

REDE DE INTERAÇÕES MACROECOLÓGICA DE DROSOFILÍDEOS FLORÍCOLAS E SUAS PLANTAS HOSPEDEIRAS

ISABEL GOMES VIEIRA¹; THAIS BASTO ZANATA²; PIETRO KIYOSHI MARUYAMA³; FLORENCIA SOTERA⁴; SANTIAGO BENITEZ-VIEYRA⁴; JULIANA CORDEIRO¹

¹ Universidade Federal de Pelotas – belgovieira@gmail.com

² Universidade Federal do Mato Grosso

³ Universidade Federal de Minas Gerais

⁴ Universidad Nacional de Córdoba

1. INTRODUÇÃO

Drosophilidae é uma família diversa de moscas que se alimentam de recursos em diferentes estágios de decomposição (frutos, folhas, flores, fungos, etc), sendo também atraídas por leveduras associadas a esses substratos que fornecem proteínas e micronutrientes (ASHBURNER; CARSON; THOMPSON, 1983). Existem em torno de 140 espécies de drosofilídeos que utilizam recurso floral em todos os estágios do ciclo de vida (CORDEIRO et al., 2020). No Neotrópico, as espécies do grupo *flavopilosa* são as que apresentam mais estudos. Todas as espécies desse grupo possuem adaptações para o uso de flores do gênero *Cestrum* (Solanaceae) como sítio de alimentação, oviposição e desenvolvimento larval (BRNCIC, 1983). Existem ainda dois outros grupos de espécies que possuem o mesmo comportamento de dependência de flores amplamente distribuídos no Neotrópico. Essas espécies pertencem aos grupos *bromeliae* e *lutzii* (BRNCIC, 1983; SCHMITZ; VALENTE, 2019). Diferentemente das espécies do grupo *flavopilosa*, as espécies desses dois grupos utilizam flores de várias famílias botânicas, apresentando um comportamento mais generalista que as espécies do grupo *flavopilosa* (SCHMITZ; VALENTE, 2019). Dessa forma, as espécies de *Drosophila* que utilizam flores como sítio de desenvolvimento larval podem ser consideradas generalistas ou especialistas quanto ao número de diferentes sítios de oviposição e desenvolvimento larval potencialmente escolhidos (CORDEIRO et al., 2020). Nestas espécies, a especialização ao uso de flores é resultado de adaptações morfológicas, comportamentais e fisiológicas que levam ao reconhecimento da sinalização química e capacidade de detoxificação dos metabólitos vegetais (MARKOW; O'GRADY, 2008; GRIMALDI, 2016).

As métricas de redes de interações ecológicas são medidas que descrevem a estrutura e a função de redes formadas pelas interações entre diferentes espécies em um ecossistema (LEWINSOHN et al., 2006; DORMANN & STRAUSS, 2014). A percepção da especialização ecológica varia conforme a escala espacial, devido à heterogeneidade ambiental e condições bióticas ou abióticas ao longo de gradientes biogeográficos (STEPHENS et al., 2025). Utilizando dados qualitativos de distribuição Neotropical, CORDEIRO et al. (2020) identificaram que a rede Neotropical de interações drosófila-plantas apresentam as mesmas características de modularidade e especialização quando comparados com a rede quantitativa de dados coletados em uma comunidade local.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi descrever a estrutura e métricas da rede de interações drosófila-plantas a partir de dados quantitativos obtidos de

coletas realizadas em diferentes localidades geográficas. A hipótese aqui considerada é de que a estrutura da rede de interações quantitativa drosófila-planta deve seguir o padrão obtido para a rede qualitativa por CORDEIRO et al. (2020).

