

Avaliação morfoanatômica de órgãos vegetativos de *Bixa orellana* L.: contribuições para a padronização farmacognóstica

Morphoanatomical evaluation of vegetative organs of Bixa orellana L.: contributions to pharmacognostic standardization

Luís Eduardo Costa Pereira¹
Ana Byatriz Coimbra Gomes²
Heitor Lima de Melo Pereira³
Crisálida Machado Vilanova⁴

RESUMO

Bixa orellana L. (urucum) tem importância cultural, alimentar e medicinal. Apesar de seu uso como corante natural, não há monografia oficial. Por isso, este estudo se propôs a caracterizar morfoanatomicamente folhas, caule e raiz de *B. orellana*, visando fornecer subsídios à padronização da espécie. As amostras foram coletadas em São Luís-MA entre abril e julho de 2025. A análise morfológica foi feita a vista desarmada. O estudo anatômico ocorreu por secções histológicas paradérmicas e transversais a mão livre, descoloração em água sanitária, coloração com azul de toluidina e análise em microscopia óptica, observando caracteres diagnósticos. As folhas são simples, alternas, membranáceas, deltóides, com base oblíqua e ápice cuspidado. Anatomicamente, as folhas são anfiestomáticas com células epidérmicas sinuosas e estômatos anomocíticos e possuem nervura central côncavo-convexa, feixe vascular colateral em arco aberto, bainha esclerenquimática contínua, mesofilo dorsiventral, cristais de oxalato de cálcio e bolsas secretoras. O caule mostrou estelo sifonostelo ectofloico, idioblastos cristalíferos e bolsas secretoras, enquanto a raiz revelou câmbio ativo, fibras esclerenquimáticas associadas ao floema e raios parenquimáticos. Os resultados fornecem parâmetros diagnósticos que podem auxiliar na autenticação da droga vegetal e reforçam a necessidade de estudos complementares, para apoiar a regulamentação e o uso seguro da espécie.

Palavras-chave: Urucum. Matéria-prima vegetal. Controle de qualidade.

¹ Discente do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-4259-7129>. E-mail: luis.ecp@discente.ufma.br

² Discente do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-9540-9628>. E-mail: coimbra.ana@discente.ufma.br

³ Discente do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-0970-2358>. E-mail: melo.heitor@discente.ufma.br

⁴ Docente do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8502-1625>. E-mail: crisalida.vilanova@ufma.br

ABSTRACT

Bixa orellana L. (annatto) has notable cultural, nutritional, and medicinal relevance. Despite its broad use as a natural dye, no official monograph exists. This study characterized the morphology and anatomy of the leaves, stem, and root of *B. orellana* to provide data supporting species standardization. Samples were collected in São Luís, Maranhão (Brazil), between April and July 2025. Morphological traits were analyzed macroscopically. Anatomical features were examined through freehand paradermal and transverse sections, bleaching with sodium hypochlorite, staining with toluidine blue, and light microscopy to identify diagnostic structures. The leaves are simple, alternate, membranous, and deltoid, with an oblique base and cuspidate apex. Anatomically, they are amphistomatic, showing sinuous epidermal cells and anomocytic stomata. Additional features include a concave–convex midrib, an open-arc collateral vascular bundle with a continuous sclerenchymatic sheath, dorsiventral mesophyll, calcium oxalate crystals, and secretory cavities. The stem exhibits an ectophloic siphonostele, crystal-bearing idioblasts, and secretory cavities, while the root presents an active cambium, sclerenchymatic fibers associated with the phloem, and parenchymatic rays.

These results provide diagnostic parameters useful for authenticating the plant drug and emphasize the need for further studies to support regulation and ensure the safe use of the species.

Keywords: Annatto. Plant raw material. Quality control.

1. INTRODUÇÃO

O estudo de plantas medicinais remonta a práticas milenares, nas quais seu uso terapêutico orientava a observação e descrição botânica. Com o avanço da ciência, a botânica expandiu-se para diferentes áreas, como taxonomia, morfoanatomia, biologia molecular, ecologia e etnobotânica, estabelecendo bases para a correta identificação e caracterização de espécies vegetais (DAVIS; CHOISY, 2024).

