



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"



**ESALQ**

Lygia Maria Barcellos Teixeira Mendes Protti

**IDENTIFICAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE *Eugenia* L. (Myrteae, Myrtaceae) A PARTIR DE IMAGENS DE RAIO X DA NERVAÇÃO FOLIAR**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado junto ao Departamento de Ciências  
Biológicas para obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Biológicas

Orientador: Vinicius Castro Souza

Coorientador: Cássio Augusto Patrocínio Toledo

Piracicaba  
2023

## **Resumo**

A família Myrtaceae apresenta mais de 5000 espécies com distribuição tropical e subtropical. No Brasil, ocorrem em torno de 1030 espécies e 23 gêneros, sendo *Eugenia* L. o maior da Flora brasileira, com aproximadamente 400 espécies. *Eugenia* apresenta certa dificuldade na identificação a nível específico devido à similaridade entre suas flores e frutos nas diferentes espécies. O presente trabalho tem por objetivo investigar padrões vegetativos capazes de distinguir morfologicamente as espécies *Eugenia florida* DC. e *Eugenia paracatuana* O. Berg, tradicionalmente diferenciadas pelo tipo de inflorescência que apresentam. O caráter de interesse para o estudo será o padrão de nervação foliar observado por imagens 2D digitais obtidas por raio-X, que serão submetidas a análise por inteligência artificial a partir de um algoritmo desenvolvido para esta finalidade, utilizando a metodologia de redes complexas e de redes neurais convolucionais.

**Palavras chave:** *Eugenia* sect. *Racemosae*, inteligência artificial, morfologia, nervação foliar, taxonomia.

## 1. Introdução e justificativa

Myrtaceae Juss. é uma família que compreende mais de 5600 espécies botânicas, distribuídas entre cerca de 130 gêneros (GOVAERTS *et al.*, 2008). Apresenta distribuição nas regiões tropicais e subtropicais, com centros de riqueza localizados na Austrália, sudeste asiático e América tropical, além de menor ocorrência no continente africano (WILSON *et al.*, 2001). Na Flora brasileira, ocorrem cerca de 1030 espécies e 23 gêneros, de modo que *Eugenia* L. é o de maior expressividade entre as angiospermas do Brasil, apresentando cerca de 400 espécies (BFG, 2015). O gênero ocorre nas regiões tropicais e subtropicais e muitas espécies apresentam frutos comestíveis, como a pitanga (*E. uniflora* L.) e a uvaia (*E. pyriformis* Cambess.) (MAZINE *et al.*, 2014).

Segundo Souza & Lorenzi (2019), as Myrtaceae nativas são facilmente reconhecidas por uma combinação de atributos morfológicos como a ausência de estípulas, folhas opostas dotadas de pontuações translúcidas e com margem inteira, flores vistosas e predominantemente brancas, com ovário ínfero e frutos carnosos, além de um tronco descamante. Mazine *et al.* (2014) ainda destacou que a alta riqueza somada à variação contínua dos caracteres tornam *Eugenia* um gênero taxonomicamente complexo e de difícil identificação a nível de espécie, o que pode levar a amostras não identificadas corretamente em inventários ecológicos e florísticos.

A importância da nervação foliar para determinações taxonômicas é descrita em trabalhos como Meville (1969), e a caracterização da “arquitetura foliar” proposta por Hickey (1973) foi uma das primeiras obras a descrever padrões para nervuras. Desde então, inúmeros estudos constataram a relevância da característica para identificação de materiais estéreis, como Donato & Morretes (2008), Oliveira *et al.* (2011), Klucking (1988), que descreveu padrões para Myrtaceae, e Cardoso & Sajo (2004), que destacam o valor do caractere para identificação de *Eugenia*, além de Ellis *et al.* (2009), que revisou a publicação original de Hickey (1973).