2. METODOLOGIA

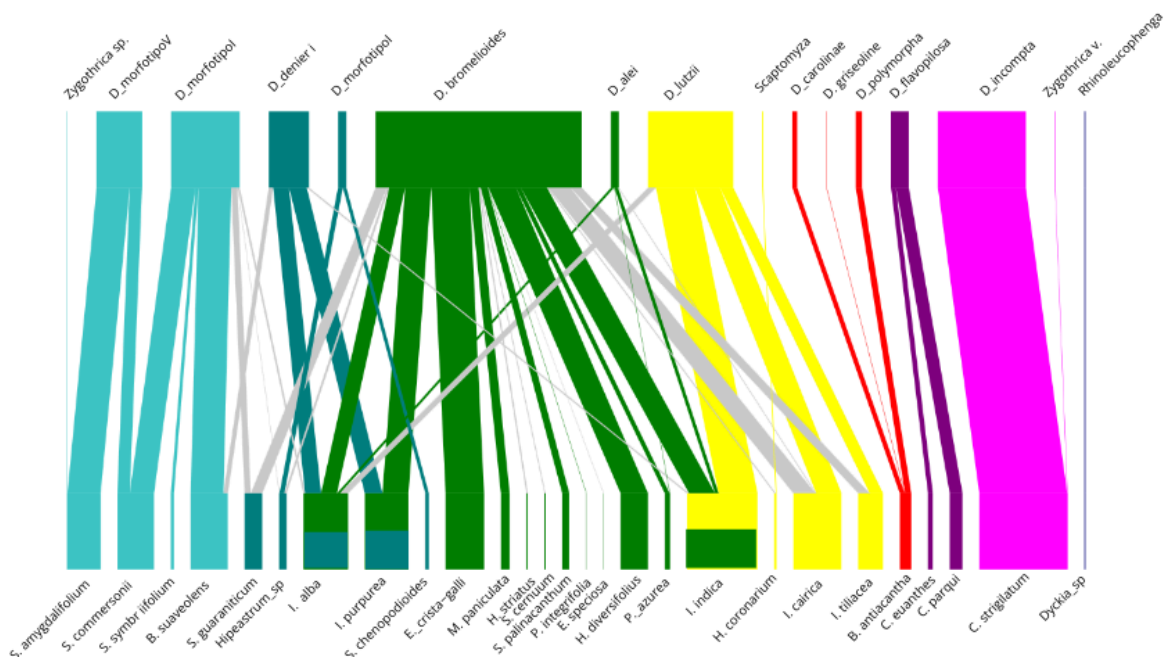
Os dados aqui utilizados foram obtidos do artigo de CORDEIRO et al. (2020) e obtidos por meio de novas coletas realizadas em oito localidades (Brasil: Pelotas e São Lourenço, RS; Belo Horizonte, MG; Coxipó do Ouro e Várzea Grande, MT; Argentina: Córdoba e Los Manantiales, Córdoba). As coletas foram realizadas seguindo o mesmo protocolo de CORDEIRO et al. (2020). A interação drosófila-planta considerada neste trabalho (*link* de rede; EKLÖF et al., 2013) foi a oviposição com emergência da espécie de *Drosophila* nas flores da espécie de planta (CORDEIRO et al., 2020).

As seguintes métricas descritivas da rede de interações foram calculadas: riqueza de espécies de drosofilídeos; riqueza de espécies de plantas, e número de *links* e interações totais. Como índices de topologia de redes, foram calculados: conectância (C), especialização da rede (H_2'), aninhamento (wNODF) e modularidade (Q) (GUIMERA & AMARAL, 2005; ALMEIDA-NETO & ULRICH, 2011; BLÜTHGEN et al., 2007, JORDANO, 2016). A significância estatística de H_2' , wNODF e Q foi avaliada mediante comparação com intervalos de confiança de 95% de dois modelos nulos, o *vaznull*, que mantém a conectância geral da matriz observada, e o *r2dtable* que preserva as marginais totais (somadas de linhas e colunas) (DORMANN et al., 2008). Adicionalmente, quantificou-se a especialização ecológica das espécies de drosofilídeos por meio do índice d' , que mensura o desvio da distribuição observada de interações em relação a uma distribuição generalista esperada (BLÜTHGEN, MENZELI & BLÜTHGEN, 2006). Todas as análises foram realizadas no ambiente R (versão 4.4.3), utilizando o pacote *bipartite* (DORMANN et al., 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a rede de interações drosófila-planta estudada neste trabalho. Os nós (extremidades de cima e de baixo) correspondem às espécies (drosófilas e plantas, respectivamente) e os *links* (as ligações dos nós) representam interações entre elas (EKLÖF et al., 2013). A largura do *link* representa a frequência de interação. A análise de redes ecológicas revela que drosofilídeos e plantas hospedeiras apresentam uma estrutura altamente modular, com baixa conectância e um padrão de interações especializadas. Essa modularidade indica a formação de subgrupos de espécies que interagem mais entre si do que com outras espécies da rede. Os índices de especialização ecológica (d') entre as espécies de drosofilídeos florícolas variaram de 0,2 a 1, demonstrando que diferentes espécies apresentam um comportamento especialista, enquanto outras espécies florícolas são mais generalistas com a escolha do seu recurso floral. Essa variação sugere a existência de distintas estratégias ecológicas decorrentes da partição dos recursos florais. A alta especialização ecológica desse sistema biológico é corroborada por CORDEIRO et al. (2020).

Figura 1: Rede de interações drosófila-planta. Cores diferentes representam módulos de interações distintos, enquanto o cinza destaca *links* entre módulos.



