filetes geralmente são pilosos, o estigma é capitado, que persiste no fruto. O fruto é globoso, capsular, com numerosas sementes. Microscopicamente, as folhas apresentam células epidérmicas alongadas, de paredes anticlinais sinuosas; o caule apresenta o periciclo lignificado (Stevens, 2001; Freitas, 2017). Foram também reportadas no século XIX cavidades esquizógenas em folhas para algumas espécies do gênero *Lysimachia*, descritas como cavidades secretoras, que acumulam uma secreção resínica sólida (Solereder, 1908; Lersten, 1985).

O gênero apresenta variadas atividades biológicas, relacionadas aos metabólitos especiais produzidos pelas espécies, como por exemplo: Podolak *et al.* (2013) analisaram a atividade citotóxica de saponinas triterpênicas extraídas em um extrato orgânico de partes subterrâneas de seis espécies de *Lysimachia*, afirmando que os sapogenóis podem ser considerados marcadores quimiotaxonômicos da família Primulaceae, e que uma dessas saponinas teve atividade frente a todas as linhagens tumorais testadas. Em um estudo de 2018, Toth *et al.* avaliaram a capacidade antioxidante dos extratos de seis espécies de *Lysimachia*, em que foi

constatado a presença de compostos flavonoides, a exemplo de quercetina, mircetina e kaempferol, além de outros; o extrato aquoso de *Lysimachia christinae* Hance, espécie medicinal chinesa, demonstrou reduzir e inibir a formação do colesterol, bem como prevenir a colelitíase, em um estudo feito com modelos animais (Liu *et al.*, 2021).

3.4.2 *Lysimachia nummularia* L.

Lysimachia nummularia, conhecida popularmente no hemisfério norte como *moneywort* ou *creeping Jenny*, na língua portuguesa é chamada de pingo-dourado ou erva-dos-escudos. Pertence ao reino Plantae, filo Tracheophyta, classe Magnoliopsida, ordem Ericales, família Primulaceae, subfamília Myrsinoideae e ao gênero *Lysimachia*. O epíteto específico tem origem grega, uma vez que *nummus* significa moeda; assim sendo, *nummularia* significa como uma moeda, devido ao formato de suas folhas (RHS, 2008; Harrison, 2012; Missouri Botanical Garden, 2024).

É uma planta rasteira, de crescimento baixo e que recobre o solo. É nativa da Europa, contudo, naturalizou-se e é considerada invasora em partes do leste e noroeste da América do Norte, onde pode ser encontrada crescendo ao longo de margens de riachos, margens de lagos e lagoas, margens de estradas, valas e outras áreas úmidas. Quando maduras, formam um tapete frondoso de apenas 5,08 a 10,16 cm de altura. As raízes são formadas onde os nós foliares entram em contato com o solo. Prospera em solos úmidos que muitas vezes matam outros tipos de coberturas do solo. Apresenta folhas arredondadas. Flores profusas, em forma de taça, solitárias e amarelas brilhantes, aparecem ao longo dos caules durante todo o verão, com o período de floração principal ocorrendo geralmente no início do verão (Missouri Botanical Garden, 2024). *Lysimachia nummularia* foi listada no *Codex Medicamentarius sive Pharmacopoea Gallica* (IMBESI, 1964) e é usada desde a antiguidade para indicações como diarreia, febre, artrite, tuberculose, doenças de pele e outras doenças. Foram relatadas as atividades antioxidante, antimicrobiana e citotóxica para extratos dessa planta. De acordo com a literatura, a atividade antioxidante pode ser atribuída a compostos fenólicos, especialmente glicosídeos flavônicos e a saponinas triterpênicas. Também foram detectados flavonoides, ácidos fenólicos, benzoquinonas, taninos, bem como outros compostos fenólicos (Korta, 1970; Yasukawa *et al.*, 1990; Marr *et al.*, 1998; Podolak; Strzałka, 2008; Challam *et al.*, 2010; Tóth *et al.*, 2012; Polodak *et al.*, 2013a, 2013b; Tóth *et al.*, 2014; Deng *et al.*,

2015; Hanganu *et al.*, 2016; Özgen *et al.*, 2020; Weissenstein, 2021; Suçiu *et al.*, 2023a, 2023b).

Embora tenham sido descritas cavidades secretoras em sua lâmina foliar (Solereider, 1908; Lersten, 1985), não há relatos de uma descrição morfoanatômica completa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL VEGETAL

Os materiais botânicos de *Lysimachia nummularia* L. – folhas, caules, flores e raízes – foram coletados em Nuglar, Solothurn, Suíça (47°28'16.9"N 7°41'33.8"E) em 10 de junho de 2024, por B.L. e J.V.C.B. Devido à floração ocorrer no verão, os órgãos vegetais de *L. nummularia* foram coletados nesta estação. Um voucher foi preparado para comparar com o mantido no Herbário da Universidade da Basileia (Suíça), sob o número de registro BASBG-00090509.

4.2 MICROSCOPIA DE LUZ

Após a coleta, os órgãos vegetais de *L. nummularia* foram fixados em formaldeído acético etanólico 70 - FAA 70 (proporção de 5:5:90 v/v/v), durante três dias (Johansen, 1940). Passado esse período, os órgãos foram lavados em água destilada e, então, armazenados em álcool 70% (v/v) (Berlyn *et al.*, 1976).

Os órgãos vegetais – folhas, flores, caule e raízes – foram seccionados transversalmente à mão livre, com auxílio de lâmina de aço e, então, submetidos ao azul de Astra e à fucsina básica (Kraus *et al.*, 1998). As secções coradas foram dispostas sobre lâmina de vidro, e após adicionar quantidade suficiente de glicerina a 50%, foi colocada uma lamínula e o material selado com esmalte transparente, procedimento conhecido como lutagem (Berlyn *et al.*, 1976).

Para análise epidérmica da lâmina foliar, secções das faces adaxial e abaxial de 1 cm² foram expostas a uma solução de hipoclorito a 50% até que apresentassem aspecto translúcido. Após isso, essas secções foram lavadas três vezes em água destilada e então neutralizadas com ácido acético a 5%, seguidas de mais seis lavagens em água destilada. Feito isso, as secções vegetais foram coradas com safranina (Fuchs, 1963) durante um minuto e então dispostas sobre lâmina de vidro, e após adicionar quantidade suficiente de glicerina a 50%, foi colocada uma lamínula e foi procedida à lutagem (Berlyn *et al.*, 1976).

4.3 TESTES HISTOQUÍMICOS

A fim de realizar a análise histoquímica, necessária para avaliar os grupamentos químicos de produtos provenientes do metabolismo celular e das paredes celulares, foram seccionados os órgãos vegetais frescos – folhas, flores, caules e raízes – transversalmente. As secções foram então tratadas com os seguintes reagentes e corantes: NADI, que evidencia terpenos, sendo que os óleos essenciais coram em azul, enquanto resinas coram em vermelho (David; Carde, 1964); Red Oil detecta borracha e cora em alaranjado ou vermelho (Jaybalan; Shah, 1968; Pearse, 1968); Sudan Black B e Sudan III, que evidencia compostos lipofílicos em tonalidades de azul escuro a preto e em alaranjado, respectivamente (Pearse, 1972); sulfato azul do Nilo, no qual lipídeos neutros coram em tons de rosa e lipídeos ácidos coram em azul (Cain, 1947); azul brilhante de Coomassie, que evidencia corpos proteicos que coram em azul claro (Fisher, 1968); Xilidine Ponceau (XP), no qual corpos proteicos coram em vermelho (Vidal, 1970); ácido periódico de Schiff (PAS), que cora polissacarídeos neutros de magenta (O'Brien; Mccully, 1981); solução de iodo ou lugol a 2%, que evidencia grãos de amido corando-os de marrom, roxo ou negro (Johansen, 1940); solução de vermelho de rutênio a 0,002%, que cora pectinas de rosa a vermelho (Johansen, 1940); solução de cloreto férrico a 5%, que evidencia compostos fenólicos corando-os de marrom a preto (Johansen, 1940); solução de dicromato de potássio a 10%, que evidencia compostos fenólicos totais em coloração castanho avermelhado (Gabe, 1968); floroglucina ácida, que coram ligninas em rosa (Johansen, 1940); solução de vanilina clorídrica a 0,5%, que evidencia taninos condensados em vermelho (Mace; Howell, 1974); e os reativos de Dragendorff (Svendsen; Verpoorte, 1983), Ellram e Wagner (Furr; Mahlberg, 1981), que evidenciam alcaloides em tonalidades de alaranjado a marrom avermelhado.

4.4 MICRO MEDIDAS E REGISTROS FOTOGRÁFICOS

Para calcular o Índice Estomático (SI), foram fotografados vinte campos aleatórios das epidermes foliares e então foram contados os estômatos como *S* e as células epidérmicas como *E*, posteriormente aplicando a seguinte fórmula, descrita na Farmacopéia Brasileira (ANVISA, 2024):

$$SI = \frac{S}{E + S} * 100$$

Após obtidos vinte SI, referentes aos vinte campos fotografados, foram calculados a média e o desvio padrão. Também foram medidos o comprimento e a largura de vinte estômatos escolhidos aleatoriamente em diferentes campos com o intuito de determinar o tamanho estomático médio.

Os registros fotográficos foram feitos em um microscópio Olympus CX41 com contraste de fase e campo escuro (Japão) equipado com uma câmera UCMOS05100KPA (China).

4.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

4.5.1 Procedimento 1

Para análise ultra-estrutural em microscópio eletrônico de varredura realizada no Laboratório de Nano Imagem da Universidade de Basel, foram utilizadas amostras frescas de folhas, caules e raízes. Os materiais foram fixados com solução de glutaraldeído a 4% por aproximadamente 18 horas e, em seguida, as amostras foram desidratadas em séries crescentes de 80, 90 e 100% etanólico (Souza, 1998); em seguida, foram secas em um ponto crítico Tousimis Autosamdri 815 (Lewis Ave, Rockville, MD 20851, EUA) e, em seguida, metalizadas com ouro utilizando um equipamento Leica EM ACE600 (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha). As eletromicrografias foram registradas em microscópio eletrônico de varredura Zeiss GeminiSEM 450 (ZEISS Group, Oberkochen, Alemanha).

