



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**USO DE RECURSOS TRÓFICOS POR *DROSOPHILA NASUTA* (LAMB, 1914) NA
FLORESTA ATLÂNTICA DE PERNAMBUCO**

LUDMILA DUDA VICENTE FERREIRA

RECIFE-PE

2022

LUDMILA DUDA VICENTE FERREIRA

USO DE RECURSOS TRÓFICOS POR *DROSOPHILA NASUTA* (LAMB, 1914) NA
FLORESTA ATLÂNTICA DE PERNAMBUCO

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof^o Dr^o Martín Alejandro Montes.

RECIFE-PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F383u Ferreira, Ludmila Duda Vicente
Uso de recursos tróficos por *Drosophila nasuta* (Lamb, 1914) na Floresta Atlântica de Pernambuco /
Ludmila Duda Vicente Ferreira. - 2022.
39 f. : il.
- Orientador: Martin Alejandro Montes.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2022.
1. Drosophilidae. 2. invasões biológicas. 3. recursos tróficos. I. Montes, Martin Alejandro, orient. II. Título

CDD 574

LUDMILA DUDA VICENTE FERREIRA

**USO DE RECURSOS TRÓFICOS POR *DROSOPHILA NASUTA* (LAMB, 1914) NA
FLORESTA ATLÂNTICA DE PERNAMBUCO**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas/UFRPE como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof^o Dr^o Martín Alejandro Montes.

Comissão avaliadora:

Orientador: Prof^o Dr^o Martin Alejandro Montes – UFRPE

Titular: Prof^a Dr^a Ana Cristina Lauer Garcia – UFPE

Titular: Ma. Tereza Cristina dos Santos Leal Martins – UFRPE

Suplente: Dr^a Iêda Ferreira de Oliveira – UFRPE

RECIFE-PE

2022

DEDICATÓRIA

“Difícil? Não, fácil!”

– **José Américo Canuto**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Maria Duda, que me apoiou incondicionalmente na minha jornada de bióloga e que nunca deixou faltar nada para que esse sonho pudesse ser realizado.

Aos meus amigos de longa data, que são muitos, mas que são representados por Ana Beatriz, Elizângela, Samahra e Ana Vitória, por me alegrarem com sua amizade e por servirem de porto seguro quando eu mais precisava.

Também agradeço aos amigos mais recentes, Bruna, Letícia, Laura e Rafaela, por todas as aventuras e perrengues que passamos juntas desde o primeiro dia de graduação até o último. Vocês foram uma das melhores coisas que me ocorreram durante a graduação.

Aos meus maiores mestres, Clóves, Ivson, Américo e Ladjane, por terem visto um potencial que nem mesmo eu enxergara. Vocês são minha maior inspiração para continuar nessa jornada.

Ao meu orientador, Martín Alejandro Montes, pela oportunidade e por todos os elogios, críticas, e tudo que estiver no meio disso, que me tornaram o profissional que sou hoje.

Aos meus amigos do Grupo de Pesquisa em Ecologia, Genética e Evolução, por todas as risadas e ajuda nos momentos que mais precisei. Vocês foram a melhor equipe que eu poderia sonhar em trabalhar.

A toda a comunidade da Universidade Federal Rural de Pernambuco, que desde o primeiro dia fez jus ao título de “ruralinda” e ao PIBIC/CNPq/UFRPE pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Para mim, expressar a minha gratidão em palavras não é suficiente, mas espero que todos se sintam reconhecidos, muito obrigada!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Biologia e ecologia da família Drosophilidae	13
2.2	Invasões biológicas e a família Drosophilidae	14
2.3	Fundamentos de nicho trófico	17
3	OBJETIVOS	19
3.1	Geral	19
3.2	Específico	19
4	MATERIAIS E MÉTODOS	20
5	RESULTADOS	24
6	DISCUSSÃO	29
7	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Vista lateral de um macho (à esquerda) e uma fêmea (direita) da espécie *Drosophila malerkotliana*..... 15
- Figura 2** – Vista lateral de um macho (à esquerda) e uma fêmea (direita) da espécie *Zaprionus indianus*..... 16
- Figura 3** – Vista lateral de um macho (à esquerda) e uma fêmea (direita) da espécie *Drosophila nasuta*..... 17
- Figura 4** – Frutos de espécies exóticas (*) e nativas coletadas no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco..... 20
- Figura 5** – Frascos com vermiculita expandida, contendo amostras de frutos coletados na Floresta Atlântica..... 21
- Figura 6** – Frequência relativa dos drosofilídeos mais abundantes eclodidos de frutos coletados na Floresta Atlântica de Pernambuco..... 25

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Drosofilídeos neotropicais e exóticos (*) emergidos de frutos (+) nativos e exóticos coletados no domínio da Floresta Atlântica em Pernambuco..... 24
- Tabela 2** – Tempo de eclosão dos drosofilídeos exóticos (*) e nativos de frutos coletados na Floresta Atlântica de Pernambuco..... 26
- Tabela 3** – Amplitude do nicho trófico (H') de drosofilídeos exóticos (*) e nativos no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco..... 27
- Tabela 4** – Sobreposição do nicho trófico entre espécies exóticas (*) e nativas de drosofilídeos eclodidas de frutos coletados na Floresta Atlântica de Pernambuco..... 27
- Tabela 5** – Preferência trófica de drosofilídeos no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco..... 28

RESUMO

A família Drosophilidae, representada pelas moscas do vinagre, é caracterizada por insetos de papel fundamental na cadeia saprofítica, sobretudo em frutos. Nas últimas décadas vem crescendo o número de espécies invasoras desta família no Brasil, sendo *Drosophila nasuta* um dos mais recentes casos de invasão bem-sucedida. Apesar de haver pesquisas sobre sua abundância e distribuição nos diversos biomas brasileiros, ainda não se conhecem os aspectos de sua ecologia trófica e nem sua capacidade competitiva no desenvolvimento larval. O presente trabalho avaliou o uso de recursos tróficos por *D. nasuta* para desenvolvimento larval no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco. Foram investigados frutos nativos de cajá, oiti, acerola, pitanga, pitomba, e exóticos de manga, amêndoa, amora, jaca, jambo, dendê, sapoti, goiaba e trapiá. Os frutos foram coletados no chão, distribuídos em frascos e vedados até a eclosão dos drosofilídeos adultos. Os drosofilídeos foram identificados e suas abundâncias foram registradas, bem como a taxa de eclosão das larvas por fruto. Foram calculados os índices de Shannon-Wiener para se atestar a amplitude trófica, o de Pianka para a sobreposição de nicho alimentar e equitabilidade de Pielou para se atestar a preferência de *D. nasuta* pelos frutos amostrados. Foram identificados 2.874 drosofilídeos, sendo 97,32% pertencentes a espécies exóticas. *Drosophila nasuta* foi a sétima espécie mais abundante, eclodindo em quatro frutos nativos e um exótico, além de estar mais presente no jambo. A amplitude do nicho de *D. nasuta* foi $H' = 1,20$. A espécie *D. nasuta* apresentou alta sobreposição de nicho com as exóticas *D. ananassae*, *D. kikkawai* e *D. malerkotliana*. *Drosophila nasuta* apresentou a maior uniformidade no uso de recursos entre as exóticas. Ela apresentou caráter generalista, eclodindo, principalmente, de frutos nativos e em menor tempo que as espécies de drosofilídeos nativos. Com esses dados, percebe-se que a preferência de *D. nasuta* por frutos nativos pode indicar um perigo as comunidades de drosofilídeos neotropicais de Floresta Atlântica. Dito isto, as informações obtidas neste estudo são fundamentais para entender parte da dinâmica da invasão e sucesso desta espécie na Floresta Atlântica.