Para a observação de caracteres morfológicos, Funk (2003) ressalta a importância das coleções de herbário, que servem como banco de informações para estudos taxonômicos, enquanto Schneider *et al.* (2018) destaca como os acervos podem ser uma valiosa fonte acerca de padrões de nervação foliar. O avanço da tecnologia já permite que imagens digitalizadas de exsicatas sejam utilizadas para reconhecimento automatizado das espécies, como demonstrado por Shirai *et al.* (2022) e Little *et al.* (2020), onde algoritmos de reconhecimento são capazes de atingir um índice de até 88% de acurácia na identificação de espécimes herborizados.

Diversas técnicas podem ser empregadas para otimização da visualização de nervuras, como a diafanização, que torna as folhas semitransparentes e evidencia o sistema vascular (Oliveira, *et al.*, 2011), ou a utilização de radiografia digital, que gera imagens de alta resolução e permite a observação detalhada da nervação, além de não destruir as folhas, possibilitando que sejam devolvidas ao acervo ao final do estudo (SCHNEIDER *et al.* 2018; GIBAU *et al.*, 2020).

Dada a complexidade de identificação de *Eugenia* a nível de espécie, o presente estudo busca investigar se os padrões de nervação foliar apresentados pelas espécies *Eugenia florida* DC. e *Eugenia paracatuana* O. Berg são suficientemente distinguíveis por técnicas de reconhecimento automatizadas, baseadas em imagens de radiografia digital.

## **2. Objetivos**

O objetivo do trabalho é investigar padrões de nervação foliar capazes de distinguir morfologicamente as espécies *E. florida* e *E. paracatuana*, com base em algoritmos de reconhecimento.

## **3. Material e métodos**

### **3.1. Coleta de material e captura das imagens**

Para a construção do banco de dados serão utilizadas folhas de espécimes de *E. florida* e *E. paracatuana* depositados na coleção do Herbário ESA (ESALQ/USP) ou provenientes de

novas coletas em campo. As folhas advindas de novas coletas serão submetidas ao processo de prensagem, secagem e montagem, e serão adicionadas ao acervo como materiais voucher do projeto.

Seguindo a metodologia adaptada de Gibau *et al.* (2021), as folhas serão individualmente expostas à radiação de intensidade de 29 kV por 15 segundos, com o uso do equipamento de raio-X digital Faxitron LX-60, que gera imagens digitais, dispensando o uso do filme radiográfico. Todas as folhas retiradas da coleção serão devolvidas ao Herbário ao final do desenvolvimento do estudo.

As imagens bidimensionais serão geradas pelo equipamento com o uso do *software* CamExpert, que opera o funcionamento da máquina, e processadas no ImageJ, seguindo o protocolo padrão que otimiza a visualização em alta resolução, e então serão armazenadas em um banco de dados *online* que ficará disponível para a análise por inteligência artificial.

### **3.2. Análise das imagens por inteligência artificial**

Os métodos de inteligência artificial empregados serão o de redes complexas e o de redes neurais convolucionais. Segundo Metz *et al.* (2007), redes complexas podem abranger estudos na área das ciências naturais, analisando padrões não regulares derivados de processos naturais complexos. Este método gera medidas capazes de evidenciar regiões e determinar similaridade entre as mesmas, e pode ser aplicado para a modelagem de imagens. Já o método das redes neurais convolucionais, segundo Vargas, *et al.* (2016) consiste em um modelo de aprendizado de máquina inspirado em processos neurológicos biológicos, com aplicação na modelagem, reconhecimento e classificação de imagens.

Os algoritmos serão desenvolvidos com a finalidade de determinar se o padrão de nervação apresentado nas folhas é suficiente para distinguir as espécies de interesse do trabalho, e utilizarão as imagens 2D como matriz de dados.

#### 4. Resultados esperados

O presente estudo irá determinar se o padrão de nervação foliar de *E. florida* e *E. paracatuana* pode ser considerado para identificação de material estéril a partir da aplicação de algoritmos de reconhecimento para determinação das espécies. Espera-se desenvolver uma forma de identificação automatizada, de acordo com a acurácia apresentada pelas análises da ferramenta. Ademais, o desenvolvimento do trabalho irá contribuir para a formação da aluna na área de taxonomia de angiospermas, e também visa a possibilidade de publicação dos resultados obtidos.