4.5.2 Procedimento 2

Para análise de microscopia eletrônica de varredura realizada na Universidade Estadual de Ponta Grossa, flores de *L. nummularia* armazenadas em etanol 70% foram desidratadas em série etanólica crescente (Souza, 1998) e depois secas em um dessecador e posteriormente metalizadas com ouro utilizando um equipamento Quorum (modelo SC7620). As eletromicrografias foram registradas usando um microscópio eletrônico de varredura (FEG) Mira 3 (Tescan, Brno-Kohoutovice, República Tcheca).

4.6 ESPECTROSCOPIA POR DISPERSÃO DE RAIOS X

Para a análise da tipologia e natureza química dos cristais que poderiam ser encontrados, foram realizadas microanálises químicas, utilizando a espectroscopia de dispersão por raios-x (EDS) (Oxford Instruments, Abingdon, Oxon, Reino Unido), acoplada ao mesmo FEG (Tescan, Brno-Kohoutovice, República Tcheca) e nas mesmas condições de operacionalidade para a captura das eletromicrografias, em 25 kV (Silva, 2014). Os cristais, se encontrados, seriam amostrados aleatoriamente, assim como células sem cristais, que serviriam de controle negativo. Ambas as análises do item anterior de FEG e EDS foram realizadas no Complexo de Laboratórios Multiusuários da UEPG (C-LabMu UEPG).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

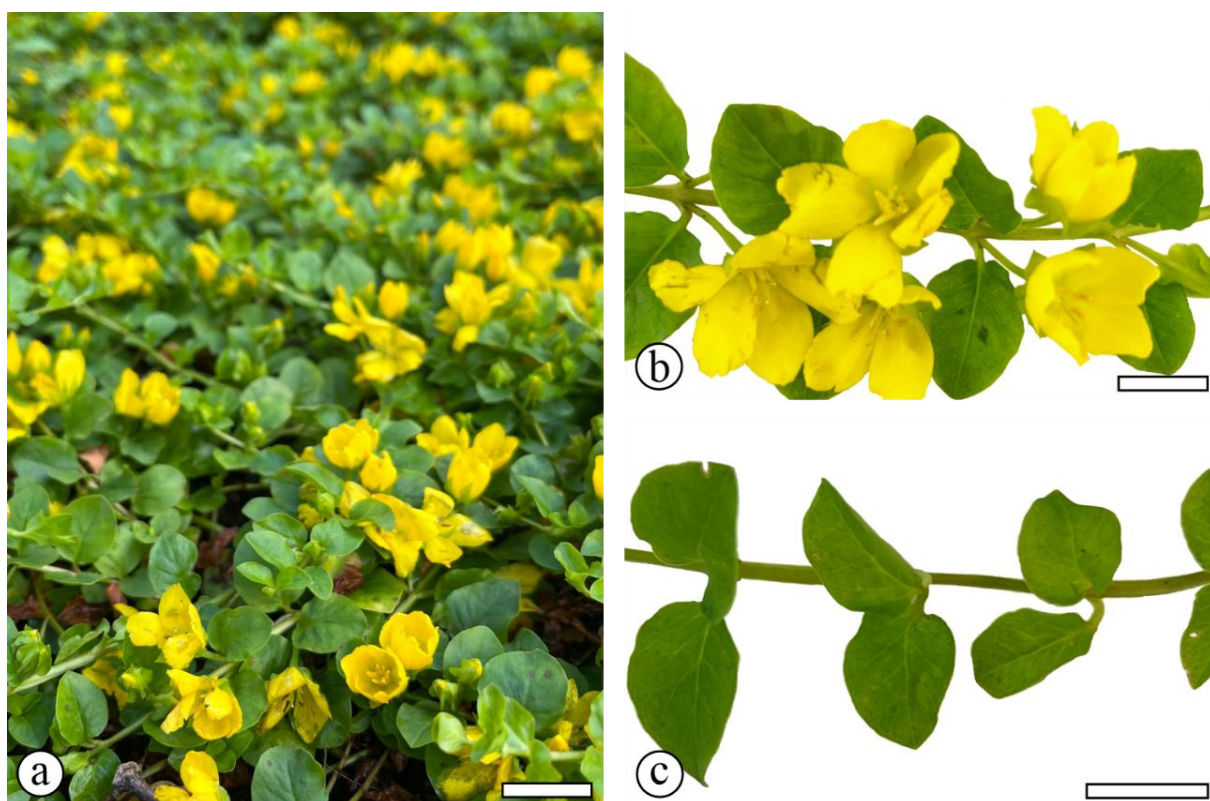
5.1 ANÁLISE MORFOLÓGICA

Lysimachia nummularia L. é uma planta herbácea perene, de crescimento rasteiro e que cobre o solo (Fig. 1a), mais próspera em solos úmidos. As folhas são simples, opostas, membranáceas e de forma oval, arredondada à cordiforme, com ápice agudo a obtuso e base de arredonda à reentrante, margens inteiras, penínérvea e de folhas verdes em ambas as faces (Fig. 1b, c), podendo medir $1,90 \text{ cm} \pm 0,19$ de comprimento e $1,60 \text{ cm} \pm 0,247$ de largura. A média de comprimento dos pecíolos foi de $0,395 \text{ cm} \pm 0,0754$.

Flores únicas (Fig. 1b) podem ser encontradas ligadas ao caule por um pedicelo simples a um cálice regular, dialissépala e campanulado, formado por cinco pequenas sépalas esverdeadas. O receptáculo regular, dialipétalo e rosáceo tem cinco pétalas de cor amarela; apresentam ápice agudo a obtuso e consistência aveludada. Os estames (Fig. 5g) em número de cinco estão conectados uns aos outros em adelfia. As anteras (Fig. 5g) são sagitarianas e valvuladas, com o ápice mais afilado que a base. O pistilo é provido de um ovário globuloso; o estilete é terminal com um estigma penicilado.

Esses achados concordam com os dados relatados para as partes aéreas de *L. nummularia* (Linnaei, 1753; Small, 1933).

Figura 1 – Morfologia de *Lysimachia nummularia* L.



Fonte: A autora.

Nota: (a) Planta em habitat. (b, c) Características macroscópicas de *L. nummularia*. Barra de escala: (a) 2 cm; (b,c) 1 cm.

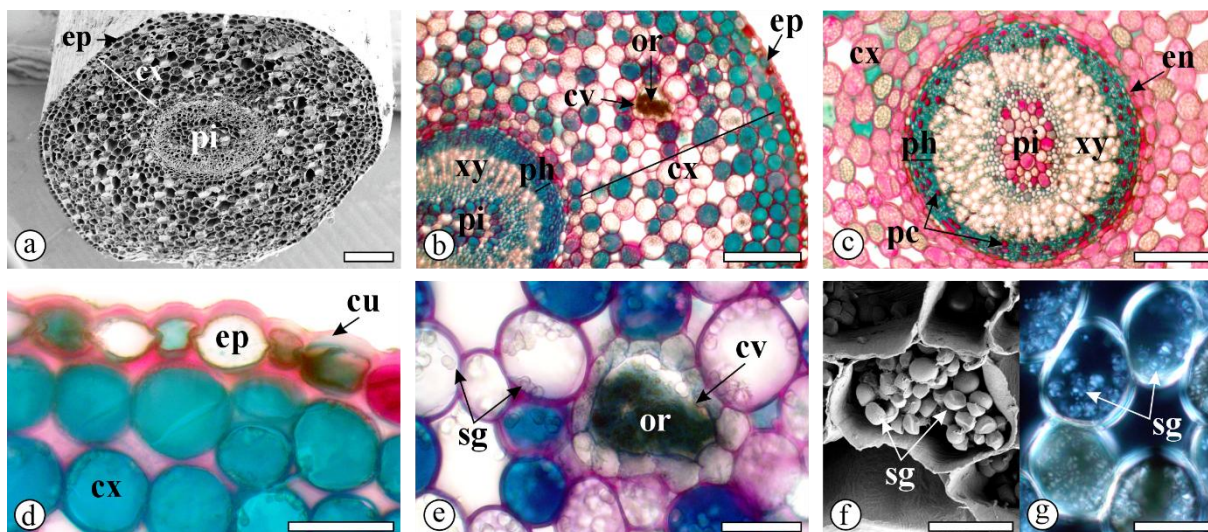
5.2 ANÁLISE MICROSCÓPICA

5.2.1 Análise da raiz

As raízes da estrutura secundária de *L. nummularia* são arredondadas (Fig. 2a). A raiz tem uma epiderme unisseriada (Figs. 2b, d) coberta por uma cutícula ligeiramente espessa (Fig. 2d). Subjacente à epiderme, no parênquima cortical, grãos de amido (Figs. 2e-g) e compostos fenólicos são encontrados frequentemente. Cavidades secretoras formadas por epitélio único e contendo material lipofílico (Figs. 2b, e) são encontradas no parênquima cortical. Limitando internamente o córtex, uma camada de endoderme amilífera está presente (Fig. 2c). Como será relatado mais adiante, a endoderme persiste no caule, o que pode ser comum para eudicotiledôneas (Metcalf; Chalk, 1950).