Palavras-chave: Drosophilidae, invasões biológicas, recursos tróficos.

ABSTRACT

The family Drosophilidae, represented by vinegar flies, is characterized by insects that play a fundamental role in the saprophytic chain, especially in fruits. In recent decades the number of invasive species of this family has been increasing in Brazil, with *Drosophila nasuta* being one of the most recent cases of successful invasion. Although there is research on its abundance and distribution in the various Brazilian biomes, aspects of its trophic ecology and competitive ability in larval development are not yet known. The present study evaluated the use of trophic resources by *D. nasuta* for larval development in the Atlantic Forest, domain of Pernambuco. Native fruits of cajá, oiti, acerola, pitanga, pitomba, and exotic fruits of mango, almond, blackberry, jackfruit, jambo, dendê, sapoti, guava, and trapiá were investigated. The fruits were collected on the ground, distributed in jars and sealed until the adult drosophilids hatched. The drosophilids were identified and their abundance was recorded, as well as the hatching rate of larvae per fruit. Shannon-Wiener indices were calculated to attest to trophic amplitude, Pianka's index for niche overlap and Pielou's equitability to attest to the preference of *D. nasuta* for the sampled fruits. A total of 2,874 drosophilids were identified, with 97.32% belonging to exotic species. *Drosophila nasuta* was the seventh most abundant species, hatching in four native and one exotic fruit, and also being most present in jambo. The niche amplitude of *D. nasuta* was $H' = 1.20$. *D. nasuta* showed high niche overlap with the exotic species *D. ananassae*, *D. kikkawai* and *D. malerkotliana*. *Drosophila nasuta* showed the greatest uniformity in resource use among the exotics. It showed a generalist character, hatching mainly from native fruits and in a shorter time than the native drosophilid species. With these data, it can be seen that the preference of *D. nasuta* for native fruits may indicate a danger to Neotropical drosophilid communities in the Atlantic Forest. That said, the information obtained in this study is fundamental to understand part of the dynamics of the invasion and success of this species in the Atlantic Forest.

Keywords: Drosophilidae, biological invasions, trophic resources.

1 INTRODUÇÃO

Os drosofilídeos, também chamados de moscas-do-vinagre, são caracterizados por sua ampla distribuição geográfica. Essa distribuição é resultado de várias características compartilhadas com outros insetos como o ciclo de vida curto, reprodução rápida e prole numerosa, que justificam seu sucesso adaptativo em diferentes ambientes (ROCHA *et al.*, 2013). Ecologicamente, os drosofilídeos desempenham um papel importante na cadeia saprofítica ao se alimentarem de leveduras e microrganismos presentes em frutos em decomposição, que também servem de locais para deposição de ovos e alimentação das larvas (PAVAN, 1959; WHEELER, 1993; MARKOW; O'GRADY, 2008; SCHMITZ *et al.*, 2010). No Brasil há 319 espécies de drosofilídeos, distribuídas em 16 gêneros, sendo 14 espécies consideradas exóticas (YUZUKI; TIDON, 2020; CAVALCANTI *et al.*, 2021, TIDON *et al.*, 2022).

Espécies exóticas são aquelas que se encontram fora de sua área de distribuição natural (ZALBA, 2006), onde podem ameaçar as espécies nativas, tornando-se invasoras (ELTON, 1958). A ameaça pode estar relacionada a alterações no habitat, competição por recursos ou predação (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Espécies invasoras também podem causar impactos econômicos ao se tornarem pragas agrícolas (SIMBERLOFF *et al.*, 2013). Entre os drosofilídeos invasores que são pragas no Brasil destacam-se *Drosophila suzukii* e *Zaprionus indianus* que, respectivamente, impactam as plantações de morango e figo nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (STEIN *et al.*, 2003, SANTOS, 2014).

A mosca *D. nasuta* é um dos casos mais recentes de drosofilídeo exótico registrado em território brasileiro (VILELA; GOÑI, 2015). A espécie, nativa do Sudeste Asiático e de maior abundância em período chuvoso em áreas onde ela é nativa (SRINATH; SHIVANNA, 2014) e exótica (SILVA *et al.*, 2020), apresenta potencial invasor em diversos biomas, como o Cerrado (DEUS; ROQUE, 2016), Caatinga (MONTES *et al.*, 2021) e Floresta Atlântica (SILVA *et al.*, 2020). Para se entender seu sucesso invasor é necessário compreender o conjunto de condições ambientais que permitem a sua tolerância no meio, ou seja, seu nicho ecológico (RICKLEFS, 2010). Apesar de haver trabalhos sobre a abundância e

distribuição de *D. nasuta* nos diferentes biomas brasileiros, a ausência de dados sobre seu nicho trófico não permite afirmar o seu potencial competitivo com outros drosofilídeos. Visto que casos anteriores de invasão biológica atestam o potencial invasivo dos drosofilídeos, há uma necessidade de se monitorar a invasão biológica por *D. nasuta* e o seu uso dos recursos tróficos.

O presente estudo investigou a utilização de recursos tróficos por *D. nasuta* para o desenvolvimento larval e sua preferência entre os frutos do domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Biologia e ecologia da família Drosophilidae

Considerada uma das maiores famílias da ordem Diptera, a família Drosophilidae possui aproximadamente 4.647 espécies distribuídas em 2 subfamílias: Steganinae e Drosophilinae (BÄCHLI, 2022). A subfamília Drosophilinae supera Steganinae em diversidade, possuindo um pouco mais que o dobro de gêneros (BÄCHLI, 2022).

Popularmente chamadas de moscas do vinagre, os drosofilídeos apresentam muitas espécies com ampla distribuição geográfica (BÄCHLI, 2022). Morfologicamente, essas moscas podem ser identificadas pela coloração, que varia do amarelo ao preto, e pelo tamanho, que varia de um a oito milímetros de comprimento (PERVEEN, 2018). Algumas de suas características, como o ciclo de vida curto, prole numerosa e rápida resposta a mudanças ambientais foi o que permitiu com que esta fosse bem-sucedida aos mais diferentes ambientes (POWELL, 1997, ROCHA *et al.*, 2013). Muitas das espécies também são crípticas, ou seja, pouco distintas morfologicamente entre si, fazendo com que sua identificação se torne dificultosa (BICKFORD *et al.*, 2007). Entre os 73 gêneros englobados por Drosophilidae temos *Drosophila* que é o grupo mais especioso, incluindo aproximadamente 1.675 espécies (BÄCHLI, 2022).

No Brasil, as primeiras pesquisas de caráter taxonômico com os drosofilídeos neotropicais iniciaram em meados da década de 1940 (DOBZHANSKY; PAVAN, 1943, PAVAN; CUNHA, 1947, FREIRE MAIA; PAVAN, 1949), sendo continuadas por pesquisas nos aspectos genéticos,

ecológicos e evolutivos (DOBZHANSKY; PAVAN, 1950, PAVAN, 1959, BIZZO *et al.*, 1982, DE TONI, 2002, DE MELO, 2018). Atualmente já foram descritas mais de 300 espécies da família nos diversos biomas brasileiros como as Florestas Atlântica (DÖGE *et al.*, 2008), Amazônica (SANTA-BRÍGIDA *et al.*, 2016), Pantanal (DO VAL; MARQUES, 1996), Caatinga (SILVA, 2010), Cerrado (DA MATA, 2007) e Pampas (POPPE *et al.*, 2016).