Bixa orellana L. (Bixaceae), conhecida popularmente como urucum ou colorau, é amplamente cultivada no Brasil, onde se adapta com facilidade devido ao clima tropical (MONTEIRO et al., 2024). Embora historicamente vinculada ao uso como corante natural, essa espécie tem sido objeto de investigações recentes que ressaltam tanto seu papel industrial como suas aplicações biomédicas e biotecnológicas (SILVA et al., 2024; ARRUDA-PEIXOTO et al., 2025).

Apesar do interesse crescente, não há monografia oficial na Farmacopeia Brasileira, tampouco em compêndios internacionais de referência para essa matéria-prima vegetal. Isso decorre sobretudo por fatores como: cultivo dessa espécie ser principalmente para extração do seu corante natural, a bixina; e variabilidade química entre cultivares e condições de cultivo (REBOUÇAS et al., 2022).

Entretanto, estudos recentes relatam usos tradicionais e evidências pré-clínicas de diferentes partes de *Bixa orellana*, como folhas, cascas e raízes, em transtornos respiratórios, gastrointestinais, urogenitais, dentre outros (RAJU et al., 2022; MOLINA-ROMANI et al., 2023; SILVA et al., 2024). O crescente interesse em seu uso medicinal torna urgente o estabelecimento de parâmetros farmacognósticos, especialmente no que se refere a caracteres morfoanatômicos diagnósticos, fundamentais para garantir a autenticidade, pureza e qualidade das drogas vegetais.

Dessa forma, essas análises assumem papel estratégico ao fornecer dados técnicos que podem subsidiar futuras regulamentações do urucum, ampliando a segurança no uso medicinal e fortalecendo a integração da espécie nos contextos farmacêutico e alimentar. Assim, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise morfoanatômica das folhas, caule e raiz de *Bixa orellana* L.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo experimental realizado no laboratório de Farmacobotânica do Curso de Farmácia da Universidade Federal do Maranhão, com folhas, caule e raiz de *Bixa orellana* L. As amostras foram coletadas nos meses de abril a julho de 2025 em São Luís-MA.

O estudo morfológico das folhas foi realizado a vista desarmada, analisando-se os aspectos externos segundo Vidal et al. (2021), como composição, filotaxia, consistência, coloração, ápice, base, nervação e contorno.

Enquanto para as análises anatômicas foram confeccionados cortes histológicos manuais com lâmina de barbear descartável em amostras foliares, caulinares e radiculares recém-coletadas. Foram realizadas secções paradérmicas nas faces adaxial e abaxial da folha e secções transversais no terço médio da lâmina foliar, no pecíolo, no caule e na raiz. Os cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio, seguido de lavagem em água destilada, coloração com azul de toluidina e montagem entre lâmina e lamínula com água, conforme metodologia de Oliveira e Akisue (2008).

As lâminas foram analisadas em microscópio óptico binocular Olympus caracterizando-se tecidos, estruturas secretoras, anexos epidérmicos, estômatos, e no caso de caule e raiz, estelo e câmbio (METCALFE; CHALK, 1950; APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2022).

3. RESULTADOS

As folhas de *Bixa orellana*, como podem ser observadas na Figura 1, são completas, simples, alternas, concolores, peninérvias, membranáceas, deltóides, com base oblíqua, ápice cuspidado, medindo em média 21,7 cm de altura e 13,6 cm de comprimento. Quanto à superfície, as folhas são glabras na face adaxial e pilosas na face abaxial.

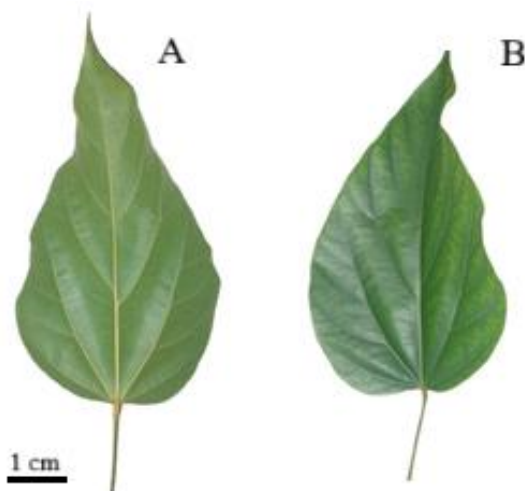


Figura 1 - Morfologia externa das faces abaxial (A) e adaxial (B) de *Bixa orellana* L.