O sistema vascular é representado por floema localizado centrifugamente e xilema, centriptamente (Fig. 2c). Compostos fenólicos são observados no floema (Fig. 2c). No centro da raiz, uma medula contendo grãos de amido pode ser encontrada (Fig. 2c). A presença de medula central nas raízes não é comum. No entanto, há exceções em algumas eudicotiledôneas herbáceas: certas raízes têm uma organização sifonostélica, com um cilindro vascular poliárquico e tecido parenquimatoso no centro. Nessas raízes medulares, o centro é ocupado por parênquima medular, muitas vezes com espaços de aeração (aerênquima). *Lysimachia nummularia* cresce em habitats úmidos. Devido ao seu hábito e ambiente, espera-se que suas raízes exibam adaptações anatômicas semelhantes a outras espécies do gênero, com medula presente. Um exemplo de medula presente na raiz de uma espécie de *Lysimachia* foi relatado por Bejenaru *et al.* (2013), que descreveram para *Lysimachia punctata* L. uma organização interna poliárquica, com tecido medular presente na região central da raiz, os autores descreveram esse parênquima central como carnudo, sugerindo um aerênquima (Metcalf; Chalk, 1950; Bejenaru *et al.*, 2013). No presente estudo, *L. nummularia* não foi coletada em solo úmido ou próximo a qualquer corpo d'água; assim, o parênquima amilífero encontrado na medula da raiz pode estar substituindo o aerênquima que pode estar presente nas espécies de *Lysimachia*, devido à mudança ambiental.

Figura 2 – Microscopia radicular de *Lysimachia nummularia* em microscopia de luz, microscopia eletrônica de varredura e microscopia de luz polarizada.



Fonte: A autora.

Notas: *Lysimachia nummularia* (b-e) em microscopia de luz corada com azul de Astra e fucsina básica, (a,f) microscopia eletrônica de varredura e (g) luz polarizada. (cv, cavidade; cu, cutícula; cx, córtex; en, endoderme; ep, epiderme; or, óleo resina; pc, compostos fenólicos; ph, floema; sg, grãos de amido; xy, xilema). Barra de escala: (a-c) 200 µm; (d,e,g) 50 µm; f) 20 µm.

5.2.2 Análise do caule

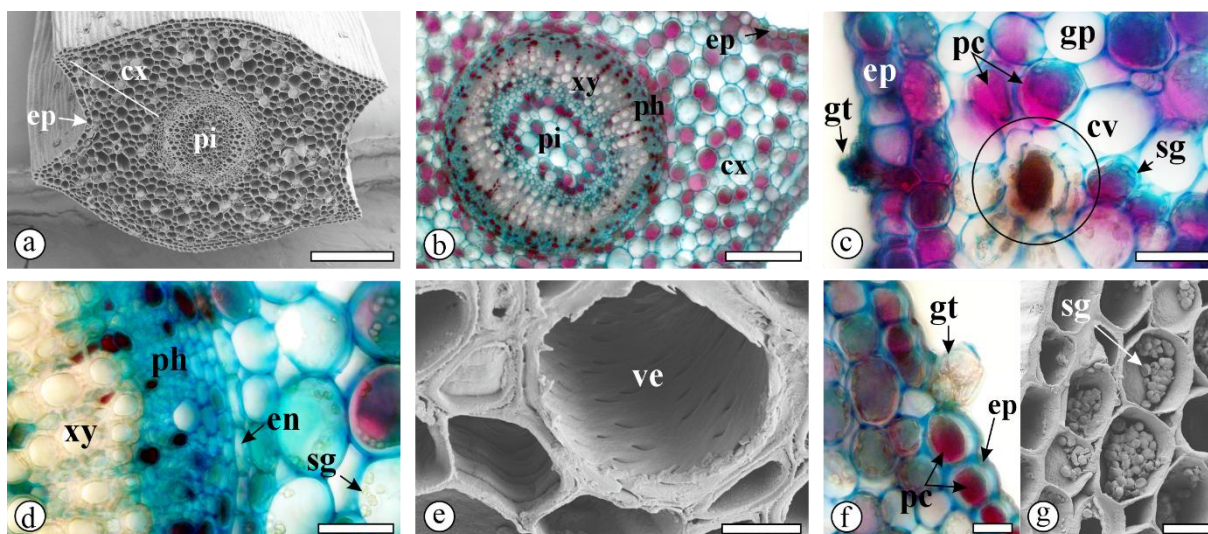
O caule, em estrutura primária, apresenta forma quadrangular com quatro projeções conspícuas (Fig. 3a). A epiderme é unisseriada, formada por células de formato de arredondado a retangular, cobertas por uma cutícula delgada (Figs. 3c, f). Tricomas glandulares capitados formados por um pedicelo unicelular e cabeça com 1-4 células são observados (Fig. 3f). Compostos fenólicos são encontrados nas células epidérmicas (Fig. 3f) e no parênquima cortical (Fig. 3c). Grãos de amido e (Figs. 3c, d, g) cavidades secretoras (Figs. 3c), conforme previamente descritas para a raiz, estão presentes no parênquima cortical. Uma endoderme de epitélio único e com estrias de Caspary evidentes, limita o parênquima cortical (Fig. 3d).

O sistema vascular é representado por um cilindro no qual o floema está voltado para a periferia e xilema voltado para a medula (Fig. 3b). Idioblastos fenólicos são encontrados no floema, nas células parenquimáticas do xilema e na medula (Figs. 3b, d). Idioblastos amilíferos estão presentes na medula.

Bejenaru *et al.* (2013), ao descreverem a estrutura secundária do caule de *L. punctata*, relataram a presença de tricomas tectores pluricelulares e unisseriados ou,

ainda, bicelulares, além de tricomas glandulares capitados similares aos encontrados no presente estudo.

Figura 3 – Microscopia caulinar de *Lysimachia nummularia* em microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura.



Fonte: A autora.

Notas: *Lysimachia nummularia* (b-d,f) em microscopia de luz corada com azul de astra e fucsina básica e (a,e,g) em microscopia eletrônica de varredura. (cv, cavidade secretora; cx, córtex; en, endoderme; ep, epiderme; gp, parênquima fundamental; gt, tricoma glandular; pc, compostos fenólicos; ph, floema; pi, medula; sg, grão de amido; ve, vaso; xy, xilema). Barra de escala: a) 300 μm ; b) 200 μm ; c,d) 50 μm ; f) 25 μm ; g) 20 μm ; e) 10 μm .

5.2.3 Análise da folha

Em vista frontal, tanto a epiderme adaxial (Fig. 4a) quanto a abaxial (Fig. 4c) apresentam paredes celulares anticlinais delgadas e sinuosas, cobertas por uma cutícula delgada. Os estômatos anomocíticos (Figs. 4a-c, e) podem ser vistos no mesmo nível das células epidérmicas de ambas as faces, portanto, as folhas podem ser classificadas como anfiestomáticas; todavia, há um maior número de estômatos na face abaxial, como aponta o Índice Estomático calculado, sendo $8,062\% \pm 3,018$ e $16,893\% \pm 4,199$ para a superfície adaxial e abaxial, respectivamente. Os estômatos apresentam similaridade em relação ao tamanho, medindo $31,325 \mu\text{m} \pm 2,8472$ de comprimento e $21,65 \mu\text{m} \pm 1,038$ de largura para a face adaxial, enquanto medem $30,9 \mu\text{m} \pm 1,9078$ de comprimento e $21,2 \mu\text{m} \pm 2,0211$ de largura para a face abaxial. Paredes celulares anticlinais sinuosas e cutícula delgada são características comuns da subfamília Myrsinoideae. No entanto, a maioria das espécies dos gêneros *Ardisia* Sw., *Cybianthus* Mart., *Myrsine* e *Stylogyne* A.DC. apresentou estômatos anisocíticos

ou paracíticos, além de folhas hipostomáticas (Luna *et al.*, 2017), o que difere de *L. nummularia*.

Além disso, o tipo e tamanho do estômato e o Índice Estomático, apesar de poderem ser afetados pelo ambiente (Liu *et al.*, 2024), têm um papel importante na diferenciação de espécies como reportado para diversos gêneros que apresentam espécies com morfologia similar, a exemplo de *Baccharis* L. (Budel *et al.*, 2018a; Antunes *et al.*, 2024), *Piper* L. (Santos *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2018) e *Eucalyptus* L'Hér (Migacz *et al.*, 2018; Saulle *et al.*, 2018; de Brito *et al.*, 2021; Pauzer *et al.*, 2021). Além disso, a Farmacopeia Brasileira preconiza o Índice Estomático como auxiliar no diagnóstico e identificação de espécies de plantas farmacopeicas (ANVISA, 2024).

Em secção transversal, a folha apresenta epiderme unisseriada coberta por cutícula delgada e lisa. O mesofilo é dorsiventral, formado por uma camada de parênquima paliçádico e 3-4 camadas de parênquima esponjoso (Figs. 4h, j). Feixes vasculares de pequeno porte estão localizados no parênquima esponjoso. Tricomas glandulares capitados como os previamente descritos para o caule (Figs. 4c-g) são observados apenas na face abaxial do limbo foliar (Fig. 4f).

Em outras espécies de Myrsinoideae, tricomas tectores pluricelulares simples e ramificados, bem como tricomas glandulares capitados, peltados e peltados em escamas estão presentes em ambas as superfícies das folhas (Luna *et al.*, 2017). Além disso, a única espécie que apresentou o mesmo tricoma glandular capitado, semelhante ao encontrado no presente estudo, foi *Myrsine villosissima* Mart. (Luna *et al.*, 2017). O tipo, localização e presença de tricomas têm um papel fundamental na identificação e diferenciação de muitas espécies morfologicamente semelhantes como *Baccharis* (Budel *et al.*, 2018a; Almeida *et al.*, 2021; Antunes *et al.*, 2024) e *Mikania* Willd. (Almeida *et al.*, 2017).

Cavidades secretoras contendo material lipofílico podem ser encontradas no mesofilo, especialmente entre o parênquima paliçádico e o parênquima esponjoso (Figs. 4h,i). Compostos fenólicos podem ser encontrados em todas as células do mesofilo (Figs. 4i, j), especialmente no parênquima esponjoso, além das células epidérmicas.