Na ecologia trófica, a família utiliza vários substratos em decomposição para alimentação como frutos carnosos, flores, folhas, cladódios de cactos e fungos (CARSON, 1971, KIMURA *et al.*, 1977). Porém são nas leveduras que, ao liberarem compostos voláteis gerados na decomposição dos substratos, acabam por atrair os indivíduos adultos para alimentação, reprodução e deposição dos ovos (MARKOW; O'GRADY, 2008). Em relação ao ciclo de vida, estima-se que um drosofilídeo leve de uma a duas semanas para chegar a fase adulta e que uma fêmea adulta deposite 100 ovos por dia (VIJAYAN *et al.*, 2021). Os hábitos alimentares também são variados, havendo tanto espécies generalistas, como aquelas frugívoras do subgrupo *willistoni* que depositam ovos em frutos diversos (VALENTE; ARAÚJO, 1986), quanto especialistas, como as do grupo *repleta* que ovipositam em cladódios de cactos (FANARA *et al.*, 1999).

Devido ao generalismo trófico, algumas espécies exóticas desta família foram apontadas pelo seu potencial invasor em vários locais no mundo (CASTREZANA *et al.*, 2010, YUZUKI; TIDON, 2020, CAVALCANTI *et al.*, 2021).

2.2 Invasões biológicas e a família Drosophilidae

Segundo Charles Elton, as invasões biológicas são uma das maiores catástrofes na história da fauna e flora do mundo. Elas são consideradas a segunda maior causa associada à extinção de espécies, perdendo apenas para a destruição de habitats (EVERETT, 2000, ELTON, 2020). O fenômeno é baseado na introdução (intencional ou não) de espécies em locais onde estas não ocorrem naturalmente, caracterizando-as como exóticas (SANTOS; CALAFATE, 2018).

Apesar do seu potencial, nem toda espécie exótica será invasora, pois isso dependerá das características fisiológicas e ecológicas dos indivíduos para aclimatarem-se ao novo ambiente (ESPÍNOLA; JÚNIOR, 2007). O sucesso da

introdução dependerá, principalmente, da plasticidade fenotípica da espécie para superar os filtros ambientais, que podem ser abióticos (como clima e disponibilidade de água), ou bióticos (como competição com espécies nativas e predação) (KEDDY, 1992, SOL *et al.*, 2005). Após a aclimação, uma vez que a espécie se disperse, reproduza e cause impactos ambientais, será invasora (DAVIS; THOMPSON, 2000, VITULE; PRODOCIMO, 2012).

Nas últimas décadas vem crescendo o número de invasões biológicas no mundo, sendo a maioria ocasionada por insetos (AUKEMA *et al.*, 2010). Em relação a família Drosophilidae, evidencia-se a espécie asiática *Drosophila malerkotliana* (Figura 1) que, além de estar bem difundida na Ásia, também invadiu o continente Africano e as Américas (VAL; SENE, 1980, DAVID; TSACAS, 1981, CASTREZANA *et al.*, 2010). Outras invasoras, como a asiática *Drosophila suzukii* e a africana *Zaprionus indianus* (Figura 2), também são pragas agrícolas, pois infestam plantações na Europa e Américas (MILANEZ; CHIARADIA, 2022, DER LINDE *et al.*, 2006, DOS SANTOS, 2014, LASA; TADEO, 2015, ASPLEN *et al.*, 2015).

Figura 1 – Vista lateral de um macho (à esquerda) e uma fêmea (direita) da espécie *Drosophila malerkotliana*.



Fonte: Da autora.

Figura 2 – Vista lateral de um macho (à esquerda) e uma fêmea (direita) da espécie *Zaprionus indianus*.



Fonte: Da autora.

Nos últimos 50 anos, o Brasil registrou as invasões de *D. malerkotliana*, *Z. indianus*, *D. sukuzii*, *D. nasuta* e *Z. tuberculatus* (VAL; SENE, 1980, VILELA, 1999, DEPRÁ *et al.*, 2014; VILELA; GOÑI, 2015, CAVALCANTI *et al.*, 2021), no entanto, estima-se que outros drosofilídeos como *D. melanogaster* e *D. simulans* tenham chegado no país há mais tempo, ainda na colonização do Brasil pelos portugueses (YUZUKI; TIDON, 2020). Nos dias atuais temos registro de catorze espécies exóticas, sendo *D. nasuta* uma das mais recém-chegadas (YUZUKI; TIDON, 2020, VILELA; GOÑI, 2015; CAVALCANTI *et al.*, 2021).

A mosca *D. nasuta* (Figura 3) é nativa do Sudeste Asiático e de maior abundância em período chuvoso onde é nativa (SRINATH; SHIVANNA, 2014) e exótica (SILVA *et al.*, 2020). Ela teve seu primeiro registro no Brasil no ano de 2015 na Floresta Atlântica da cidade de São Paulo (VILELA; GOÑI, 2015). Desde então foi encontrada em diversos biomas além da Floresta Atlântica como o Cerrado (DEUS; ROQUE, 2016), Caatinga (MONTES *et al.*, 2021) e Floresta Amazônica (DE MEDEIROS *et al.*, 2022). Em algumas amostragens, como as do norte da Floresta Atlântica, na estação chuvosa, a espécie chegou a atingir 40% da abundância relativa de drosofilídeos (SILVA *et al.*, 2020). Apesar de haver pesquisas que se debruçam a entender sua distribuição e abundância nos biomas brasileiros, alguns aspectos de sua ecologia como nicho trófico e interações com competidores ainda não são conhecidas.

Figura 3 – Vista lateral de um macho (à esquerda) e uma fêmea (direita) da espécie *Drosophila nasuta*.



Fonte: Da autora.

2.3 Fundamentos de nicho trófico

Para entender a distribuição e a abundância de uma espécie devemos conhecer seus aspectos ecológicos como suas taxas de natalidade, seus limites ambientais, suas interações, e quais são os recursos necessários para sua sobrevivência (BEGON *et al.*, 2009). A esse conjunto de condições ambientais que permitem a tolerância de uma espécie ao meio, denominamos de nicho ecológico (RICKLEFS, 2010). Apesar de multidimensional, o nicho ecológico na prática é uma medida estática, pois não somos capazes de quantificar todos os cenários possíveis que permitem a sobrevivência de uma espécie em todos os ambientes (ODUM; BARRETT, 2006).

O nicho ecológico é dividido em fundamental e realizado, sendo o fundamental referente ao conjunto de condições ambientais e/ou recursos que permitem a existência de uma espécie. Por outro lado, há situações em que o nicho de uma espécie é alterado devido a presença de competidores, nesta situação temos o nicho realizado (HUTCHINSON, 1957). Além das relações competitivas, o nicho realizado pode ser influenciado por variáveis ambientais e interações ecológicas como o parasitismo, predação, entre outras (ODUM; BARRETT; 2006, PINTO-COELHO, 2009).

Dentro do nicho ecológico temos o nicho trófico, que se refere a posição de um organismo dentro de uma cadeia alimentar (ELTON, 2001). Para se quantificar o nicho trófico de uma espécie devemos analisar a diversidade de recursos alimentares utilizados por ela, ou seja, sua amplitude de nicho (BEGON *et al.*, 2009). Caso a espécie possua uma amplitude pequena, será denominada

especialista, enquanto aquelas com nichos mais amplos serão generalistas (KASSEN, 2002). Ao se observar uma espécie numa comunidade é comum notar a sobreposição do seu nicho com outras (CHASE; LEIBOLD, 2005). Nas situações em que o recurso é limitado, a sobreposição pode levar a competição e, em alguns casos, exclusão de uma das espécies (LIMA, 2019).