A análise da secção paradérmica, mostrada na Figura 2, indicou a presença de células epidérmicas de paredes sinuosas a curvas na face abaxial e sinuosas na face adaxial. A folha mostrou-se anfihipoestomática com estômatos anomocíticos (Figura 2).

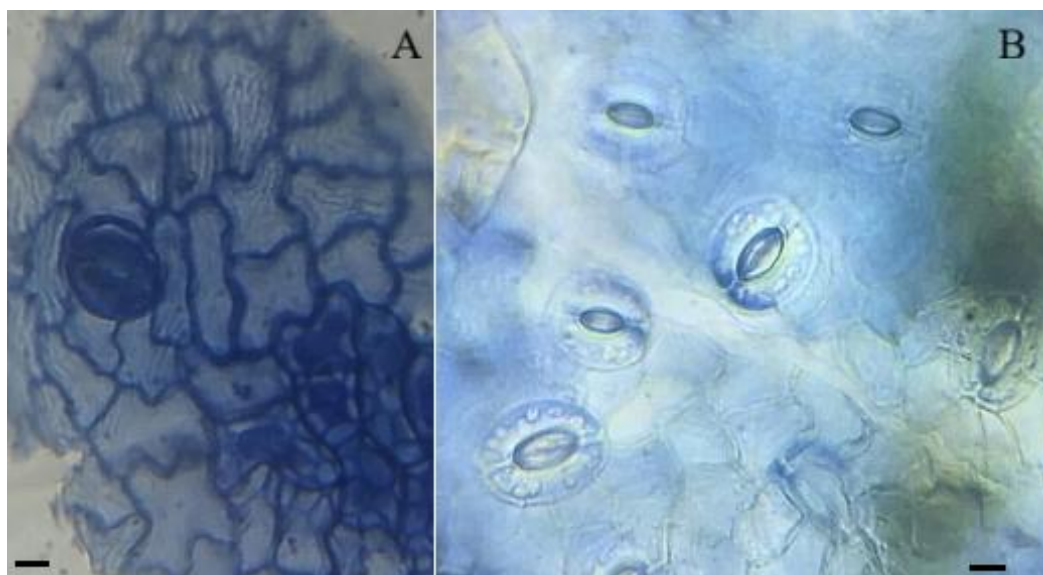


Figura 2 - Vista frontal das faces adaxial (A) e abaxial (B) de *Bixa orellana* L. Legenda: barra = 50 µm.

Os resultados da análise do corte transversal da folha, que constam na Figura 3, destacam a epiderme uniestratificada, composta por células de formato retangular a poligonal, recobertas por cutícula delgada.

