

ABORDAGEM QUIMIOSSISTEMÁTICA DAS FAMÍLIAS CANNABACEAE, MORACEAE E URTICACEAE: DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS

Jéssica da Silva Maciel^{1*}, Adriana Lima de Sousa², Carolina Chaves Ramos¹, Rodrigo Rodrigues de Oliveira¹

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, Lab. Ciências Químicas, ²Instituto Federal Fluminense campus Campos Centro; *Email para contato: jessicasmaciel@hotmail.com

INTRODUÇÃO

As famílias Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae estão circunscritas no clado das rosídeas urticalóides, e correspondem a cerca de 90% da diversidade da ordem Rosales. Há mais de um século a classificação dessas famílias possui discussões devido à notável complexidade e diversidade morfológica e estrutural de seus frutos, características anatômicas e também pela variação biogeográfica de suas espécies (Berg, 1989). Uma das características com grande valor sistemático compartilhada por Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae é a produção de laticíferos, que estão amplamente difundidos no corpo vegetal de seus representantes (Judd et al, 2009, Leme et al. 2020). Um exemplo muito emblemático das controvérsias que envolvem essas famílias é o posicionamento da tribo Cecropieae, que foi primeiramente circunscrita em Moraceae, em seguida, posicionada como uma família (Cecropiaceae) e atualmente está circunscrita como uma tribo de Urticaceae (Berg, 1978; Berg, 1989; Romaniuc-Neto, 1999; Treiber et al., 2016). Além disso, recentes análises de sequência de DNA apontaram que Moraceae forma um clado separado de Cannabaceae e Urticaceae, antes consideradas táxons irmãos. Desta forma, considerando as controvérsias que envolvem o clado Rosídeo Urticaloide e considerando que até o momento dados químicos não foram utilizados para a sua compreensão, este trabalho tem como principal objetivo avaliar as correlações químicas-evolutivas existentes entre as famílias Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae a partir de parâmetros quimiossistemáticos.

METODOLOGIA

A pesquisa dos dados químicos foi realizada inicialmente a partir de um extenso levantamento bibliográfico nas bases de dados *SciFinder* e *Science Direct* usando como palavras-chave o nome dos gêneros de Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae, seguindo a classificação filogenética de cada família. Posteriormente, a fim de determinar as tendências de bioprodução flavonoídica de cada no táxon, foi contabilizado o número de ocorrência (NO), que demonstra a frequência que determinado metabólito ocorre em uma dada espécie e gênero, além do número de tipos (NT) de estruturas químicas encontradas para os flavonoides. O produto do NO pelo NT resulta no Índice de Diversificação (ID), que expressa a frequência de distribuição de uma categoria biossintética em determinado táxon. A análise quimiossistemática foi conduzida conforme descrito pela metodologia de Gottlieb e colaboradores (1996). Esta abordagem se baseou no cálculo de parâmetros químicos para cada metabólito, como: avanço evolutivo oxidação (EA_O) e de especialização do esqueleto (EA_E); índices de proteção e desproteção: AE_G (O-glicosilação), AE_M (O-metilação), AE_{PT} (proteção O-total) e AE_{DT} (O-desproteção total).

Os índices de oxidação (O) e especialização do esqueleto (E) foram determinados com base nas seguintes equações:

$$O = (x - h) / n$$

$$E = (q + f + c + u) / n$$

Os avanços evolutivos de oxidação (AE_O) e de especialização (AE_E) foram obtidos pelas seguintes equações:

$$AE_O = \sum O / NO$$

$$AE_E = \sum E / NO$$

Os padrões de substituição das hidroxilas dos flavonoides também foram investigados por meio de índices de avanço evolutivo AE_G (O-glicosilação), AE_M (O-metilação), AE_P (O-prenilação), AE_{TP} (O-total de proteção) e AE_{TU} (O-total desproteção), conforme as equações:

$$EA_G = \sum G / NO$$

$$EA_M = \sum M / NO$$

$$EA_P = \sum P / NO$$

$$EA_{PT} = \sum_{PT} / NO$$

$$EA_{DT} = \sum_{DT} / NO$$

Em posse dos dados quimiossistemáticos de cada família, a etapa seguinte consistiu em uma análise estatística dessas informações. Para isso, por meio do software *STATISTICA®* (Stat-Soft versão 12) para Microsoft Windows®, uma Análise Estatística Multivariada foi realizada usando a Análise de Componentes Principais (PCA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos a partir do levantamento da literatura foram tabulados e organizados de acordo com a via de biossíntese de cada metabólito, para avaliar e quantificar a ocorrência desses metabólitos. Para Cannabaceae foram

analisadas 226 publicações no período de 1948 e 2023, 680 artigos publicados de 1907 a 2014 para Moraceae e 235 artigos publicados no período de 1954 a 2019.