A competição é uma das principais relações capazes de afetar o estabelecimento e a sobrevivência dos organismos (RICKLEFS, 2010). Os indivíduos podem fazê-lo ao competir diretamente através da defesa agressiva dos recursos (competição por interferência) ou indiretamente através de seus efeitos mútuos sobre os recursos compartilhados (competição explorativa) (BEGON *et al*, 2009). As relações competitivas também variam conforme a quantidade de espécies envolvidas, podendo ser intraespecífica ou interespecífica (RICKLEFS, 2010). A competição interespecífica, em particular, desempenha um papel importante na estrutura de comunidades, pois resultará numa diferenciação nos nichos fundamentais das espécies que estão competindo (PINTO-COELHO, 2009).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar o uso de recursos tróficos para o desenvolvimento larval de *Drosophila nasuta* no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco.

3.2 Específico

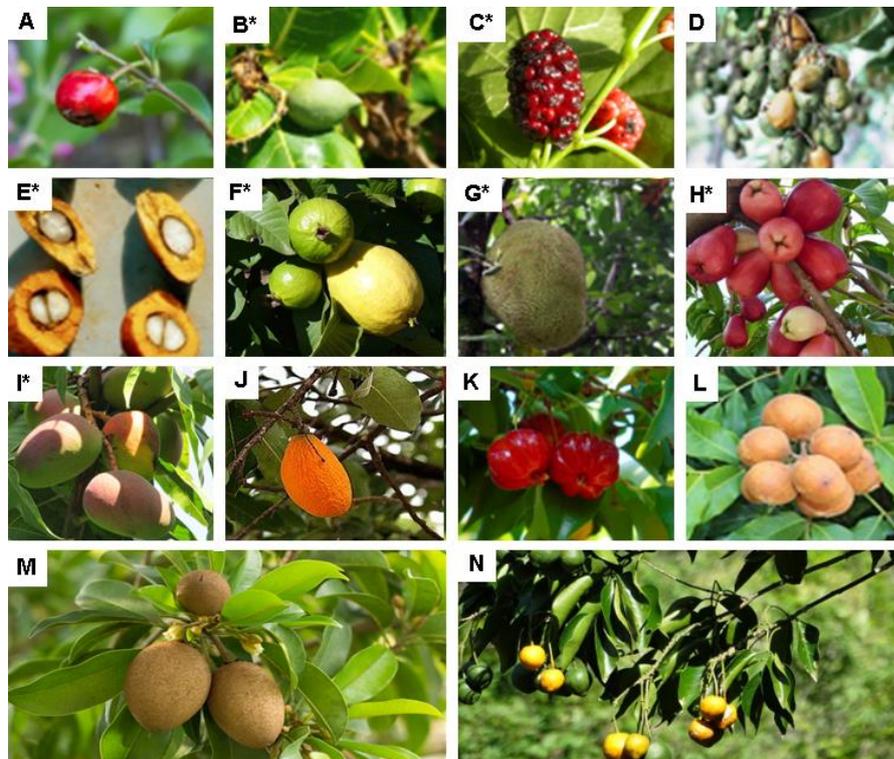
- Verificar o tempo de eclosão das larvas de *D. nasuta* com o de outros drosofilídeos.
- Quantificar a amplitude do nicho trófico de *D. nasuta* em frutos da Floresta Atlântica de Pernambuco.
- Verificar a sobreposição do nicho trófico de *D. nasuta* com outros drosofilídeos.
- Determinar se *D. nasuta* possui alguma preferência entre os frutos analisados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Coleta e armazenagem dos frutos

Foram investigados frutos de espécies nativas da Floresta Atlântica como cajá (*Spondias mombin*, família Anacardiaceae), oiti (*Licania tomentosa*, Chrysobalanaceae), acerola (*Malpighia glabra*, Malpighiaceae), pitanga (*Eugenia uniflora*, Myrtaceae), pitomba (*Talisia esculenta*, Sapindaceae) e exóticas asiáticas como manga (*Mangifera indica*, Anacardiaceae), amêndoa da praia (*Terminalia catappa*, Combretaceae), amora (*Morus alba*, Moraceae), jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Moraceae), jambo (*Syzygium jambo*, Myrtaceae), exóticas africanas como o dendê (*Elaeis guineensis*, Arecaceae), eóticas da América Central como o sapoti (*Manilkara zapota*, Sapotaceae) e a goiaba (*Psidium guajava*, Myrtaceae) e a exótica da Caatinga brasileira trapiá (*Crataeva tapia*, Capparaceae) (JANICK; PAULL, 2006) (Figura 4). Os frutos foram coletados a partir de busca visual e no chão, sendo que os espécimes coletados variaram conforme a sazonalidade da safra.

Figura 4 – Frutos de espécies exóticas (*) e nativas coletadas no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco.



A = *Malpighia glabra* (acerola). B = *Terminalia catappa* (amêndoa da praia). C = *Morus alba* (amora). D = *Spondias mombin* (cajá). E = *Elaeis guineensis* (dendê). F = *Psidium guajava* (goiaba). G = *Artocarpus heterophyllus* (jaca). H = *Syzygium jambo* (jambo). I = *Mangifera indica*

(manga). J = *Licania tomentosa* (oiti). K = *Eugenia uniflora* (pitanga). L = *Talisia esculenta* (pitomba). M = *Manilkara zapota* (sapoti). N = *Crataeva tapia* (trapiá). **Fonte:** TROPICOS, 2022.

As coletas foram realizadas entre os meses de agosto e setembro de 2021 e janeiro e abril de 2022 na Estação Experimental de Itapirema (7°38'24"S 34°57'22"W), na Universidade Federal Rural de Pernambuco (8°01'04"S 34°56'57"W), no Zoológico de Dois Irmãos (8°00'49"S 34°56'40"W) e no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (8°04'15"S 34°56'36"W).

Foram coletados, em média, 500 gramas para cada espécie de fruto que foram distribuídos em frascos identificados com o nome vulgar, contendo vermiculita expandida (Figura 4). Os frutos também foram identificados ao nível de espécie usando-se como referência o banco de dados do Jardim Botânico do Missouri (TROPICOS, 2022). Após distribuição nos frascos, eles foram vedados e mantidos a temperatura 26°C, até o momento da eclosão das larvas e desenvolvimento dos indivíduos até a fase adulta.

Figura 5 – Frascos com vermiculita expandida, contendo amostras de frutos coletados na Floresta Atlântica.



Fonte: Da autora.

4.2 Coleta de drosofilídeos e análise de dados

Os drosofilídeos adultos foram retirados a cada 24 horas e armazenados em etanol para posterior identificação. Os drosofilídeos foram identificados ao nível de espécie, consultando literatura especializada (VILELA, GOÑI, 2015; YUZUKI, TIDON, 2020). A abundância de cada espécie foi registrada e, posteriormente, calculada a abundância relativa de *D. nasuta*. A taxa de eclosão dos drosofilídeos foi calculada a partir da média aritmética.

Para quantificar a amplitude do nicho trófico de *D. nasuta* foi utilizado o Índice de diversidade de Shannon-Wiener (1948) através da fórmula:

$$H' = - \sum p_k \times (\ln p_k)$$

Onde H' é a amplitude do nicho de Shannon-Wiener, p_k é a proporção de indivíduos coletados no fruto K e \ln é o logaritmo neperiano do valor p_k . Quanto maior o valor de H' , maior a quantidade de recursos utilizados pela espécie (SHANNON; WEAVER, 1949). Em estudos de nicho trófico, o índice de Shannon possui a vantagem de poder ser aplicado independente do tamanho da amostra, permitindo comparação entre estudos com diferentes tamanhos amostrais (KREBS, 1989, ODUM; BARRETT, 2006). Nas últimas décadas o índice de Shannon vem sendo usado em estudos de amplitude de nicho trófico com insetos, anfíbios e pequenas aves (LIMA, 2019, LANDÓ, 2000, MENDONÇA; DOS ANJOS, 2005). Esse parâmetro foi calculado pelo programa PAST 4.03 (HAMMER *et al.*, 2001).