4. CONCLUSÕES

As redes de interações drosófila-planta apresentam padrão modular e valores de métricas típicos de interações especializadas (CORDEIRO et al., 2020; VIEIRA, 2024). Os diferentes graus de especialização ecológica das espécies florícolas sugerem que essa adaptação seja moldada por fatores fisiológicos, evolutivos e biogeográficos (CORDEIRO et al., 2020; DRUM et al., 2022; ANTONIOLLI et al., 2024). A próxima etapa do projeto será compreender a dissimilaridade das interações entre drosophilídeos florícolas e plantas hospedeiras das comunidades drosófila-planta presentes nesta rede macroecológica que abrange o Pampa e o Cerrado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-NETO, M., & ULRICH, W. A straightforward computational approach for measuring nestedness using quantitative matrices. **Environmental Modelling & Software**, 26, 173–178. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.08.003>

ANTONIOLLI, H. R. M. et al. Systematics and spatio-temporal evolutionary patterns of the *flavopilosa* group of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). **Zootaxa**, v. 5399, n. 1, p. 1–18, 2024.

ASHBURNER, M.; CARSON, H. L.; THOMPSON, J. N. The genetics and biology of *Drosophila*. Volume 3d. **The genetics and biology of Drosophila. Volume 3d.**, 1983. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19850524058>. Acesso em: 11 jul. 2024.

BLÜTHGEN, N., MENZEL, F., & BLÜTHGEN, N. Measuring specialization in species interaction networks. **BMC Ecology**, 6, 9. 2006.

<https://doi.org/10.1186/1472-6785-6-9>.

BLÜTHGEN, N., MENZEL, F., HOVESTADT, T., FIALA, B., & BLÜTHGEN, N. Specialization, constraints, and conflicting interests in mutualistic networks. *Current Biology*, 17, 341–346. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.12.039>.

BRNCIC, D. Ecology of flower-breeding *Drosophila*. In: ASHBURNER, M. CARSON, H.L.; THOMPSON JR, J.N. (Eds) **The Genetics and Biology of *Drosophila***. Vol 3d. Academic Press Inc, London, 333–382. 1983.

CORDEIRO, J. et al. High niche partitioning promotes highly specialized, modular and non-nested florivore–plant networks across spatial scales and reveals drivers of specialization. *Oikos*, v. 129, n. 5, p. 619–629, 2020.

DORMANN, C. F., GRUBER, B., & FRÜND, J. Introducing the bipartite package: Analysing ecological networks. *R News*, 8, 8–11. 2008.

DORMANN, C. F. & STRAUSS, R. A method for detecting modules in quantitative bipartite networks. *Methods Ecol. Evol.* 5, 90–98. 2014.

DRUM, Z. et al. Genomics analysis of *Drosophila sechellia* response to *Morinda citrifolia* fruit diet. **G3 Genes|Genomes|Genetics**, v. 12, n. 10, p.153, 2022.
EKLÖF, A. et al. The dimensionality of ecological networks. *Ecology Letters*, v. 16, n. 5, p. 577–583, 2013.

GUIMERA, R., & AMARAL, L. A. N. Cartography of complex networks: Modules and universal roles. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, 2005, P02001, <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2005/02/P02001>.

GRIMALDI, D. A. Revision of the *Drosophila bromeliae* Species Group (Diptera: Drosophilidae): Central American, Caribbean, and Andean Species. **American Museum Novitates**, v. 3859, n. 3859, p. 1–55, 2016.

JORDANO, P. Sampling networks of ecological interactions. **Functional Ecology**, v. 30, n. 12, p. 1883–1893, 2016.

LEWINSOHN, T. M., INÁCIO PRADO, P., JORDANO, P., BASCOMPTE, J. & M. OLESEN, J. Structure in plant-animal interaction assemblages. *Oikos* 113, 174–184. 2006.

MARKOW, T. A.; O'GRADY, P. Reproductive ecology of *Drosophila*. **Functional Ecology**, v. 22, n. 5, p. 747–759, 2008.

STEPHENS, P. R. et al. Global Diversity Patterns are Explained by Diversification Rates and Dispersal at Ancient, Not Shallow, Timescales. **Systematic Biology**, p. 18, 2025.

VIEIRA, Isabel Gomes. 2024. **Estrutura de redes de interações inseto-flor**. Trabalho de Conclusão de Curso - Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, defesa em 03 de Outubro de 2024.

SCHMITZ, H. J.; VALENTE, V. L. D. S. The flower flies and the unknown diversity of Drosophilidae (Diptera): a biodiversity inventory in the Brazilian fauna. **Papéis Avulsos de Zoologia**. v. 59, p. 45, 2019.