A investigação dos metabólitos especiais oriundos da via mista revelou em relação à variabilidade estrutural que Moraceae é mais diversificada, pois apresenta 18 tipos esqueleticos de flavonoides, enquanto Cannabaceae apresentou 10 tipos e em Urticaceae foram observados 9 tipos, consequentemente Moraceae possui maior registro de metabólitos NO= 1827 e o mais alto índice de diversificação (ID=32886), seguida de Cannabaceae (NO=413 com ID= 4130) e Urticaceae (NO= 370 e ID=3330).

Os resultados obtidos indicaram que na família Cannabaceae os tipos flavonoidicos de maior ocorrência foram flavonóis (NO=119), flavonas (NO= 98), chalconas (NO= 48) e flavanonas (NO= 46). Já na família Moraceae destacaram-se as flavonas (NO=714), as chalconas (NO=206) e os flavonóis (NO=171), enquanto em Urticaceae, os flavonóis (NO=154) e as flavonas (NO= 130) foram predominantes.

Em Moraceae foram observados tipos esqueleticos mais especializados de flavonoides, como isoflavonas (NO=63), moracinas (NO=103), auronas (NO=14) e aductos de Diels-alder (NO= 92). Por outro lado, Cannabaceae e Urticaceae são dominadas por flavonoides com tipos esqueleticos regulares.

Com relação à proteção fenólica, as três famílias apresentaram em sua maioria hidroxilas flavonoidicas totalmente desprotegidas. Contudo, Moraceae quando protegida, mostrou estratégias de proteção mais especializadas como O-prenilação e O-metilação. Em contrapartida, a O-glicosilação foi predominante em Cannabaceae e Urticaceae, uma característica de proteção de flavonoides mais primitiva.

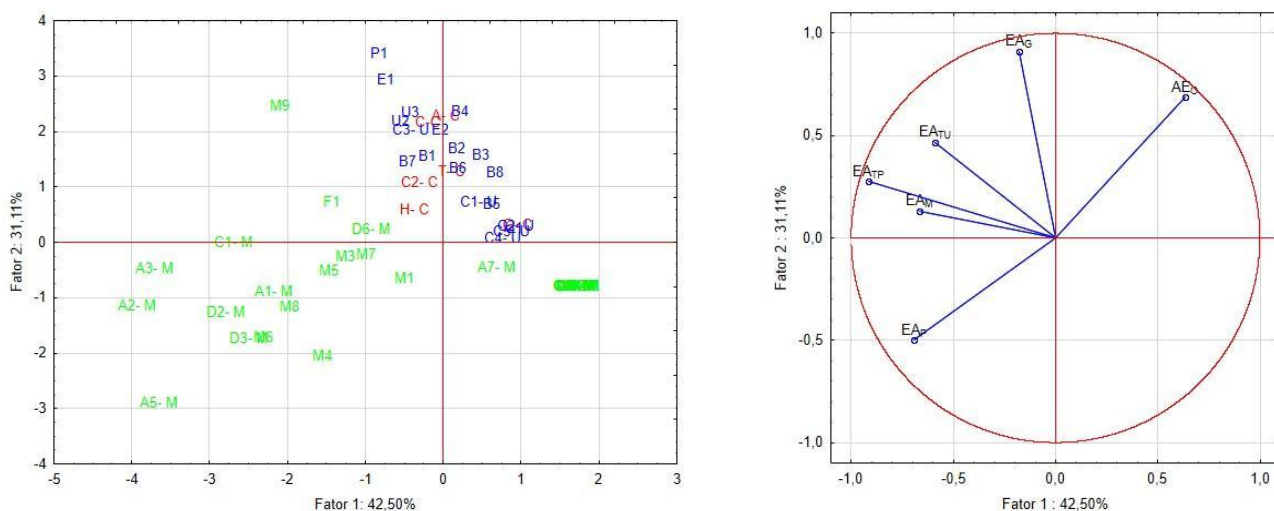


Figura 1. Gráfico de dispersão da análise estatística multivariada (PCA) de parâmetros quimiosistemáticos de flavonoides e gráfico de projeção das variáveis no plano fatorial.

O estudo da variabilidade estrutural dos flavonoides presentes nas famílias Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae usando a Análise de Componentes Principais (PCA) mostrou uma clara separação dos táxons em três grupos. O primeiro grupo é formado pelos gêneros Moraceae (representados pela cor verde), o segundo pelos gêneros de Cannabaceae (cor vermelha) e o terceiro grupo pelos gêneros de Urticaceae (cor azul). É possível verificar na Figura 1 que a separação de Moraceae em relação a Cannabaceae e a Urticaceae ocorreu devido às variáveis mais relevantes no fator 2, o Avanço Evolutivo de Proteção Total (AE_{PT}) e o Avanço Evolutivo de Prenilação (AE_P), tipo de proteção característica dos flavonoides de Moraceae. A separação de Moraceae de Cannabaceae e Urticaceae também se deve ao parâmetro de O-glicosilação bem discreto em Moraceae diferente das demais famílias do Clado Rosídeas Urticaloides.