#### 5. Cronograma de trabalho

Atividade	Mês					
	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	5º mês	6º mês
Revisão de literatura	X	X				
Coleta e separação do material	X	X	X			
Captura e processamento de imagens		X	X	X		
Análise por Inteligência Artificial			X	X	X	
Análise dos resultados					X	
Reunião com os orientadores	X	X	X	X	X	X
Apresentação do TCC						X

## Referências bibliográficas

- Brazil Flora Group (BFG). Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguesia**, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 1 out. 2015.
- CARDOSO, C. M. V.; SAJO, M. das G. Vascularização foliar e a identificação de espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae) da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Botânica**, n. 1, p. 47–54, 2004.
- DONATO, A. M.; MORRETES, B. L. de. Anatomia foliar de *Eugenia florida* DC. (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 759-770, 2009.
- ELLIS, B.; DALY, D. C.; HICKEY, L. J.; JOHNSON, K. R.; MITCHELL, J. D.; WILF, P.; WING, S. L. **Manual of Leaf Architecture**. 1. ed. Ithaca: Cornell University Press, 2009.
- FUNK, V. A. The Importance of Herbaria. **Plant Science Bulletin**, v. 49, n. 3, p. 94–95, 2003.
- GIBAU, A.; DE QUEIROZ, L. P.; TOMAZELLO-FILHO, M.; LEWIS, G. P.; SOUZA, V. C. A New Endangered Species of *Senna* (Leguminosae) from the Atlantic Forest of Bahia, Brazil, Supported by X-ray Analysis of Leaflets. **Systematic Botany**, v. 46, n. 3, p. 828–833, 1 jul. 2021.
- GOVAERTS, R.; SOBRAL, M.; ASHTON, P.; BARRIE, F., HOLST, B. K.; LANDRUM, L. L.; MATSUMOTO, K.; MAZINE, F.F.; LUGHADHA, E. N.; PRONEÇA, C.; SOARES-SILVA, L. H.; WILSON, P.G.; LUCAS, E. World Checklist of Myrtaceae. 1. ed. Richmond: **Royal Botanic Gardens**, 2008.
- HICKEY, L. J. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. **American Journal of Botany**, v. 60, n. 1, p. 17-33, 1973.
- KLUCKING, E. P. **Leaf venation patterns - Myrtaceae**. v. 3, J. Cramer, Stuttgart. 1988.
- LITTLE, D. P.; TULIG, M.; TAN, K. C.; LIU, Y.; BELONGIE, S.; KAESER-CHEN, C.; MICHELANGELI, F. A.; PANESAR, K.; GUHA, R. V.; AMBROSE, B. A. An algorithm competition for automatic species identification from herbarium specimens. **Applications in Plant Sciences**, v. 8, n. 6, 1 jun. 2020.
- MAZINE, F. F.; SOUZA, V. C.; SOBRAL, M.; FOREST, F.; LUCAS, E. A preliminary phylogenetic analysis of *Eugenia* (Myrtaceae: Myrteae), with a focus on Neotropical species. **Kew Bulletin**, v. 69, n. 2, p. 1–14, 2014.
- METZ, J.; CALVO, R.; ROSSI, E.; SENO, M.; ROMERO, R. A. F.; LIANG, Z.; CARLOS, S. Redes Complexas: conceitos e aplicações. **Relatórios Técnicos do ICMC-USP** n. 290, 2007.
- MELVILLE, Ronald. Leaf venation patterns and the origin of the angiosperms. **Nature**, v. 224, p. 121-125, 1969.
- OLIVEIRA, M. I. U. de; FUNCH, L. S.; SANTOS, F. de A. R. dos; LANDRUM, L. R. Aplicação de caracteres morfoanatômicos foliares. **Acta Botanica Brasilica**, p. 455–465, 2011.
- SCHNEIDER, J. V.; RABENSTEIN, R.; WESENBERG, J.; WESCHE, K.; ZIZKA, G.; HABERSETZER, J. Improved non-destructive 2D and 3D X-ray imaging of leaf venation. **Plant Methods**, v. 14, n. 1 p. 1-15, 19 jan. 2018.