Epiderme unisseriada, mesofilo dorsiventral e cavidades secretoras são frequentemente relatados para espécies de Myrsinoideae (Luna *et al.*, 2013; Luna *et al.*, 2017). Divergindo dessa constatação geral, *L. punctata* não apresentou cavidades secretoras (Bejenaru *et al.*, 2013).

A nervura central, em seção transversal, apresenta formato côncavo-convexo (Fig. 4k). A epiderme é unisseriada, coberta por uma cutícula delgada (Fig. 4l) e apresenta tricomas glandulares capitados (Fig. 4m). Subjacentemente à epiderme, encontra-se o parênquima fundamental (Fig. 4k-m), no qual podem ser encontrados idioblastos fenólicos e amilíferos (Fig. 4l). O sistema vascular é formado por um feixe colateral, em arco aberto, e é envolvido por um feixe de células com conteúdo fenólico (Fig. 4k). Idioblastos fenólicos também podem ser encontrados no floema.

Embora a classificação da nervura central em plano-convexa ou biconvexa sejam frequentes em espécies de Myrsinoideae, a forma côncavo-convexa, observada no presente estudo também é relatada para esse grupamento vegetal. Feixe vascular colateral em arco aberto também foi relatado para espécies de Myrsinoideae; no entanto, todas as espécies dos gêneros *Ardisia*, *Cybianthus*, *Myrsine* e *Stylogyne* apresentam uma bainha esclerênquima envolvendo o sistema vascular (Luna *et al.*; 2013; Luna *et al.*, 2017), o que não foi observado no presente estudo.

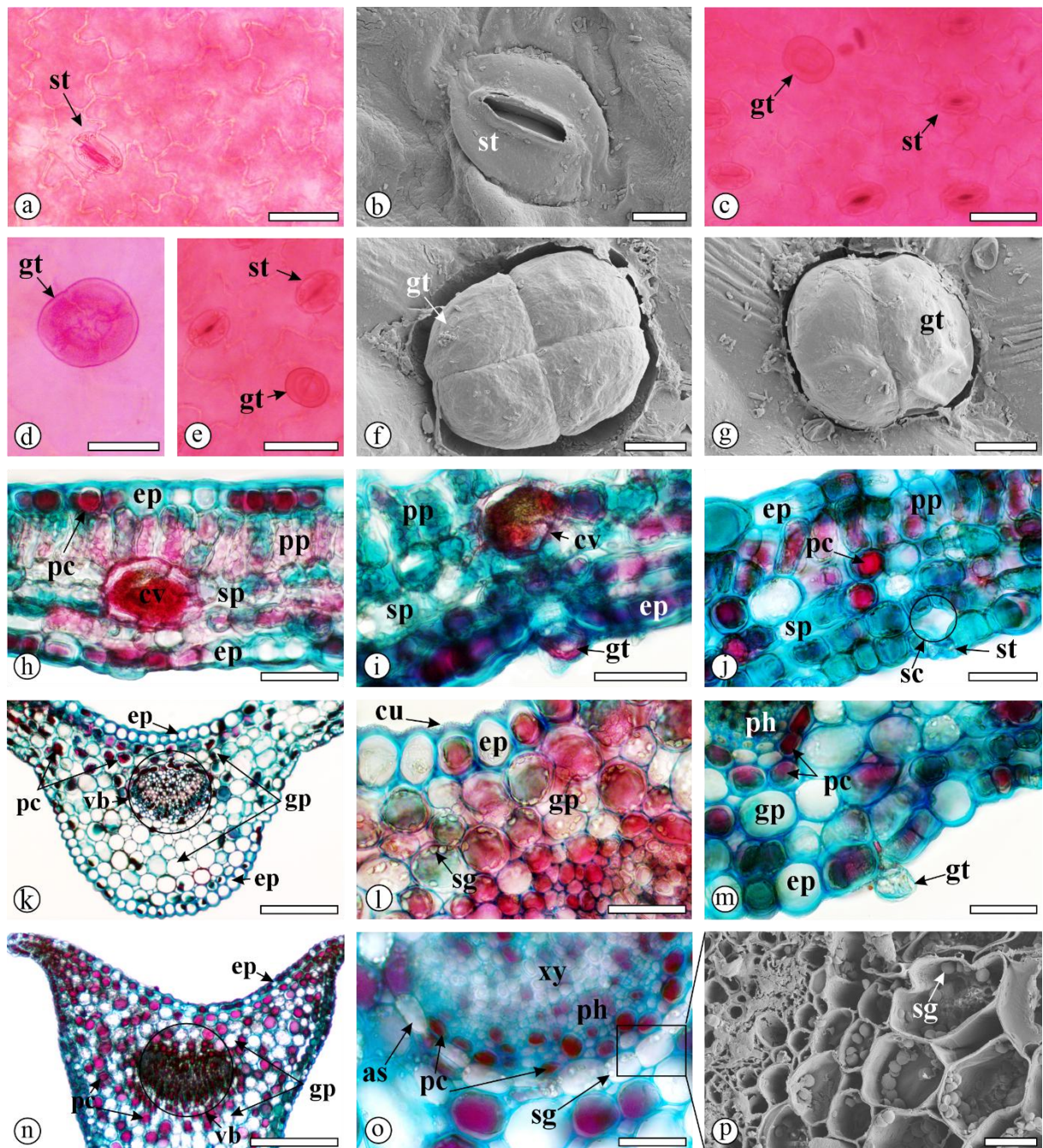
O pecíolo, seccionado transversalmente na região mediana, é côncavo-convexo com duas alas conspícuas (Fig. 4n). A presença das alas conspícuas é uma característica diagnóstica para *L. nummularia*, uma vez que não foi observada nas espécies de Myrsinoideae. A epiderme é unisseriada e coberta por uma cutícula delgada. No parênquima fundamental (Fig. 4n) são encontrados idioblastos fenólicos e amilíferos (Fig. 4o). O sistema vascular está representado por um feixe colateral em arco aberto, circundado por uma bainha amilífera (Fig. 4o). Idioblastos fenólicos também são encontrados no floema (Fig. 4o).

Braquiesclereides estão presentes em algumas espécies e o feixe vascular colateral em arco aberto foi reportado para as espécies *Cybianthus venezuelanus* Mez, *Cybianthus verticillatus* (Vell.) G.Agostini e *Stylogyne sordida* Mez. (Luna *et al.*, 2017). Bejenaru *et al.* (2013) relataram que *L. punctata* possui tricomas tectores tanto na nervura central quanto no pecíolo, bem como dois traços dorsais, além do feixe em arco aberto no sistema vascular no pecíolo, o que não foi observado no presente estudo.

Uma característica relatada para quase todas as espécies de Myrsinoideae é a presença de drusas de oxalato de cálcio e/ou cristais prismáticos (Luna *et al.*, 2013; Luna *et al.*, 2017), característica essa que não foi observada em nenhum órgão analisado em *L. nummularia*. Os cristais de oxalato de cálcio estão presentes em muitas famílias de plantas e desempenham um papel fundamental na diferenciação

de espécies anatomicamente semelhantes; a presença, localização e morfotipo do cristal podem ser usados como marcadores anatômicos (Franceschi; Nakata, 2005; de Brito *et al.*, 2021; Almeida *et al.*, 2021; Raeski *et al.*, 2023; Antunes *et al.*, 2024). Curiosamente, Bejenaru *et al.* (2013) também não relataram nenhuma ocorrência de cristais de oxalato nos órgãos de *L. punctata*; mais estudos sobre este tema são necessários, para elucidar se o gênero *Lysimachia* não apresenta cristais de oxalato de cálcio ou se a falta de cristais se deve às diferentes condições ambientais em que as espécies crescem. Nesse contexto, as espécies de Myrsinoideae foram coletadas no Brasil (Luna *et al.*; 2013; Luna *et al.*, 2017), *L. punctata* foi coletada na Romênia (Bejenaru *et al.*, 2013), enquanto *L. nummularia* analisada no presente estudo foi coletada na Suíça.

Figura 4 – Microscopia foliar de *Lysimachia nummularia* em microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura.



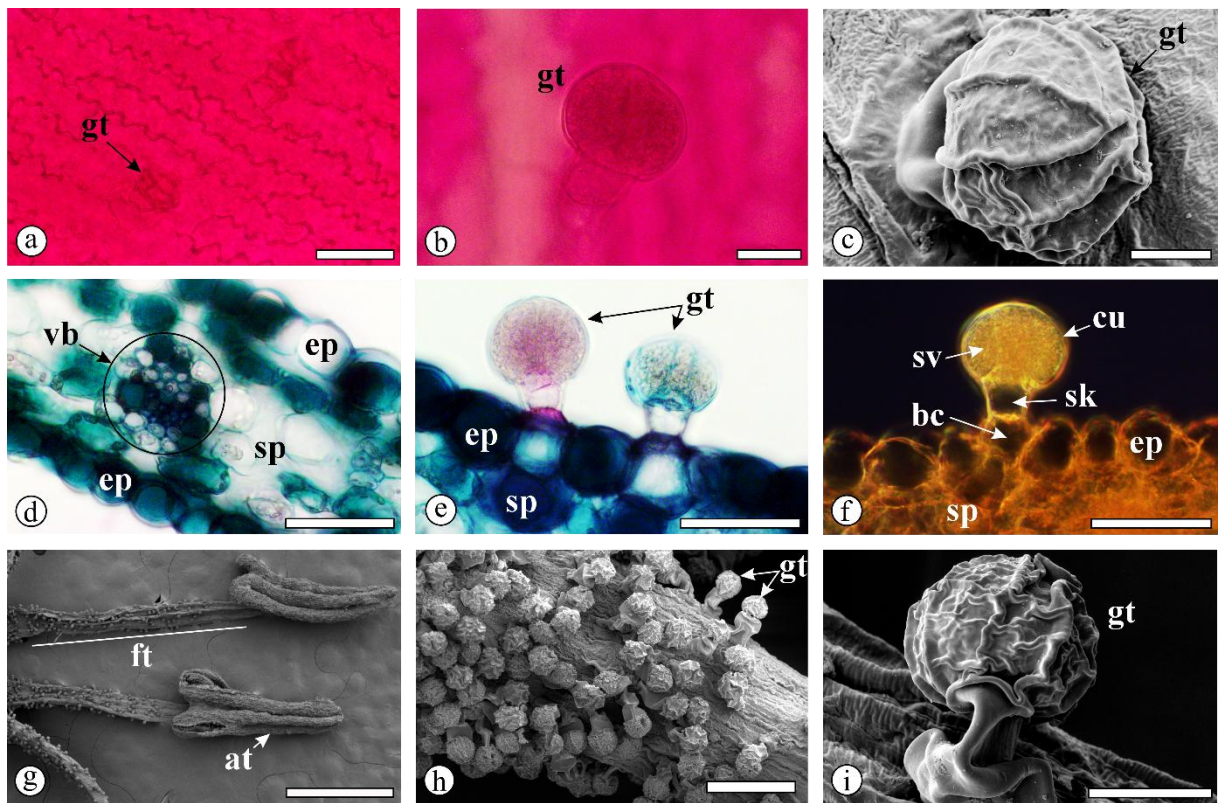
Fonte: A autora.