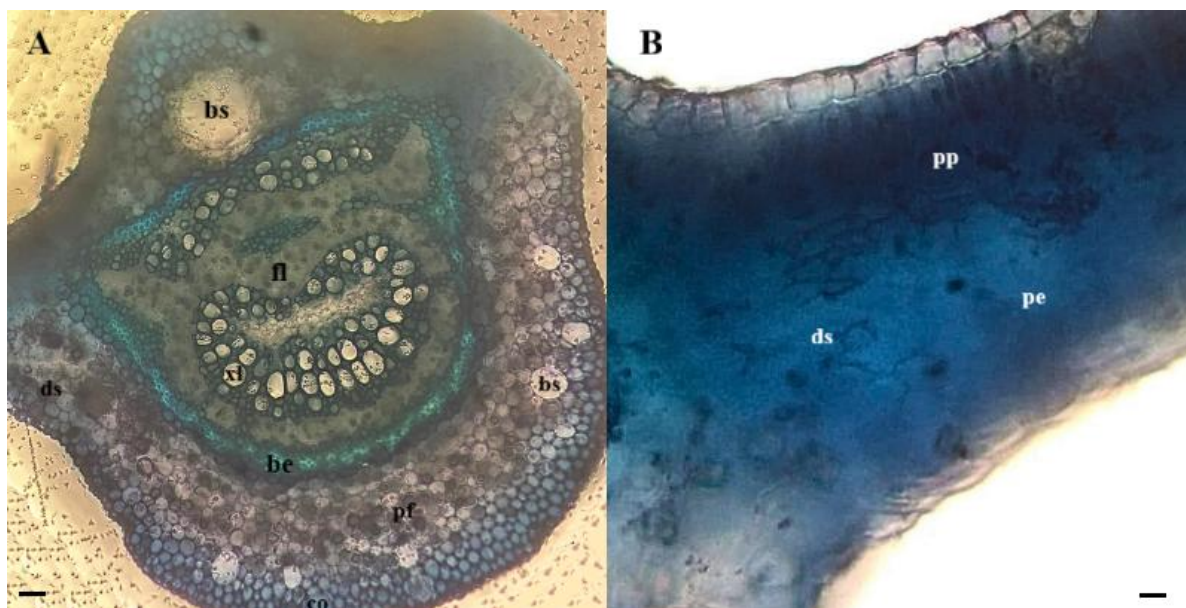


Figura 3 - Nervura principal (A) e mesofilo (B) em secção transversal da folha de *Bixa orellana* L. Legenda: bs = bolsa secretora; co = colênquima; be = bainha esclerenquimática; fl = floema; xl = xilema; pf = parênquima fundamental; pp = parênquima paliçádico; pe = parênquima esponjoso; ds = drusa; barra da figura A = 200 μ m; barra da figura B = 100 μ m.

Também é possível constatar, na Figura 3, a nervura principal de formato côncavo-convexo, com saliência mais evidente na face adaxial. O sistema vascular é do tipo colateral em arco aberto, no qual o xilema ocupa a região voltada para a epiderme adaxial e o floema a posição abaxial. Todo o feixe vascular é envolvido por uma bainha esclerenquimática contínua. O tecido fundamental adjacente é constituído por parênquima de preenchimento, intercalado a faixas de colênquima angular subepidérmico. O mesofilo é do tipo dorsiventral, com uma camada de parênquima paliçádico, constituído por células alongadas e justapostas, localizadas sob a epiderme adaxial. O parênquima lacunoso ocupa a região voltada para a face abaxial, formado por seis a sete camadas de células irregulares, com amplos espaços intercelulares. Bolsas secretoras e cristais de oxalato de cálcio foram observados ao longo da nervura principal e do mesofilo foliar.

Na Figura 4, verifica-se o caule com estrutura típica de eudicotiledônea ainda em crescimento primário, com epiderme unisseriada, tricomas tectores unicelulares e pluricelulares, colênquima angular e parênquima cortical. O sistema vascular mostrou-se organizado em um cilindro contínuo delimitando a região central ocupada por uma medula parenquimática ampla, caracterizando um sifonostelo ectofloico, no qual o xilema ocupa a

posição interna e o floema a posição interna, circundado por uma bainha esclerenquimática. Visualizaram-se idioblastos cristalíferos contendo drusas de oxalato de cálcio, distribuídos irregularmente no floema e ao longo das regiões medular e cortical. Também se constatou a presença de bolsas secretoras, em grande quantidade no córtex, distribuídas de modo irregular, e em menor número na medula, onde se observaram seis bolsas organizadas em padrão circuncêntrico: cinco periféricas distribuídas em torno de uma bolsa central, em distâncias aproximadamente equivalentes, próximas ao limite interno do cilindro vascular.