A sobreposição de nicho alimentar para *D. nasuta* foi calculada usando-se o Índice de Pianka (PIANKA, 1973) através da fórmula:

$$O_{kj} = \sum P_{ij} * P_{ik} / \sqrt{\sum (P_{ij}^2) + (P_{ik}^2)},$$

Onde O_{kj} é o Coeficiente de Sobreposição Alimentar entre as espécies k e j ; P_{ij} é a proporção do recurso alimentar i no total de recursos utilizados pela espécie j ; P_{ik} é a proporção do item alimentar i no total de itens usados pela espécie k . A sobreposição de nicho foi classificada em alta ($> 0,6$), moderada ($0,4 - 0,6$) ou baixa ($< 0,4$), seguindo a recomendação de Novalkowski *et al*

(2008). O índice de Pianka é o mais utilizado em estudos de sobreposição de nicho trófico, principalmente com insetos e pequenos vertebrados (DA SILVA, 2014, LIMA, 2019). O índice de sobreposição foi calculado no programa EcoSim 7 (GOTELLI; ENTSMINGER, 2000).

O índice de Pielou (PIELOU, 1966) foi utilizado para determinar a preferência alimentar de *D. nasuta* a partir da uniformidade na distribuição desse drosofilídeo nos frutos. O índice é determinado pela seguinte fórmula:

$$J' = H' / \ln (S)$$

Onde J' é o índice de dominância de Pielou, H' é a amplitude do nicho de Shannon-Wiener, \ln é o logaritmo neperiano do valor S e S o número total de espécies de frutos em que o drosofilídeo foi encontrado. Esse índice é comumente utilizado em estudos de preferência ou dominância alimentar no nicho trófico de insetos, como vespas e abelhas (SANTOS *et al.*, 2007; LIMA, 2017). A uniformidade foi calculada no *Excel*.

5 RESULTADOS

5.1 Riqueza e abundância de drosofilídeos

Foram analisadas 264 amostras de frutos, com eclosão de drosofilídeos em 45% dessas amostras. Apenas os frutos de goiaba não apresentaram drosofilídeos. Ao todo foram identificados 2.874 drosofilídeos, pertencentes a 16 espécies e inseridos nos gêneros: *Drosophila*, *Scaptodrosophila*, *Zaprionus* e *Zygothrica* (Tabela 1).

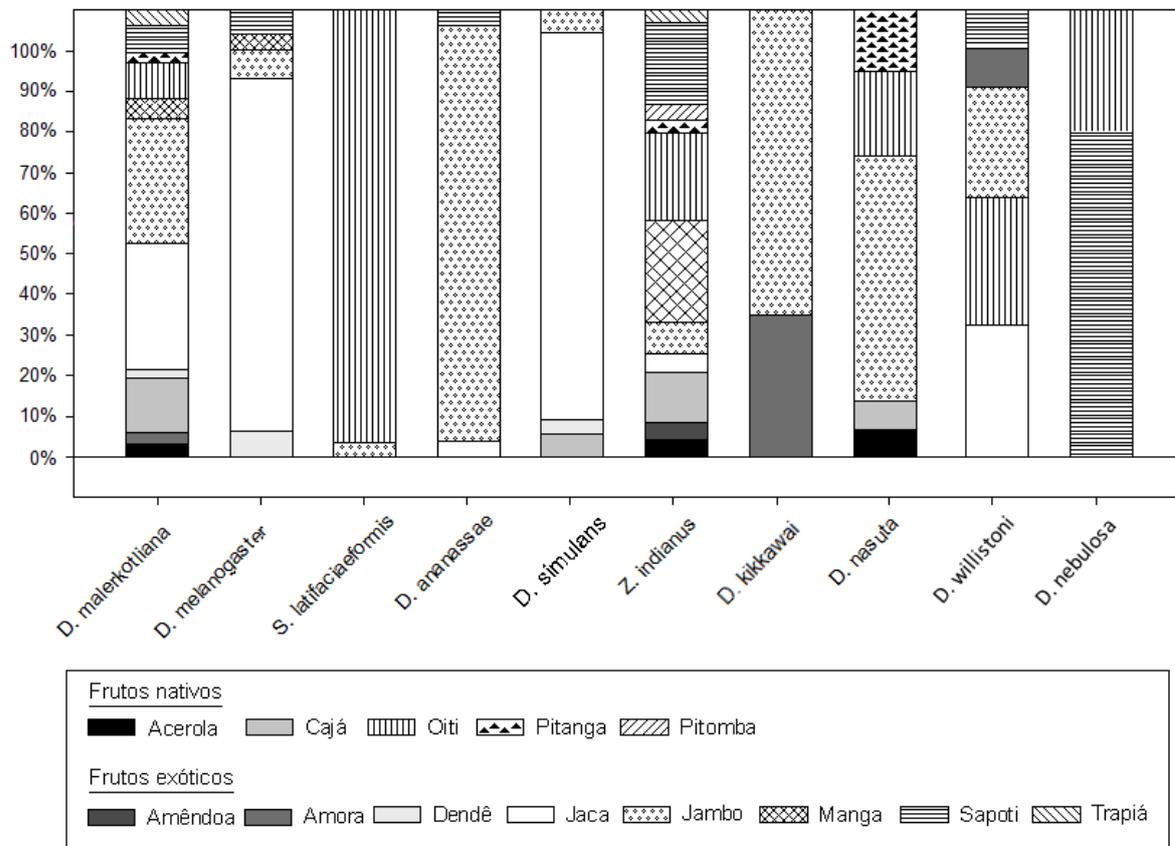
Tabela 1 – Drosofilídeos neotropicais e exóticos (*) emergidos de frutos (+) nativos e exóticos coletados no domínio da Floresta Atlântica em Pernambuco.

	<i>M. glabra</i> (acerola) ⁺	<i>T. catappa</i> (amêndoa)	<i>M. alba</i> (amora)	<i>S. mombin</i> (cajá) ⁺	<i>E. guineenses</i> (clendê)	<i>A. heterophyllus</i> (jaca)	<i>S. jambo</i> (jambo)	<i>M. indica</i> (manga)	<i>L. tomentosa</i> (iti) ⁺	<i>E. uniflora</i> (pitanga) ⁺	<i>T. esculenta</i> (pitomba) ⁺	<i>M. zapota</i> (sapoti)	<i>C. tapia</i> (trapiá)
<i>D. kikkawai</i> *	0	0	5	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
<i>D. willistoni</i>	0	0	1	0	0	10	5	0	9	0	0	1	0
<i>D. malerkotliana</i> *	10	0	1	86	2	165	207	7	49	2	0	89	1
<i>D. nasuta</i> *	3	0	0	2	0	0	23	0	7	4	0	0	0
<i>D. ananassae</i> *	0	0	0	0	0	1	87	0	0	0	0	0	0
<i>Z. indianus</i> *	4	21	0	167	0	34	100	660	476	19	5	389	3
<i>D. simulans</i> *	0	0	0	2	1	35	2	0	0	0	0	0	0
<i>Zygothrica</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>D. melanogaster</i> *	0	0	0	0	2	88	13	1	0	0	0	3	0
<i>D. nebulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0
<i>D. saltans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>S. latifaciaeformis</i> *	0	0	0	0	0	0	1	0	47	0	0	0	0
Sp 1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Sp 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sp 3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sp 31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total:	17	21	7	257	5	333	451	669	592	25	5	488	4

As espécies exóticas representaram 97,32% dos indivíduos identificados. A mosca *D. nasuta* foi a sétima mais abundante (1,36%), perdendo para seis espécies exóticas com destaque para *Z. indianus* (66,01%) e *D. malerkotliana* (20,88%).