Notas: *Lysimachia nummularia*: (a,b) superfícies adaxial e (c-g) abaxial, (h-j) mesofilo, (k-m) nervura central e (n-p) pecíolo em (a,c-e,h-o) microscopia de luz corados em (a,c,d,e) safranina e em (h-o) azul de astra e fucsina básica e (b,f,g,p) em microscopia eletrônica de varredura (as, bainha amilífera; cv, cavidade secretora; cu, cutícula; ep, epiderme; gp, parênquima fundamental; gt, tricoma glandular; pc, compostos fenólicos; ph, floema; pp, parênquima paliádico; sc, cavidade subestomática; sg, grão de amido; sp, parênquima esponjoso; st, estômatos; vb, feixe vascular; xy, xilema). Barra de escala: (k,n) 200 µm; (a,c,e,h-j,l,m,o) 50 µm; (d) 25 µm; (f,g,p) 10 µm; (b) 8 µm.

5.2.4 Análise da flor

Quanto às flores, as pétalas, em vista frontal apresentam as paredes anticlinais das células epidérmicas sinuosas e delgadas (Fig. 5a) e cobertas por uma cutícula delgada. Em seção transversal, as pétalas apresentam epiderme unisseriada em ambas as superfícies (Fig. 5d). Tricomas glandulares capitados estão presentes em ambas as faces da epiderme (Figs. 5b, c, f, i). O parênquima fotossintetizante é representado pelo tecido esponjoso (Fig. 5d, e) e mergulhados neste, feixes vasculares de pequeno porte são encontrados (Fig. 5d). Adicionalmente, os tricomas glandulares capitados foram observados no filete dos estames (Fig. 5h).

Figura 5 – Microscopia floral de *Lysimachia nummularia*.



Fonte: A autora.

Notas: *Lysimachia nummularia*: (a-f) pétalas e (g-i) estame em (a,b,d,e) em microscopia de luz corado com (a,b) safranina e (d,e) azul de astra e fucsina básica, (c,g-i) microscopia eletrônica de varredura e (f) microscopia de luz polarizada (at, antera; bc, célula basal; cu, cutícula; ep, epiderme; ft, filamento; gt, tricoma glandular; sk, pedúnculo; sp, parênquima esponjoso; sv, cavidade de armazenamento; vb, feixe vascular). Barra de escala: g) 1000 µm; h) 100 µm; (a,d,e,f) 50 µm; b) 25 µm; i) 20 µm; c) 10 µm.

5.3 ANÁLISE HISTOQUÍMICA

Todos os órgãos de *L. nummularia* reagiram positivamente ao reagente NADI (David; Carde, 1964) evidenciando compostos lipofílicos na cutícula de folhas, caules, raízes e pétalas (Fig. 6a) e na endoderme do caule e da raiz. O conteúdo presente nos tricomas glandulares capitados tornou-se azul na presença do reagente de NADI, o que confirma a presença de óleo essencial, enquanto nas cavidades secretoras, o conteúdo tornou-se roxo, indicando a presença de óleo-resina (Fig. 6b).

O Sulfato de Azul do Nilo (Fig. 6c), utilizado para verificar a presença de lipídios ácidos, também reagiu positivamente em todos os órgãos de *L. nummularia*, destacando-se a cutícula, a endoderme, as óleo-resinas e os óleos essenciais que se tornaram azuis (Cain, 1947). Oil Red, Sudan Black B e Sudan III também expõem compostos lipofílicos, colorindo-os em vermelho, preto e laranja, respectivamente (Jaybalan; Shah, 1968; Pearse, 1972). A cutícula (Fig. 6d), endoderme (Fig. 6e), óleos essenciais e oleorresina (Fig. 6d, f) reagiram com esses três reagentes, que também evidenciaram estrias de Caspary, comumente observadas na endoderme da raiz e do caule, que tem como função controlar o fluxo de substâncias para o cilindro central, uma característica comum à família Primulaceae (Metcalf; Chalk, 1950).

O azul brilhante de Coomassie cora proteínas em azul claro e Xilidine Ponceau as cora em vermelho (Fisher, 1968; Vidal, 1970). Os corpúsculos globulares proteicos são encontrados na epiderme e no floema de todos os órgãos analisados (Figs. 6g, h).

A solução de iodo detecta grãos de amido, tornando-os de roxo escuro a preto (Johansen, 1940). Em *L. nummularia*, os grãos de amido são encontrados no córtex e na medula do caule e das raízes (Fig. 6j); esses grãos também foram encontrados no parênquima fundamental da nervura central e do pecíolo de folhas e no parênquima esponjoso do mesofilo (Fig. 6i), o que é atípico, uma vez que a função do amido é a reserva energética que comumente é realizada pelo caule e raiz (Taiz *et al.*, 2024).

O reagente de ácido periódico de Schiff (P.A.S.) também é usado para revelar polissacarídeos, mais especificamente, polissacarídeos neutros que serão evidenciados por coloração magenta (O'Brien; McCully, 1981). *Lysimachia nummularia* reagiu positivamente com P.A.S. no parênquima fundamental da nervura central e do pecíolo, além de serem detectados no córtex, raios parenquimáticos e medula dos caules e raízes (Fig. 6k).

O grupo diversificado e complexo de polissacarídeos formadores de gel é chamado de pectina, que é o componente mais abundante das paredes celulares primárias (Taiz *et al.*, 2024). O vermelho de rutênio é amplamente utilizado para detectar pectinas, ácidos nucleicos e mucilagens ácidas em vermelho (Johansen, 1940). No presente estudo, todos os elementos botânicos que contêm pectina em todos os órgãos de *L. nummularia* analisados reagiram positivamente (Fig. 6l).

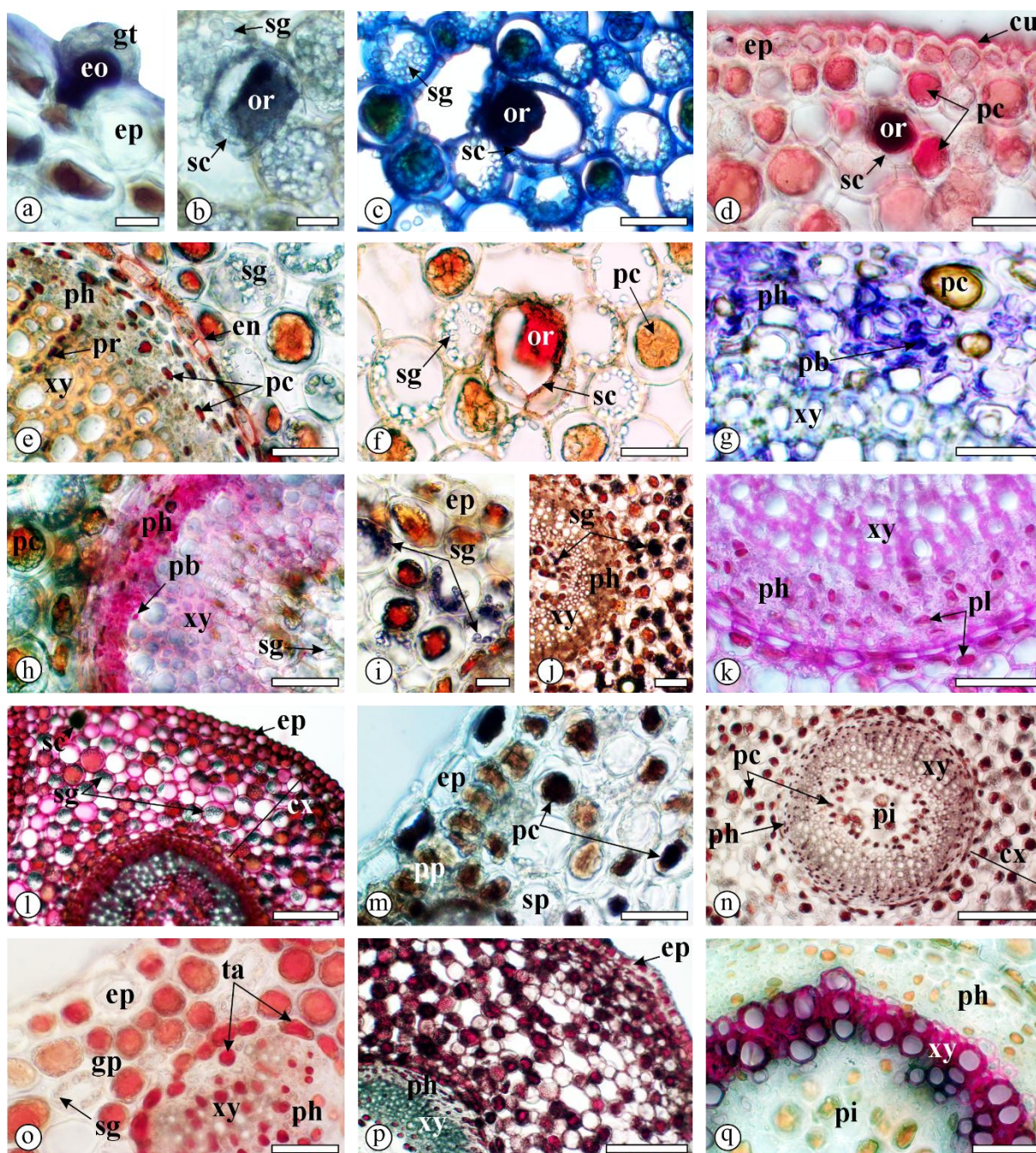
As soluções de cloreto férrico e de dicromato de potássio são usadas para detectar compostos fenólicos, produzindo uma coloração de marrom a preta e castanho-avermelhada, respectivamente, quando a reação é positiva (Johansen, 1940; Gabe, 1968). Compostos fenólicos estão presentes nas células epidérmicas, parênquimas paliçádico e esponjoso, como também em parênquimas corticais, floema e raios parenquimáticos tanto de caules quanto de raízes (Figs. 6m, n).