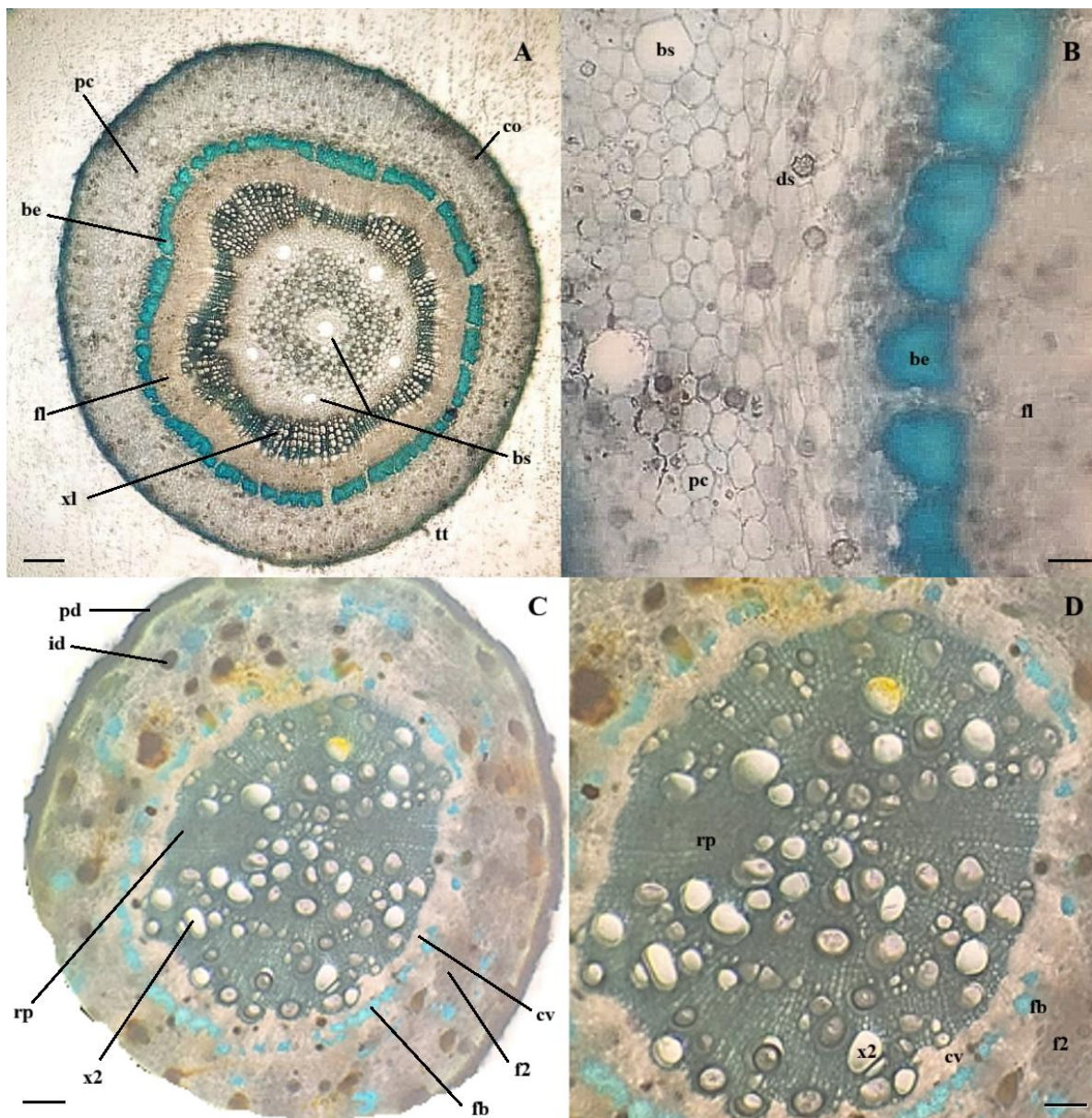


Figura 4 - Caule (A), detalhes do caule (B), raiz (C) e detalhes da raiz (D) em secção transversal de *Bixa orellana* L. Legenda: co = colênquima; pc = parênquima cortical; be = bainha esclerenquimática; xl = xilema; fl; floema; bs = bolsa secretora; tt = tricoma tector; ds = drusa; pd = periderme; id = idioblasto; rp = raios parenquimáticos; x2 = xilema secundário; f2 = floema secundário; cv = câmbio vascular; fb = fibras esclerenquimáticas; barra das figuras A e C = 200 µm; barra das figuras B e D = 100 µm.