SHIRAI, M.; TAKANO, A.; KUROSAWA, T.; INOUE, M.; TAGANE, S.; TANIMOTO, T.; KOGANEYAMA, T.; SATO, H.; TERASAWA, T.; HORIE, T.; MANDAI, I.; AKIHIRO, T. Development of a system for the automated identification of herbarium specimens with high accuracy. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1-14, 1 dez. 2022.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2019.

VARGAS, A. C. G.; CARVALHO, A. M. P.; VASCONCELOS, C. N. Um estudo sobre Redes Neurais Convolucionais e sua aplicação em detecção de pedestres. **Proceedings of the XXIX Conference on Graphics, Patterns and Images**, v. 1, n. 4, 2016.

WILSON, P. G.; O'BRIEN, M. M.; GADEK, P. A.; QUINN, C. J. Myrtaceae Revisited: A Reassessment of Infraclassical Groups. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 11, p. 2013–2025, 2001.

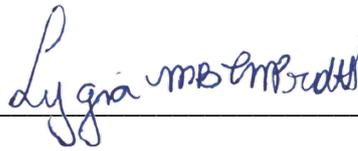
## FOLHA DE ASSINATURAS

Lygia Maria Barcellos Teixeira Mendes Protti

### IDENTIFICAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE *Eugenia* L. (Myrteae, Myrtaceae) A PARTIR DE IMAGENS DA NERVAÇÃO FOLIAR

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado junto ao Departamento de Ciências  
Biológicas para obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Biológicas

Piracicaba, 2023



Bacharelanda: Lygia Maria Barcellos Teixeira Mendes Protti



Orientador: Vinicius Castro Souza



Coorientador: Cássio Augusto Patrocínio Toledo



Rechercher dans les messages



99+

Nouveau message

Mail

Boîte de récepti... 1944

Chat

Messages suivis

En attente

Spaces

Messages envoyés

Brouillons 8

Meet

Plus

Libellés

Boletim Brazilian Team

----- Forwarded message -----

De: **CEAP** <[ceap\\_otrs@usp.br](mailto:ceap_otrs@usp.br)>

Date: qui, 11 de mai de 2023 14:41

Subject: [Ticket#2023051199000064] RE: CEAP Chamado

To: Vinicius Castro Souza <[vcsouza@usp.br](mailto:vcsouza@usp.br)>

A Comissão de Ética Ambiental na Pesquisa (CEAP) confirma recebimento de sua solicitação. Um tíquete foi criado para acomp

Enviado quinta-feira, 11 Maio, 2023 - 14:37

Nome completo do docente/pesquisador: Vinicius Castro Souza

Nro. USP: 2086507

E-mail: [vcsouza@usp.br](mailto:vcsouza@usp.br) [1]

Telefone: 1934476726

Tipo de requerimento: Emissão de parecer de Mérito Ambiental (projeto individual)

Departamento: Ciências Biológicas

Laboratório: Laboratório de Sistemática Vegetal

Detalhamento de atividades:

<https://pipoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-...>

[2]

Projeto de pesquisa:

<https://pipoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-...>

[3]

Certificado de treinamento de usuário e agente multiplicador:

Declaração de Responsabilidade: Estou ciente do Termo de Responsabilidade do Pesquisador

[1] <mailto:vcsouza@usp.br>[2] <https://pipoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-detativ-30291.pdf>[3] <https://pipoca.esalq.usp.br/webOS/sites/default/files/webform/ceap/CEAP-projpesq-30291.pdf>