A vanilina clorídrica é usada para detectar taninos condensados; baseia-se na interação dos grupos aldeídos da vanilina com os grupos fenólicos presentes nos taninos, formando um produto condensado vermelho (Mace; Howell, 1974). Os taninos estão presentes em todos os órgãos de *L. nummularia* analisados, especialmente nas epidermes, parênquimas paliçádicos e esponjosos, bem como em parênquimas corticais, floema e raios parenquimáticos tanto de caules quanto de raízes (Figs. 6o, p).

Para expor a presença de elementos lignificados, a floroglucina ácida é frequentemente usada, corando esses elementos em rosa (Johansen, 1940). A lignina é um composto fenólico presente na estrutura da parede secundária, como por exemplo, nas fibras do xilema e esclereídes (Taiz *et al.*, 2024). Neste estudo, a lignina foi encontrada apenas no xilema em todos os órgãos analisados (Fig. 6q).

Os reagentes de Dragendorff, Ellram e Wagner são usados para detectar alcaloides, corando esses compostos na cor laranja a marrom avermelhada (Furr; Mahlberg, 1981; Svendsen; Verpoorte, 1983). Nenhuma das partes de *L. nummularia* analisadas reagiu positivamente quando exposta a qualquer um desses reagentes.

Figura 6 – Análise histoquímica de *Lysimachia nummularia*.



Fonte: A autora.

Notas: *Lysimachia nummularia*: (a) Pecíolo reagindo com NADI. (b) Raiz após tratamento com reagente NADI. (c) Raiz em reação com azul do Nilo. (d) Caule em reação com Oil Red. (e) Caule após exposição ao Sudan III, destacando a presença de suberina na endoderme. (f) Caule em reação com Sudan III, destacando a cavidade secretora. (g) Caule corado com azul de Coomassie. (h) Caule após tratamento com Xilidine Ponceau. (i) Mesofilo em reação com solução de iodo. (j) Caule após coloração com solução de iodo. (k) Caule em reação ao ácido periódico de Schiff. (l) Caule após reação com vermelho de rutênio. (m) Mesofilo em reação com cloreto férrico. (n) Caule após exposição ao dicromato de potássio. (o) Nervura central em reação com vanilina clorídrica. (p) Caule em reação com vanilina clorídrica. (q) Caule em reação com floroglucina clorídrica (ct, cutícula; cx, córtex; en, endoderme; eo, óleo essencial; ep, epiderme; gp, parênquima fundamental; gt, tricoma glandular; or, óleo-resina; pb, corpos proteicos; pc, composto fenólico; ph, floema; pi, medula; pl, polissacarídeo; pp, parênquima

paliçádico; pr, raio parenquimático; sc, cavidade secretora; sg, grãos de amido; sp, parênquima esponjoso; ta, tanino; xy, xilema). Barra de escala: (n,p) 250 μm ; l) 150 μm ; j) 100 μm ; (c-f,h,k,m,o,q) 50 μm ; (a,b,g,i) 25 μm .

6 CONCLUSÃO

Lysimachia nummularia L. é uma planta herbácea perene que cobre o solo. Sua morfologia apresenta características como: folhas simples, opostas, membranáceas, ovais a arredondadas, com ápice agudo a obtuso e base reentrante, margens inteiras, nervuras pinadas, de cor verde; flores únicas são encontradas ligadas ao caule por um pedicelo simples a um cálice regular, dialissépala e campanulado, formado por cinco pequenas sépalas esverdeadas; corola rosácea regular tem cinco pétalas amarelas com ápice agudo a obtuso e textura lisa; os estames, em número de cinco, unidos em adelfia; anteras sagitadas e valvuladas, afinando mais no ápice; pistilo com ovário globoso, terminal e estigma penicilado.

Para as raízes de *L. nummularia*, a presença de compostos fenólicos, cavidades secretoras, estrias de Caspary na endoderme e medula amilífera podem ser considerados marcadores anatômicos. Para o caule, a presença de apenas tricomas glandulares capitados, cavidades secretoras e medula contendo idioblastos amilíferos auxiliam na diferenciação de *L. nummularia* das demais espécies do gênero.

Para as folhas, a presença de tricomas capitados apenas na face abaxial, Índice Estomático, folhas anfiestomáticas, cutícula delgada e cavidades secretoras podem ser considerados marcadores anatômicos de *L. nummularia*. O formato, a presença de apenas tricomas glandulares e o arranjo do feixe vascular da nervura central e pecíolo são marcadores anatômicos que auxiliam na distinção da espécie *L. nummularia*.

A pesquisa também identificou a presença de amido além (no córtex, medula e mesofilo) de diversas classes de compostos como lipofílicos (em cutículas, cavidades secretoras e endoderme) e proteínas (em epidermes e floema). Compostos fenólicos e taninos foram encontrados em todos os órgãos analisados, enquanto a lignina foi detectada apenas no xilema. Por fim, a ausência de alcaloides é um marcador importante para a diferenciação desta espécie, reforçando a importância da histoquímica na taxonomia.

Este estudo destaca a importância da análise morfoanatômica no controle de qualidade de *L. nummularia*, além de ser o primeiro a prover uma descrição completa dessa planta. A morfologia e os marcadores anatômicos descritos, tais como a presença de cavidades secretoras, folhas anfiestomáticas, estômatos anomocíticos,

ausência de fibras esclerenquimáticas ou células pétreas e a presença de tricomas glandulares capitados, são essenciais para a identificação da matéria-prima vegetal.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Farmacopeia Brasileira**, 7ª ed. Brasília: Anvisa, 2024.
- ALMEIDA, M. Z. **Plantas Medicinais**. 3. ed. Salvador: EDUFBA, 2011.
- ALMEIDA, V. P.; HEIDEN, G.; RAMAN, V.; NOVATSKI, A.; BUSSADE, J. E.; FARAGO, P.V.; MANFRON, J. Microscopy and Histochemistry of Leaves and Stems of *Baccharis* Subgenus *Coridifoliae* (Asteraceae) Through LM and SEM-EDS. **Microscopy and Microanalysis**, v. 27, p. 1273–1289, 2021. DOI:10.1017/S1431927621012447
- ALMEIDA, V. P.; HIRT, A. A.; RAESKI, P. A.; MIKA, B. E.; JUSTUS, B.; DOS SANTOS, V. L.; FRANCO, C. R. C.; DE PAULA, J. P.; FARAGO, P. V.; BUDEL, J. M. Comparative morphoanatomical analysis of *Mikania* species. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, p. 9–19, 2017. DOI: 10.1016/j.bjp.2016.05.002
- ANDERBERG, A. A.; RYDIN, C.; KÄLLERSJÖ, M. Phylogenetic relationships in the order Ericales s.l.: analyses of molecular data from five genes from the plastid and mitochondrial genomes. **American Journal of Botany**, v. 89, p. 677–687, 2002.
- ANDERBERG, A. A.; STAHL, B. Phylogenetic interrelationships in the order Primulales, with special emphasis on the family circumscriptions. **Canadian Journal of Botany**, v. 73, p. 1699–1730, 1995.
- ANDERBERG, A. A.; STAHL, B.; KÄLLERSJÖ, M. Phylogenetic relationships in the Primulales inferred from rbcL sequence data. **Plant Systematic and Evolution**, v. 211, p. 93–102, 1998.
- ANTUNES, K. A.; RAMAN, V.; PERERA, W. H.; HEIDEN, G.; PONTAROLO, R.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A.; MANFRON, J. Authentication and Quality Control of the Brazilian Traditional Herb ‘Carquejas’ (*Baccharis* Species) Using Morpho-Anatomy and Microscopy. **Plants**, v. 13, 3030, 2024. DOI: 10.3390/plants13213030
- BEJENARU, L. E.; BEJENARU, C.; MOGOȘANU, G. D.; OANCEA, C. N. “Histo-anatomical investigation on *Lysimachia punctata* L. (Primulaceae) species.” **Analele Univ. din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru**, v. 43, p. 31–39, 2013.
- BERLYN, G.P.; MIKSCHE, J.P.; SASS, J.E. **Botanical Microtechnique and Cytochemistry**. 1. ed. Ames: The Iowa State University Press, 1976.
- BFG – THE BRASIL FLORA GROUP. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, p.1-29, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Insumos Farmacêuticos Ativos**. Brasília, DF. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de medicamentos tradicionais fitoterápicos**. Brasília, DF. 2025.