Nota-se também que, Cannabaceae e Urticaceae se sobrepõem em razão da variável do Avanço Evolutivo de Proteção Total (AE_{PT}) do fator 2, além disso, ambas as famílias possuem gêneros com hidroxilas flavonoidicas protegidas pelos mecanismos de O-glicosilação e O-metilação. Contudo, é possível notar que, apesar das semelhanças, há um sutil distanciamento entre alguns gêneros dessas famílias em função dos valores do Avanço Evolutivo de Metilação (AE_M), apresentados pelos flavonoides de Cannabaceae.

CONCLUSÕES

A análise do perfil dos flavonoides de Cannabaceae, Moraceae e Urticaceae revelou semelhanças e diferenças interessantes entre essas famílias. A análise quimiosistemática evidencia a proximidade entre Cannabaceae e Urticaceae, devido a presença de flavonoides com esqueletos regulares e padrões similares de proteção de hidroxilas. No entanto, mesmo compartilhando algumas características, essas famílias distinguem-se quanto à O-glicosilação e O-metilação. Dentre as famílias analisadas, Moraceae se destacou ao apresentar tipos esqueleticos mais especializados, nos quais são observadas O-prenilação em seus flavonoides, que são ausentes em Cannabaceae e Urticaceae. Essa peculiaridade confere à Moraceae uma distinção única em relação às demais famílias. Essas descobertas nos permitem compreender que existem variações importantes tanto no tipo estrutural quanto no padrão de oxidação dos flavonoides analisados, apontando para uma diversidade metabólica entre essas famílias.

Fomento

Capes.

Palavras-chave: Cannabaceae, Flavonoides, Quimiossistemática.

Referências

Angiosperm phylogeny group et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016

Angiosperm phylogeny group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2003.

Angiosperm phylogeny group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.

Berg, C. C. Cecropiaceae a New Family of the Urticales. **Taxon** 27: 39-44. 1978.

Berg, C. C. Systematics and phylogeny of the Urticales. **Evolution, Systematics and Fossil History of the Hamamelidae**. Volume 2: 'Higher' Hamamelidae., v. 40, p. 193-220, 1989.

Clement W. L., Weiblen G. D. Morphological evolution in the mulberry family (Moraceae) . **Systematic Botany**. 34 (3): 530–552. 2009.

Dätwyler, S. L.; Weiblen, G. D. On the origin the fig: Phylogenetic relationships of Moraceae from NDHF sequences. **American Journal of Botany**, v. 91, n.5, p. 767-777, 2004.

Gottlieb, O. R.; Kaplan, M. A. C.; Borin, M. R. M. B. Biodiversidade: um enfoque químico-biológico. **Editores da UFRJ**, 1996.

Judd, W. S. Sistemática Vegetal. Porto Alegre: Artmed. p. 391-392. 2009.

Leme, F. M. et al. Comparative floral development reveals novel aspects of structure and diversity of flowers in Cannabaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 193, n. 1, p. 64-83, 2020.

Romaniuc Neto, S. Taxonomie et biogéographie des genres sorocea a. St.-hil., clarisia ruiz & pavon et trophis p. Browne (moraceae-urticales): mise en évidence de centres d'endémisme et de zones à protéger au Brésil. Tese de Doutorado. Paris, **Muséum national d'histoire naturelle**. 1999.

Treiber, R. E. L., Gaglioti, A. L. Romaniuc-Neto, S., Madriñán, S. & Weiblen, G. D. Phylogeny of the Cecropieae (Urticaceae) and the Evolution of na Ant- Plant Mutualism. **Systematic Botany** 41: 56-66. 2016.

Yang, M. Q., van Velzen, R. v., Bakker, F. T., Sattarian, A., Li, D. Z., & Yi, T. S. Molecular Phylogenetics and character evolution of Cannabaceae. **Taxon**, 62(3), 473–485. 2013.

Zaib-Un-nisa, Khan, Z. U. D., Ajaib, M., Ullah, S., Muhammad, S., & Siddiqui, M. F. Taxonomic reaffirmation of some members of family cannabaceae, moraceae, rhamnaceae, rosaceae and urticaceae of order rosales using dna barcoding markers. **Pakistan Journal of Botany**, 54(1), 1–11. 2022.