Observa-se também na Figura 4, que a raiz de *Bixa orellana* apresenta organização do tipo prostostelo, típica de raiz de eudicotiledônea em crescimento secundário. Visualizou-se periderme, substituindo a epiderme original, e se constatou a presença de idioblastos contendo inclusões de coloração escura alaranjada, possivelmente correspondentes a compostos fenólicos ou resinosos. Internamente, o cilindro vascular apresentou numerosos vasos xilemáticos dispostos radialmente, intercalados por faixas de raios parenquimáticos atravessando o xilema secundário em direção ao floema secundário. Entre xilema e floema secundários observou-se câmbio vascular ativo, formado por uma fileira de células meristemáticas de aspecto cúbico. O floema secundário apareceu associado a faixas de fibras esclerenquimáticas.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo confirmam caracteres diagnósticos importantes para a identificação de *Bixa orellana* L., corroborando descrições clássicas e recentes sobre a anatomia da família Bixaceae. A presença de folhas anfihipoestomáticas com estômatos anomocíticos e mesofilo dorsiventral está em consonância com descrições anteriores de órgãos vegetativos dessa espécie, que destacam a variabilidade da disposição estomática e a importância desse parâmetro para distinção em análises farmacognósticas (MOLINA-ROMANI et al., 2023). A identificação de cristais de oxalato de cálcio em forma de drusas e bolsas secretoras no mesofilo e no caule reforça achados relatados por Silva et al. (2024), que descrevem tais estruturas como marcadores relevantes na padronização de drogas vegetais.

A observação de estelo do tipo sifonostelo ectofloico com abundantes bolsas secretoras no córtex em *Bixa orellana* encontra similaridade em estudos de outras espécies de Malvales e famílias próximas. Por exemplo, em espécies do gênero *Ceiba* (Malvaceae: Bombacoideae), idioblastos cristalíferos, mucilaginosos e fenólicos são observados não apenas no mesofilo foliar, mas também na epiderme, no córtex do pecíolo e no parênquima da nervura central, o que corrobora a presença de secreções especializadas associadas a

tecidos não vasculares superficiais (DANTAS et al., 2021). Além disso, o trabalho sobre o caule de *Spondias dulcis* Forst. f. (Anacardiaceae) demonstra que em caules jovens são comuns ductos secretórios e idioblastos no córtex, bem como associação com floema (SILVA et al., 2019). Portanto, a disposição circuncêntrica de bolsas secretoras na medula observada em *Bixa orellana* pode representar uma variação morfológica relevante, mas que se insere numa tendência mais ampla de desenvolvimento de estruturas secretoras em diferentes famílias, especialmente em taxa com valores adaptativos ligados à proteção ou armazenamento de metabólitos.

A análise caulinar evidenciou um estelo do tipo sifonostelo ectofloico, associado a idioblastos cristalíferos e grande quantidade de bolsas secretoras, especialmente no córtex. Esses resultados corroboram descrições de Freitas (2009), que identificou em órgãos vegetativos de *Bixa orellana* a presença de tricomas peltados, canais mucilaginosos, células taníferas e drusas de oxalato de cálcio, reforçando o papel das estruturas secretoras como marcadores anatômicos da espécie. Em paralelo, Miranda, Nery e Ventrella (2017) demonstraram em nectários extraflorais de *Bixa orellana* a presença de células ricas em compostos fenólicos e cristais, confirmando a diversidade de estruturas secretoras associadas à defesa e interação ecológica. Mais recentemente, Gomes et al. (2025) reportaram alterações morfoanatômicas em tecidos dessa espécie submetidos ao estresse por fluoreto, evidenciando a plasticidade anatômica da planta diante de condições ambientais adversas. Nesse contexto, a disposição circuncêntrica das bolsas secretoras na medula observada no presente estudo sugere um padrão pouco discutido na literatura, mas que amplia a compreensão sobre a diversidade estrutural da espécie e pode constituir uma contribuição original para sua caracterização anatômica.