BUDEL, J. M.; RAMAM, V.; MONTEIRO, L. M.; ALMEIDA, V. P.; BOBEK, V. B.; HEIDEN, G.; TAKEDA, I. J. M.; KHAN, I. A. Foliar anatomy and microscopy of six Brazilian species of *Baccharis* (Asteraceae). **Microscopy Research & Technique**, p. 1-11, 2018. DOI: 10.1002/jemt.23045

BUDEL, J. M.; WANG, M.; RAMAN, V.; ZHAO, J.; KHAN, S. I.; REHMAN, J. U.; TECHEN, N.; TEKWANI, B.; MONTEIRO, L. M.; HEIDEN, G.; TAKEDA, I. J. M.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A. Essential Oils of Five *Baccharis* Species: Investigations on the Chemical Composition and Biological Activities. **Molecules**, v. 23, p. 1-19, 2018.

CAIN, A.J. The use of Nile blue in the examination of lipids. **Quarterly Journal of Microscopy Science**. Oxford, v. 88, p. 383-392, 1947.

CHALLAM, M.; ROY, B.; TANDON, V. Effect of *Lysimachia ramosa* (Primulaceae) on helminth parasites: Motility, mortality and scanning electron microscopic observations on surface topography. **Veterinary Parasitology**, v. 19, p. 214–218, 2010.

CRONQUIST, A. **An Integrated System of Classification of Flowering Plant**. Nova York: Columbia University Press, 1981.

DAVID, R.; CARDE, J.P. Coloration différentielle des inclusions lipidique et terpeniques des pseudophylles du Pin maritime au moyen du reactif Nadi. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences Paris**. Paris, ser. D 258, p. 1338–1340, 1964.

de BRITO, P. S.; SABEDOTTI, C.; FLORES, T. B.; RAMAN, V.; BUSSADE, J. E.; FARAGO, P. V.; MANFRON, J. Light and Scanning Electron Microscopy, Energy Dispersive X Ray Spectroscopy, and Histochemistry of *Eucalyptus tereticornis*. **Microscopy and Microanalysis**, v. 27, p. 1295–1303, 2021. DOI: 10.1017/S1431927621012514

DENG, J.; REN, M.; DAI, X.; QU, D.; YANG, M.; ZHANG, T.; JIANG, B. *Lysimachia christinae* Hance regresses preestablished cholesterol gallstone in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 166, p. 102–108, 2015.

FISHER, D.B. Protein staining of ribboned epon sections for light microscopy. **Histochemie**. Berlim, v. 16, p. 92-96, 1968. DOI: 10.1007/BF00306214.

FRANCESCHI, V. R.; NAKATA, P. A. Calcium Oxalate in Plants: Formation and Function. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, p. 41–71, 2005.

FREITAS, M. F.; CARRIJO, T. T.; LUNA, B. N.; COSTA, J. G. S. **Primulaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB121874>>. Acesso em: 28 jul. 2024.

FREITAS, M. F.; CARRIJO, T.T.; de LUNA, B. N. Sinopse dos gêneros de Primulaceae no Brasil. **Rodriguésia**, v. 68, p. 129-142, 2017. DOI: 10.1590/2175-7860201768122

FUCHS, C.H. Fuchsin staining with NaOH clearing for lignified elements of whole plants or plants organs. **Stain Technology**, Londres, v. 38, n. 3, p. 141–144, 1963. DOI: 10.3109/10520296309067156.

FURR, M.; MAHLBERG, P.G. Histochemical analyses of laticifers and glandular trichomes in *Cannabis sativa*. **Journal of Natural Products**, vol. 44, p. 153-159, 1981.

GABE, M. **Techniques histologiques**. Paris: Masson et cie, 1968.

HANGANU, D.; OLAH, N. K.; MOCAN, A.; VLASE, L.; BENEDEC, D.; RAITA, O.; TOMA, C. C. Comparative polyphenolic content and antioxidant activities of two Romanian *Lysimachia* species. **Revista de Chemie**, v. 67, p. 227–231, 2016.

HAO, G.; YUAN, Y.; HU, C.; GE, X.; ZHAO, N. Molecular phylogeny of *Lysimachia* (Myrsinaceae) based on chloroplast trnL–F and nuclear ribosomal ITS sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 31, p. 323-339, 2004. DOI: 10.1016/S1055-7903(03)00286-0

HARRISON, L. **RHS Latin for gardeners**. United Kingdom: Mitchell Beazley, 2012.

HU, C. M. On the geographical distribution of the Primulaceae. **Journal of Tropical and Subtropical Botany**, v. 2, p. 1–14 1994.

HU, C. M.; KELSO, S. Primulaceae. In: WU, Z.; RAVEN, P. H. **Flora of China**, vol. 15. Pequim: Science Press, p. 39–189, 1996.

IMBESI, A. **Indice Dell Plante: Finora Ammesse nelle Farmacopee Ufficiali dei Diversi Stati del Mondo**. 1. ed. Messina: Italy, 1964.

JAYABALAN, M.; SHAH, J.J. Histochemical techniques to localize rubber in guayule (*Parthenium argentatum* Gray). **Stain Technology**. Londres, v. 61, p. 303-308, 1986. DOI: 10.3109/10520298609109957.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: Mc Graw Hill Book, 1940.

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. Myrsinaceae. 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**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2005. p. 279-300.

KÄLLERSJÖ, M.; BERGQVIST, G.; ANDERBERG, A. A. Generic realignment in primuloid families of the Ericales s.l.: a phylogenetic analysis based on DNA sequences from three chloroplast genes and morphology. **American Journal of Botany**, v. 87, p. 1325–1341, 2000.

KOCZURKIEWICZ, P.; CZYZ, J.; PODOLAK, I.; WOJCIK, K.; GALANTY, A.; JANECKO, Z.; MICHALIK, M. Multidirectional effects of triterpene saponins on cancer cells - mini-review of in vitro studies. **Acta Biochimica Polonica**, v. 62, p. 383–393, 2015. doi:10. 18388/abp.2015_1089.

KORTA, J. A comparative chemical analysis of *Lysimachia nummularia* L. and *Lysimachia vulgaris* L. **Acta Biologica Cracoviensia**, v. 13, p.143–154, 1970.

KRAUS, J. E.; SOUSA, H. C.; REZENDE, M. H.; CASTRO, N. M.; VECCHI, C.; LUQUE, R. Astra blue and basic fuchsin double staining of plant materials. **Biotechnic and Histochemistry**, v. 73, p. 235-243, 1998. DOI:10.3109/10520299809141117

LANSDOWN, R.V. "Creeping-Jenny, *Lysimachia nummularia*." In: **IUCN Red List of Threatened Species**. 2014. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T167913A42403938.en. Acesso em 18 jun 2024.

LE, T. Q.; PHAM, T. V.; DANG, N. T. T.; & TRAN, T. D. Chemical constituents and anti-inflammatory activity of the essential oil from the leaves of *Ardisia sadirioides* C. M. Hu & L. K. Phan growing in Vietnam. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 26, p. 780-786, 2023. DOI: 10.1080/0972060X.2023.2239842

LERSTEN, N. R. Re-investigation of secretory cavity development in *Lysimachia* (Primulaceae). **New Phytologist**, v. 102, p. 193-197, 1986.

LINNAEI, C. *Species plantarum: exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Impensis Laurentii Salvii: Holmiae, 1753.

LIU, C.; SACK, L.; LI, Y.; ZHANG, J.; YU, K.; ZHANG, Q.; HE, N.; YU, G. Relationships of stomatal morphology to the environment across plant communities. **Nature Communications**, v. 14, 6629, 2023. DOI:10.1038/s41467-023-42136-2

LIU, S.; LUORONG, Q.; HU, K.; CAO, W.; TAO, W.; LIU, H.; ZHANG, D. Aqueous Extract of *Lysimachia christinae* Hance Prevents Cholesterol Gallstone in Mice by Affecting the Intestinal Microflora. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 31, p. 1272-1280, 2021. DOI:10.4014/jmb.2106.06043.

LUNA, B. N.; CARRIJO, T. T.; FREITAS, M. F.; BARROS, C. F. Comparative leaf anatomy of neotropical Stylogyne species (Myrsinoideae Primulaceae). **Rodriguésia**, v. 64, 2013.

LUNA, B. N.; e DEFAVERI, A. C. A.; SATO, A.; BIZZO, H. R.; FREITAS, M. F.; BARROS C. F. Leaf secretory tissues in *Myrsine coriacea* and *Myrsine venosa* (Primulaceae): ontogeny, morphology, and chemical composition of essential oils. **Botany**, v. 92, p. 757-766, 2014. DOI: 10.1139/cjb-2014-0044

LUNA, B. N.; FREITAS, M. F.; BAAS, P.; DE TONI, K. L. G.; BARROS, C. F. Leaf Anatomy of Five Neotropical Genera of Primulaceae. **International Journal of Plant Sciences**, v. 178, p. 362–377, 2017. DOI: 10.1086/69121

LYSIMACHUS. In: *Encyclopedia Britannica*. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. Disponível em <https://www.britannica.com/biography/Lysimachus>. Acesso em: 18 jun. 2024.

MACE, M.E.; HOWELL, C.R. Histochemistry, and identification of condensed tannin precursor in roots of cotton seedlings. **Canadian Journal of Botany**, vol. 52, p. 2423-2426, 1974.

MANFRON J. [Farmacobotânica: uma Ferramenta Importante para a Detecção de Adultrações em Matérias-Primas Vegetais]. In: BARATTO, L. C. **A Farmacognosia no Brasil** [livro eletrônico]: **memórias da sociedade brasileira de farmacognosia**. Sociedade Brasileira de Farmacognosia: Petrópolis, p. 259–276, 2021.

MARR, K. L.; BOHM, B. A.; COOKE, C.; GUNNING, P. Flavonoids of Hawaiian endemic *Lysimachia* in honour of professor G. H. Neil Towers 75th birthday. **Phytochemistry**, v. 49, p. 553-557, 1998.

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

MIGACZ, I. P.; RAESKI, P. A.; ALMEIDA, V. P.; RAMAN, V.; NISGOSKI, S.; MUNIZ, G. I. B.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A.; BUDEL, J. M. Comparative leaf morpho anatomy of six species of *Eucalyptus* cultivated in Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, p. 273-281, 2018.