Os drosofilídeos mais dominantes deste estudo, *Z. indianus* e *D. malerkotliana*, eclodiram em aproximadamente 78% das espécies de frutos e tiveram maior frequência nos frutos exóticos (Figura 5). Assim como a nativa *D. willistoni*, *D. nasuta* foi registrada em aproximadamente 36% das espécies de frutos. No entanto, *D. nasuta* esteve presente em quatro frutos nativos (cajá, acerola, oiti e pitanga) e um exótico (jambo), ao contrário de *D. willistoni*. *D. nasuta* ainda foi mais frequente em *Syzygium jambo* (jambo), *Licania tomentosa* (oiti) e *Eugenia uniflora* (pitanga), respectivamente.

Figura 6 – Frequência relativa dos drosofilídeos mais abundantes eclodidos de frutos coletados na Floresta Atlântica de Pernambuco.



5.2 Tempo de eclosão

O tempo de desenvolvimento dos drosofilídeos avaliados variou entre 7 e 14 dias, sendo que as larvas de *D. nasuta* variaram de 7 a 12 dias para atingir a maturidade. As moscas *D. malerkotliana* e *Z. indianus* tiveram tempos de eclosão mais rápidos nos frutos de acerola, oiti e pitanga enquanto *D. nasuta* apresentou os menores intervalos de eclosão no jambo e na acerola quando comparada com outras espécies (Tabela 2). A mosca *D. nasuta* também levou menos tempo para se desenvolver quando comparada com as nativas *D. nebulosa* e *D. willistoni*.

Tabela 2 – Tempo de eclosão dos drosofilídeos exóticos (*) e nativos de frutos coletados na Floresta Atlântica de Pernambuco.

Espécie	Acerola	Cajá	Média (desvio padrão)		
			Jambo	Oiti	Pitanga
<i>D. malerkotliana</i> *	7,80 (± 0,4)	11,22 (± 1,04)	8,68 (± 2,06)	7,51 (± 1,26)	8,00 (0,00)
<i>Z. indianus</i> *	7,00 (0,00)	11,38 (± 0,48)	11,90 (± 3,52)	12,09 (± 3,40)	8,57 (± 0,49)
<i>D. nasuta</i> *	7,00 (0,00)	11,50 (± 0,50)	7,97 (± 1,57)	7,57 (± 1,39)	9,00 (0,00)
<i>D. simulans</i> *	-	11,00 (0,00)	8,00 (0,00)	-	-
<i>D. ananassae</i> *	-	-	8,11 (± 0,64)	-	-
<i>D. willistoni</i>	-	-	8,80 (± 0,40)	9,88 (± 1,08)	-
<i>D. kikkawai</i> *	-	-	10,00 (0,00)	-	-
<i>D. melanogaster</i> *	-	-	13,07 (± 3,92)	-	-
<i>S. latifaciaeformis</i> *	-	-	13,50 (0,00)	11,61 (± 0,48)	-
<i>D. nebulosa</i>	-	-	-	10,00 (0,00)	-

5.3 Amplitude do nicho

Dentre os drosofilídeos exóticos amostrados, a amplitude de *D. nasuta* foi uma das maiores sendo superada apenas pela espécie nativa *D. willistoni* e as exóticas *Z. indianus* e *D. malerkotliana* (Tabela 3). As espécies *S. latifaciaeformis* e *D. ananassae* foram as que apresentaram os menores valores de amplitude trófica.

Tabela 3 – Amplitude do nicho trófico (H') de drosofilídeos exóticos (*) e nativos no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco.

Espécie	H'
<i>D. ananassae</i> *	0,12
<i>D. malerkotliana</i> *	1,64
<i>D. simulans</i> *	0,50
<i>D. kikkawai</i> *	0,62
<i>Z. indianus</i> *	1,62
<i>D. nasuta</i>*	1,20
<i>S. latifaciaeiformis</i> *	0,10
<i>D. melanogaster</i> *	0,63
<i>D. willistoni</i>	1,30
<i>D. nebulosa</i>	0,50

5.4 Sobreposição de nicho

Foram comparadas 45 combinações de sobreposição referentes as 10 espécies mais abundantes no estudo (Tabela 4). A sobreposição dos nichos, para *D. nasuta*, variou entre 0,05 e 0,93. A espécie *D. nasuta* apresentou alta sobreposição com as exóticas *D. ananassae*, *D. kikkawai* e *D. malerkotliana*. A alta sobreposição entre *D. nasuta* com *D. ananassae*, *D. kikkawai* e *D. malerkotliana* ocorreu devido ao compartilhamento mútuo com os frutos de *S. jambo*. Em relação as espécies nativas, *D. nasuta* apresentou sobreposição moderada com *D. willistoni*.

Tabela 4 – Sobreposição do nicho trófico entre espécies exóticas (*) e nativas de drosofilídeos eclodidas de frutos coletados na Floresta Atlântica de Pernambuco.

Espécies de Drosofilídeos	Dki*	Dma*	Dna*	Dan*	Zin*	Dsi*	Dme*	Sla*	Dwi
Dki*	-								
Dma*	0,63	-							
Dna*	0,84	0,72	-						
Dan*	0,91	0,70	0,93	-					
Zin*	0,09	0,37	0,26	0,11	-				
Dsi*	0,05	0,61	0,05	0,06	0,05	-			
Dme*	0,13	0,66	0,13	0,15	0,07	0,99	-		
Sla*	0,02	0,18	0,30	0,02	0,51	0,001	0,003	-	
Dwi	0,34	0,75	0,50	0,35	0,41	0,71	0,73	0,63	-

Dne 0 0,33 0,06 0 0,53 0 0,03 0,24 0,21

Dki= *Drosophila kikkawai*; Dma = *Drosophila malerkotliana*; Dna = *Drosophila nasuta*; Dan = *Drosophila ananassae*; Zin = *Z. indianus*; Dsi = *Drosophila simulans*; Dme = *Drosophila melanogaster*; Sla = *Scaptodrosophila latifaciaeformis*.

5.5 Preferência trófica

Ao observar o índice de uniformidade das espécies nota-se que as espécies menos uniformes foram as exóticas *S. latifaciaeformis* e *D. ananassae*, enquanto a espécie mais uniforme foi a nativa *D. willistoni* (Tabela 5). A mosca *D. nasuta*, quando comparada com os outros drosofilídeos exóticos, mostrou um hábito mais generalista, apresentando o maior valor de preferência trófica.

Tabela 5 – Preferência trófica de drosofilídeos no domínio da Floresta Atlântica de Pernambuco.

Espécie	J'
<i>D. ananassae</i>	0,11
<i>D. malerkotliana</i>	0,68
<i>D. simulans</i>	0,36
<i>D. kikkawai</i>	0,44
<i>Z. indianus</i>	0,67
<i>D. nasuta</i>	0,74
<i>S. latifaciaeiformis</i>	0,07
<i>D. melanogaster</i>	0,45
<i>D. willistoni</i>	0,80
<i>D. nebulosa</i>	0,72

6 DISCUSSÃO

Neste estudo, *D. nasuta* foi uma das espécies mais generalistas. A mosca apresentou maior dominância na exótica *S. jambo*, no entanto, também esteve presente em quatro frutos nativos. O nicho trófico de *D. nasuta* mostrou valores de amplitude abrangentes. Em relação a sua sobreposição trófica, observou-se que ela foi alta com as exóticas *D. malerkotliana*, *D. kikkawai* e *D. ananassae*. Também se observou que a uniformidade de *D. nasuta* foi uma das maiores entre as espécies exóticas deste estudo, comprovando que *D. nasuta* é a mais generalista entre elas.