Na raiz, a organização prostostélica com crescimento secundário evidente, marcada pela presença de câmbio vascular ativo e fibras esclerenquimáticas associadas ao floema, reflete a adaptação estrutural ao suporte mecânico e transporte radial. Spicer e Groover (2010) já haviam ressaltado que a diferenciação de fibras no floema secundário constitui uma estratégia evolutiva para aumentar a resistência mecânica em eudicotiledôneas, o que reforça a interpretação aqui apresentada. Além disso, a identificação de idioblastos com inclusões alaranjadas, possivelmente correspondentes a compostos fenólicos, coincide com descrições do Australian National Botanic Gardens (2025), que reporta secreções coloridas como características da família Bixaceae. Ensaio histoquímico adicionais

poderiam confirmar a natureza química dessas inclusões, como já sugerido em trabalhos de referência em farmacobotânica (OLIVEIRA; AKISUE, 2008).

A ausência de uma monografia oficial da espécie na Farmacopeia Brasileira ou em compêndios internacionais reforça a relevância deste estudo, uma vez que parâmetros morfoanatômicos são fundamentais para assegurar a autenticidade de matérias-primas vegetais e evitar casos de adulteração. Molina-Romani et al. (2023) ressaltam que a padronização anatômica é um dos pontos críticos para o avanço do uso medicinal seguro do urucum, sobretudo no contexto de fitoterápicos artesanais. Do mesmo modo, Silva et al. (2024) destacam o crescente interesse biotecnológico em derivados de *Bixa orellana*, como nanossistemas à base de bixina, o que aumenta a necessidade de garantir rastreabilidade e qualidade da matéria-prima vegetal utilizada.

Por fim, é importante considerar que a variação anatômica observada pode estar associada a fatores ambientais, como já demonstrado por Monteiro et al. (2024), que apontam o impacto de condições edafoclimáticas sobre o desenvolvimento morfológico e produtivo do urucueiro. Assim, os achados deste trabalho não apenas contribuem para a caracterização botânica da espécie em condições locais de cultivo, mas também ampliam a base de dados necessária para futuras regulamentações e inclusão da espécie em compêndios oficiais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou caracteres diagnósticos de *Bixa orellana* L. como: folhas anfihipoestomáticas com estômatos anomocíticos, mesofilo dorsiventral, presença de cristais de oxalato de cálcio e bolsas secretoras; caule com estelo do tipo sifonostelo ectoflóico, idioblastos cristalíferos e abundância de bolsas secretoras; e raiz com crescimento secundário, fibras esclerenquimáticas e raios parenquimáticos bem definidos.

Como contribuição, o estudo fornece dados anatômicos que podem subsidiar a autenticidade e qualidade da droga vegetal, especialmente diante da ausência de monografia oficial para a espécie em compêndios farmacopeicos. Contudo, não foram realizados testes histoquímicos ou análises comparativas entre diferentes populações, o que se apresenta como lacuna a ser explorada. Assim, recomenda-se que trabalhos futuros integrem análises químicas e farmacológicas aos dados anatômicos, de modo a ampliar a

base científica para a regulamentação e uso seguro dessa espécie como recurso medicinal e alimentar.

REFERÊNCIAS

ARRUDA-PEIXOTO, V. A. S. de et al. Promoting circular economy by leveraging annatto byproducts from *Bixa orellana* L. into sustainable antioxidant food packaging. **Foods**, v. 14, n. 4, art. 704, 2025. DOI: 10.3390/foods14040704. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/4/704>. Acesso em: 4 set. 2025

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Ed.). **Anatomia Vegetal**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2022.

AUSTRALIAN NATIONAL BOTANIC GARDENS (ANBG). **Bixaceae**, 2025. Disponível em: <https://www.anbg.gov.au/angio/bixaceae.htm>. Acesso em: 16 set. 2025.

DANTAS, T. N. S.; ALMEIDA, J. S.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; CORSO, V. C. R. Leaf secretory structures in Ceiba (Malvaceae – Bombacoideae): ontogeny, anatomy and histochemistry. **Rodriguésia**, v. 72, e00932020, 2021. DOI: 10.1590/2175-7860202172051. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/k9T784JzQz5qNMLTRWrcWMn/>. Acesso em: 16 set. 2025.

DAVIS, C. C.; CHOISY, P. Medicinal plants meet modern biodiversity science. **Current Biology**, v. 34, n. 4, p. R158 R173, 2024. DOI: 10.1016/j.cub.2023.12.038. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982224000618>. Acesso em: 16 set. 2025.