MIGACZ, I. P.; WANG, M.; FAORO, J. A. M.; dos SANTOS, S. M; FORMAGIO, A. S. N.; KASSUYA, C. A. L; REHMAN, J. U; PERERA, W. H.; GONÇALVES, V. C.; CHEVES, D. S. A.; RAMAN, V.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A.; MANFRON, J. Bioprospecting and Repurposing of Leaf Biomass to Support Sustainable Biopharmacy: Evaluation of Seasonal Chemical Variations and Biological Activities of Six *Eucalyptus* Essential Oils. **International Journal of Environmental Research**, v. 18, is. 74, 2024. DOI: 10.1007/s41742-024-00628-z.

NETALA, V. R.; GHOSH, S. B.; BOBBU, P.; ANITHA, D.; TARTTE, V. Triterpenoid saponins: a review on biosynthesis, applications, and mechanism of their action.

O'BRIEN, T.P.; MCCYLLY, M.E. **The study of plant structure: principles and selected methods**. Melbourne: Termarcarphi Pty. Ltd, 1981.

OLIVEIRA, F.; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. **Farmacognosia: Identificação de Drogas Vegetais**. São Paulo: Atheneu, 2014.

ÖZGEN, U.; , SENER, S. Ö.; ŠMEJKAL, K.; VACLAVIK, J.; DENIZ, F. S. S.; ORHAN, I. E.; SVAJDLENKA, E.; ÖREN, A. C. G.; CKA, M. Z. Cholinesterase and Tyrosinase Inhibitory Potential and Antioxidant Capacity of *Lysimachia verticillaris* L. and Isolation of the Major Compounds. **Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 17, p. 528–534, 2020.

PAUZER, M. S.; BORSATO, T. O.; ALMEIDA, V. P.; RAMAN, V.; JUSTUS, B.; PEREIRA, C. B.; FLORES, T. B.; MAIA, B. H. L. N. S.; MENEGHETTI, E. K.; KANUNFRE, C. C.; DE PAULA, J. F. P.; FARAGO, P. V.; BUDEL, J. M. *Eucalyptus cinerea*: Microscopic Profile, Chemical Composition of Essential Oil and its Antioxidant, Microbiological and Cytotoxic Activities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 64, e21200772, 2021. DOI: 10.1590/1678-4324-75years-2021200772

PEARSE A.G.E. **Histochemistry: theoretical and applied**. 4. ed. Edimburgo: Churchill Livingstone, 1968.

PEARSE, A.G.E. **Histochemistry: theoretical and applied**. 3. ed. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1972.

PODOLAK, I.; GALANTY, A.; SOBOLEWSKA, D. Saponins as cytotoxic agents: a review. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, p. 425–474, 2010. DOI: 10.1007/s11101-010-9183-z.

PODOLAK, I.; HUBICKA, U.; ZUROMSKA-WITEK, B.; JANECKO, Z.; KRZEK, J. Quantification of Saponins in Different Plant Parts of *Lysimachia* L. Species by validated HPTLC-Densitometric Method. **JPC-Journal of Planar Chromatography**, v. 26, p. 248–253, 2013.

PODOLAK, I.; KOCZURKIEWICZ, P.; GALANTY, A.; MICHALIK, M. Cytotoxic triterpene saponins from the underground parts of six *Lysimachia* L. species. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 47, p. 116-120, 2013. DOI: 10.1016/j.bse.2012.10.003.

PODOLAK, I.; KOCZURKIEWICZ, P.; MICHALIK, M.; GALANTY, A.; ZAJDEL, P.; JANECKO, Z. A new cytotoxic triterpene saponin from *Lysimachia nummularia* L. **Carbohydrate Research**, v. 375, p. 16-20, 2013. DOI: 10.1016/j.carres.2013.04.005.

PODOLAK, I.; STRZAŁKA, M. Qualitative and Quantitative LC Profile of Embelin and Rapanone in Selected *Lysimachia* Species. **Chromatography**, v. 67, p. 471–475, 2008. DOI: 10.1365/s10337-007-0511-4.

PRIMULACEAE. In: Merriam-Webster's Unabridged Dictionary. An Encyclopædia Britannica Company. Disponível em <https://www.merriam-webster.com/dictionary/Primulaceae>. Acesso em: 17 jun. 2024.

RAESKI, P. A.; HEIDEN, G.; NOVATSKI, A.; RAMAN, V.; KHAN, I. A.; MANFRON, J. Calcium oxalate crystal macropattern and its usefulness in the taxonomy of *Baccharis* (Asteraceae). **Microscopy Research and Technique**, v. 86, p. 862–881, 2023. DOI: 10.1002/jemt.24363

RHS. **A-Z encyclopedia of garden plants**. United Kingdom: Dorling Kindersley, 2008. p. 1136. ISBN 978-1405332965.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Pharmacognosy and Pharmacobiotechnology**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.

SANTOS, V. L. P.; FRANCO, C. R. C.; AMANO, E.; MESSIAS-REASON, I. J.; BUDEL, J. M. Anatomical investigations of *Piper amalago* (jaborandi-manso) for the quality control. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, p. 85-91, 2015. DOI: 10.1016/j.bjp.2015.03.0010

SANTOS, V. L. P.; RAMAN, V.; BOBEK, V. B.; MIGACZ, I. P.; FRANCO, C. R. C.; KHAN, I. A.; BUDEL, J. M. Anatomy and microscopy of *Piper caldense*, a folk medicinal plant from Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, p. 9-15, 2018. DOI: 10.1016/j.bjp.2017.11.004

SAULLE, C. C.; RAMAN, V.; OLIVEIRA, A. V. G.; MAIA, B. H. L. N. S.; MENEGHETTI, E. K.; FLORES, T. B.; FARAGO, P. V.; KHAN, I. A.; BUDEL, J. M. Anatomy and volatile oil chemistry of *Eucalyptus saligna* cultivated in South Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, p. 125-134, 2018. DOI: 10.1016/j.bjp.2018.03.001

SILVA, R. J. F.; AGUIAR-DIAS, A. C. A.; MENDONÇA M. S. Rosetas e Concrecências cristalinas silicificadas em *Piper* (Piperaceae): registros inéditos de macropadrões. **Acta Amazônica**, v. 44, n.4, p. 435 – 446, 2014.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; de MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SMALL, J. K. **Manual of the southeastern flora: being descriptions of the seed plants growing naturally in Florida, Alabama, Mississippi, eastern Louisiana, Tennessee, North Carolina, South Carolina and Georgia**. The University of North Carolina Press: Chapel Hill, 1933.

SMITH, W. **Dictionary of Greek and Roman Geography, illustrated by numerous engravings on wood**. London: Walton and Maberly, 1854.

SOLEREDER, H. **Systematic Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford: Oxford University Press, 1908.

SOUZA, W. **Técnicas básicas de microscopia eletrônica aplicadas às Ciências Biológicas**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, 1998.

STEVENS P. F. **Angiosperm phylogeny website**. Versão 14, 2017. Disponível em <https://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html>. Acesso: 17 jun. 2024.

SUÇIU, F.; STOICESCU, I.; LUPU, E. C.; MUSUC, A. M.; POPESCU, A.; MITITELU, M.; ROȘCA, A. C.; DUMITRESCU, D.-E.; BADEA, F. C.; CARAIANE, A.; BADEA, V. HPLC Analysis of Polyphenolic Compounds in *Lysimachia nummularia* L. and Comparative Determination of Antioxidant Capacity. **Applied Sciences**, v. 13, p. 2159, 2023. DOI: 10.3390/ app13042159.

SUÇIU, F.; STOICESCU, I.; LUPU, E. C.; POPESCU, A.; ROȘCA, A. C.; RONCEA, F. N.; DUMITRESCU, D.-E.; BADEA, V.; BADEA, F. C. Antibacterial Activity of *Lysimachia nummularia* L. in Oro-Dental Diseases. **Applied Sciences**, v. 13, p. 6830, 2023. DOI: 10.3390/app13116830

SVENDSEN, A.B.; VERPOORTE, R. **Chromatography of alkaloids**. Nova York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAKHTAJAN, A.L. **Diversity and Classification of Flowering Plants**. Nova York: Columbia University Press, 1997.

TÓTH, A.; RIETHMÜLLER, E.; ALBERTI, Á.; VÉGH, K.; KÉRY, Á. Comparative phytochemical screening of phenoloids in *Lysimachia* species. **European Chemical Bulletin**, v. 1, p. 27–30, 2012.

TOTH, A.; RIETHMULLER, E.; VEGH, K.; ALBERTI, A.; BENI, S.; KERY, A. Contribution of individual flavonoids in *Lysimachia* species to the antioxidant capacity

based on HPLC-DPPH assay. **Natural Product Research**, v. 32, p. 2058–2061, 2018. DOI: 10.1080/14786419.2017.1359176.

TÓTH, A.; TOTH, G.; KERY, A. Polyphenol composition and antioxidant capacity of three **Lysimachia** species. **Natural Product Communications**, v. 9, p. 1473–1478, 2014.

VIDAL, B.C. Dichroism in collagen bundles stained with xylidine-Ponceau 2R. **Annales d'Histochimie**. Paris, v.15, p. 289-296, 1970.

WEISSENSTEIN, U. Larch Resin-Lysimachia comp. Ointment: New Research Findings on its Active Constituents. *In*: BAUMGARTNER, S.; RAMM, H.; SCHALLER, G. **Report 2021**. Arlesheim: Society for Cancer Research, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). WHO guidelines on good herbal processing practices for herbal medicines. **WHO Technical Report Series**, No. 1010. Geneva: WHO, 2018.

YASUKAWA, K.; OGAWA, H.; TAKIDO, M. Two flavonol glycosides from *Lysimachia nummularia*. **Phytochemistry**, v. 29, p. 1707-1708, 1990. DOI: 10.1016/0031-9422(90)80155-A.