Foi constatado que a abundância relativa de *D. nasuta* nos frutos analisados é semelhante a estudos com frutos em áreas onde ela é exótica (RAMPASSO, VILELA, 2017), no entanto, sua abundância foi inferior quando comparada com trabalhos de frutos em áreas onde ela é nativa (GURUPRASAD, 2020). Tal resultado é esperado, pois sua invasão relativamente recente na Floresta Atlântica (VILELA; GOÑI, 2015) influencia na sua abundância nos frutos deste bioma, mostrando valores relativamente inferiores.

Em relação ao tempo de eclosão, *D. nasuta* levou mais tempo para se desenvolver quando comparada com *D. malerkotliana* e *Z. indianus* na maioria dos frutos. Esse resultado se justifica pois *D. malerkotliana* e *Z. indianus* são caracterizadas pelo rápido desenvolvimento larval quando comparado com outros drosofilídeos (LACHAISE et al., 1982; STEIN et al., 2003; MATAVELLI et al., 2015). Porém, o menor tempo de eclosão das larvas de *D. nasuta* quando comparada com as nativas *D. willistoni* e *D. nebulosa* indica que *D. nasuta* amadurece mais rapidamente que essas nativas.

Ao analisar a presença de *D. nasuta* nos frutos nota-se que ela mostrou maior frequência nos da família Myrtaceae (jambo e pitanga). Estudos preliminares no Brasil também mostraram sua maior preferência em frutos de araçá e jambolão, também da família Myrtaceae (RAMPASSO; VILELA, 2017). No entanto, a alta equitabilidade de *D. nasuta* nos frutos em que esteve presente neste estudo contradiz a possível preferência para a família. Provavelmente a maior frequência de *D. nasuta* em frutos de jambo ocorreu, pois, *S. jambo* é uma planta nativa do Sudeste Asiático (JANICK; PAULL, 2008), assim como *D. nasuta*

(SRINATH, SHIVANNA, 2014). Nesta situação, *D. nasuta* pode não ter uma preferência por frutos de Myrtaceae, mas ser mais adaptada que outros drosofilídeos ao infestar o fruto.

A espécie *D. nasuta* apresentou uma das menores abundâncias relativas entre as exóticas, mas, seu nicho trófico foi um dos mais amplos neste trabalho. Estudos preliminares em locais onde ela é nativa também mostram seu potencial generalista (GURUPRASAD, 2020). Uma vez que a capacidade de utilizar diferentes recursos é um pré-requisito para a espécie invasora causar impactos ambientais, vemos que *D. nasuta* pode representar um perigo para a biodiversidade de drosofilídeos neotropicais (KEDDY, 1992, SOL *et al.*, 2005, DAVIS; THOMPSON, 2000). A maior ocorrência em frutos nativos, e até mesmo a sua presença no mesmo número de frutos que a nativa *D. willistoni*, reafirma seu potencial, mostrando que a espécie é bem-sucedida no estabelecimento em frutos da Floresta Atlântica.

Apesar da sua grande amplitude de nicho trófico, *D. nasuta* mostrou pouca sobreposição com outras exóticas mais dominantes, como *Z. indianus*, ficando restrita a sobreposição com espécies de menor dominância, como *D. kikkawai* e *D. ananassae*. A única exceção ocorreu com *D. malerkotliana*, a segunda invasora mais dominante neste estudo. Alguns autores ressaltam que uma alta sobreposição entre as espécies pode implicar que, em uma situação de escassez de recursos, *D. nasuta* terá aptidão para competir com *D. malerkotliana* (LIMA, 2019). Em relação a baixa sobreposição de *D. nasuta* com *Z. indianus*, sendo a última a espécie mais dominante deste estudo, tal valor deve ter ocorrido pois a segunda espécie mostrou maior ocorrência em frutos exóticos enquanto *D. nasuta* tendeu para frutos nativos. Este padrão observado é semelhante a preferência de *D. nasuta* por ambientes conservados e *Z. indianus* por ambientes não conservados nas amostragens de biomas brasileiros (OLIVEIRA *et al.*, 2016, SILVA *et al.*, 2020).

A alta equitabilidade de *D. nasuta* nos frutos em que foi encontrada mostra que a espécie não possui preferência entre os frutos analisados, o que mais uma vez reafirma seu generalismo e conseqüente potencial invasivo. Nessas circunstâncias entende-se que *D. nasuta* possui potencial para impactar as

comunidades de drosofilídeos nativos que utilizam os recursos apresentados neste estudo para desenvolvimento larval.

7 CONCLUSÃO

Os resultados mostram que *D. nasuta* possui um nicho trófico amplo, estando presente, principalmente, em frutos nativos da Floresta Atlântica e com menor tempo de eclosão larval quando comparada com as espécies nativas aqui encontradas. Tais fatos podem indicar um perigo a biodiversidade de drosofilídeos nativos, assim merecendo estudos mais enfáticos. Vale ressaltar que as informações obtidas neste estudo são fundamentais para entender parte da dinâmica da invasão e sucesso dessa espécie. Portanto, é interessante que mais esforços sejam feitos para se avaliar outros recursos tróficos e em outros biomas a fim de contemplar o nicho fundamental da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASPLEN, M. K. *et al.* Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. **Journal of Pest Science**, Berlim, v. 88, n. 3, p. 469-494, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0681-z>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- AUKEMA, J. E. *et al.* Historical accumulation of nonindigenous forest pests in the continental United States. **BioScience**, Oxford, v. 60, n. 11, p. 886-897, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.11.5>. Acesso em 10 fev. 2022.
- BÄCHLI, G. **The database on taxonomy of Drosophilidae**. Taxodros. Disponível em: <http://www.taxodros.unizh.ch>. Acesso em: 29 mai. 2022.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed editora, 2009.
- BICKFORD, D. *et al.* Cryptic species as a window on diversity and conservation. **Trends in ecology & evolution**, London, v. 22, n. 3, p. 148-155, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.004>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- BIZZO, N. M. V.; SENE, F. M. Studies on the natural populations of *Drosophila* from Peruíbe (SP), Brazil (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 539-544, 1982.
- CARSON, H. L. The ecology of *Drosophila* breeding sites. **University of Hawaii**, Honolulu, v. 2, p. 1-27, 1971.
- CASTREZANA, S.; FAIRCLOTH, B. C.; GOWATY, P.A. *Drosophila* collection in Los Angeles, California. **Drosophila Information Service**, Norman, v. 93, p. 91, 2010.
- CAVALCANTI, F. A. *et al.* Geographic Expansion of an Invasive Fly: First Record of *Zaprionus tuberculatus* (Diptera: Drosophilidae) in the Americas. **Annals of the Entomological Society of America**, Maryland, 2021.
- CHASE J. M.; LEIBOLD M. A. Ecological niches: Linking classical and contemporary approaches. **University of Chicago Press**, Chicago, v. 250, p. 259-270, 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/23654205>. Acesso em: 03 abr. 2022.
- D'ALMEIDA, J. M.; ALMEIDA, J. R. Nichos tróficos em dípteros caliptrados, no Rio de Janeiro, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 58, p. 563-570, 1998.