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

EVERT, R. F. **Esau's Plant Anatomy**: meristems, cells, and tissues of the plant body – their structure, function, and development. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2006.

FREITAS, P. F. de. **Anatomia foliar, ontogenia e histoquímica das estruturas secretoras em órgãos vegetativos de *Bixa orellana* L. (Bixaceae)**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/317e8f5b-3e8f-4caf-9436-e1f1f590fc75>. Acesso em: 16 set. 2025.

GOMES, T. F. et al. Morpho-anatomical and metabolic changes in *Bixa orellana* L. (Bixaceae) exposed to atmospheric fluorine. **Environmental Science and Pollution Research**, 2025. DOI: 10.1007/s11356-025-36293-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-025-36293-8>. Acesso em: 16 set. 2025.

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

MIRANDA, R. M.; NERY, L. A.; VENTRELLA, M. C. Extrafloral nectaries of annatto (*Bixa orellana* L.): anatomy, nectar composition and activity during organ development. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 3, p. 468–476, 2017. DOI: 10.1590/0102-33062017abb0064. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/Q6kFfZtVkJdM8RWHxL5scGC/>. Acesso em: 4 set. 2025.

MOLINA-ROMANI, S.; BONILLA-RIVERA, P.; ALBUQUERQUE, R. D. D. A. A review of *Bixa orellana* L. (annatto) leaves as medicinal resource: use in the population, complementary medicine, phytotherapeutic action and quality parameters. **Natural Resources for Human Health**, v. 3, n. 2, p. 277–285, 2023. DOI: 10.53365/nrfhh/161027. Disponível em: <https://www.nrfhh.com/article/161027>. Acesso em: 4 set. 2025.

MONTEIRO, A. M. et al. A influência das condições edafoclimáticas para produção de urucum (*Bixa orellana*) no Cerrado sul-mato-grossense. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 28, n. 4, p. 548–554, nov. 2024. DOI: 10.17921/1415-6938.2024v28n4p548-554. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioseciencia/article/view/13397>. Acesso em: 16 ago. 2025.

OLIVEIRA, F. de; AKISUE, G. **Fundamentos de farmacobotânica e de morfologia vegetal**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

RAJU, S. K. et al. Review on phytochemical composition and pharmacological activities of *Bixa orellana* L. **Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences**, v. 10, n. 2, p. 57–67, 2022. DOI: 10.18231/j.jpbs.2022.012. Disponível em: <https://jpbs.in/article-details/18232>. Acesso em: 4 set. 2025.

REBOUÇAS, E. P. J.; SÃO JOSÉ, A. R.; DIAS, N. O. Características de produção e teor de bixina em genótipos de urucueiros (*Bixa orellana* L.) em função do método de propagação. **Revista Brasileira de Ciência Tecnologia e Inovação**, v. 10, n. 3, p. 1–10, set. 2022. DOI: 10.18554/rbcti.v6i2.5842. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/370031428_Vegetative_and_reproductive_development_of_Bixa_orellana_L_based_on_its_propagation. Acesso em: 4 set. 2025.

SILVA, G. M. da; CUNHA, M.; OLIVEIRA, M. A.; PINHEIRO, L. Anatomia e histoquímica das estruturas secretoras do caule de *Spondias dulcis* Forst. f. **Revista Fitos**, v. 13, n. 2, p. 195–206, 2019. DOI: 10.32712/2446-4775.2019.812. Disponível em: <https://doaj.org/article/81253c2b23344018a2ff47ad7ea49cf0>. Acesso em: 16 set. 2025.

SILVA, V. R. P. da et al. Annatto (*Bixa orellana*)-based nanostructures for biomedical applications — a systematic review. **Pharmaceutics**, v. 16, n. 10, p. 1275, 29 set. 2024. DOI: 10.3390/pharmaceutics16101275. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11510392/>. Acesso em: 4 set. 2025.

SPICER, R.; GROOVER, A. Evolution of development of vascular cambia and secondary growth. **New Phytologist**, v. 186, n. 3, p. 577–592, 2010. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03293.x. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2010.03293.x>. Acesso em: 4 set. 2025.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R.; PAULA, C. C. de. **Botânica**: organografia: quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos. 5. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2021. 113 p.