DA MATA, R. A. **Diversidade das assembléias de Drosofilídeos (insecta, diptera) do Cerrado**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília.

DA SILVA, R. D. C. **Diversidade de drosofilídeos (Insecta, Diptera) na Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil**. 2012. 52 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico de Vitória, Vitória de Santo Antão.

DA SILVA, W. M. **Ecologia trófica de duas espécies de acarís reofílicos (*Spectracanthicus punctatissimus* Steindachner, 1881 e *Spectracanthicus zuanoni* Chamon e Py-Daniel 2014 Loricariidae) no Rio Xingu, Amazônia, Brasil**. 2014. 56 f. Tese (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Universidade Federal do Pará, Belém.

DAVID, J. R.; TSACAS, L. Cosmopolitan, subcosmopolitan and widespread species: different strategies within the Drosophilidae family (Diptera). **Comptes Rendus des Seances de la Societe de Biologie**, Mascon, v. 57, n. 1, p 11-26, 1981.

DAVIS, M. A.; THOMPSON, K. Eight ways to be a colonizer; two ways to be an invader: a proposed nomenclature scheme for invasion ecology. **Bulletin of the ecological society of America**, Washington, v. 81, n. 3, p. 226-230, 2000. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20168448>. Acesso em: 12 fev. 2022.

DE MEDEIROS, H. F. *et al.* First Records of the Invading Species *Drosophila nasuta* (Diptera: Drosophilidae) in the Amazon. **Neotropical Entomology**, Uruçuca, p. 1-5, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00938-3>. Acesso em: 8 mar. 2022.

DE MELO, Z. G. S. **Estudo da variabilidade genética de *Drosophila willistoni* (Insecta: Diptera) e sua infecção pelo endossimbionte *Wolbachia pipientis***. 2017. 212 f. Tese (Doutorado em Genética) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

DE TONI, D. C. **Estudo da variabilidade genética e ecológica de comunidades de *Drosophila* em regiões de Mata Atlântica de ilhas do continente de Santa Catarina**. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DEPRÁ, M. *et al.* The first records of the invasive pest *Drosophila sukuzii* in the South American continent. **Journal of Pest Science**, Berlim, v. 87, n. 3, p. 379-383, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0591-5>. Acesso em: 22 fev. 2022.

DEUS, P. H.M.; ROQUE, F. High abundance of exotic drosophilids in a gallery forest of the Brazilian savanna. **Drosophila Information Service**, Norman, v. 99, p. 44-47, 2016.

DOBZHANSKY, T.; PAVAN, C. Local and seasonal variation in frequencies of species of *Drosophila* in Brazil. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 19, p. 1-14, 1950. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1566>. Acesso em: 10 fev. 2022.

DOBZHANSKY, T.; PAVAN, C. Studies on brazilian species of *Drosophila*. **Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências**, São Paulo, v.36, p.7-72, 1943.

DÖGE, J. S. *et al.*, Drosofilídeos (Diptera) de uma área de floresta atlântica em Santa Catarina, Sul do Brasil. **Revista brasileira de entomologia**, Curitiba, v. 52, p. 615-624, 2008.

DOS SANTOS, R. S. S. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)(Diptera: Drosophilidae) atacando frutos de morangueiro no Brasil. **Embrapa Uva e Vinho- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 10, n. 18, p. 4005-4011, 2014.

DO VAL, F.; MARQUES, M. D. **Drosophilidae (Diptera) from the Pantanal of Mato Grosso (Brazil), with the description of a new species belonging to the bromeliae group of the genus Drosophila**. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ELTON, C. S. **Animal ecology**. 2 ed. University of Chicago Press: Chicago, 2001.

ELTON, C. S. **The ecology of invasions by animals and plants**. 2 ed. New York: Springer Nature, 2020.

ESPÍNOLA, L. A.; JÚNIOR, H. F. J. Espécies invasoras: conceitos, modelos e atributos. **Interciencia**, Caracas, v. 32, n. 9, p. 580-585, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33932902.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2022.

EVERETT, R. A. *et al.* Patterns and pathways of biological invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, London, v. 15, n. 5, p. 177-178, 2000. Disponível em: [10.1016/S0169-5347\(00\)01835-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01835-8). Acesso em: 7 mar. 2022.

FANARA, J. J.; FONTDEVILA, A.; HASSON, E. Oviposition preference and life history traits in cactophilic *Drosophila koepferae* and *D. buzzatii* in association with their natural hosts. **Evolutionary ecology**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 173-190, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1006636025623>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FREIRE-MAIA, N.; PAVAN, C. Introdução ao estudo de drosófila. **Cultus**, v. 1, n. 5, p. 1-171, 1949.

GOTELLI, N.J.; ENTSMINGER, G.L. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7. **Acquired Intelligence Inc. e Kesity-Bear**, 2000. Disponível em: <http://www.garyentsminger.com/ecosim/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

GURUPRASAD, B. R. A preliminary survey of *Drosophila* species in the fruit market, Mysuru, Karnataka, India. **Drosophila Information Service**, Norman, v. 103, p. 27-29, 2020.

HAMMER, Ø., *et al.* Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, 2001. Disponível em: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, New York, v. 22, p. 415–427, 1957.

JANICK, J.; PAULL, R. E. 1 ed. **The encyclopedia of fruit and nuts**. CABI, 2008.

KIMURA, M. *et al.* Breeding sites of drosophilid flies in and near Sapporo, northern Japan, with supplementary notes on adult feeding habits. **Konchu**, Hokkaido, v. 45, n. 4, p. 571-582, 1977.

KASSEN, R. The experimental evolution of specialists, generalists and the maintenance of diversity. **Journal of Evolutionary Biology**, Groningen, v. 15, p. 173–190. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2002.00377.x>. Acesso em: 03 abr. 2022.

KEDDY P. A. Assembly and response rules: Two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, New Jersey, v. 3, n. 2, p. 157–164, 1992.

Krebs C. J. **Ecological Methodology**. 2 ed. Benjamin Cummings: University of British Columbia. 1989.

LACHAISE, D.; TSACAS, L.; COUTURIER, G. The Drosophilidae associated with tropical African figs. **Evolution**, Cleveland, v. 36, n. 1, p. 141-151, 1982.

LANDÓ, R. E. M. **Análisis del nicho trófico de tres especies de anfibios en un grupo de cuerpos de agualéuticos**. 2000. 108 f. Tese (Mestrado em Biologia) – Universidad de la República, Montevideo.

LASA, R.; TADEO, E. Invasive drosophilid pests *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Veracruz, Mexico. **Florida Entomologist**, Florida, v. 98, n. 3, p. 987-988, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1653/024.098.0332>. Acesso em: 8 mar. 2022.

LIMA, A. L. S. **Amplitude e sobreposição dos nichos tróficos e temporais de populações de abelhas na Caatinga nas estações seca e chuvosa**. 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

LIMA, I. N. **Amplitude e sobreposição do nicho ecológico de *Euglossa cordata* e *Euglossa nigríta* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini)**. 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LEÃO, B. F. D. *et al.* What happens when exotic species arrive in a new area? The case of drosophilids (Diptera) in the Brazilian Savanna. **Drosophila Information Service**, Norman, v. 100, p. 65-69, 2017.

MARKOW, T. A.; O'GRADY, P. Reproductive ecology of *Drosophila*. **Functional Ecology**, London, v. 22, p. 747-759, 2008. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20142868>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MATAVELLI, C.; *et al.* Differences in larval nutritional requirements and female oviposition preference reflect the order of fruit colonization of *Zaprionus indianus* and *Drosophila simulans*. **Journal of insect physiology**, New York, v. 82, p. 66-74, 2015.

MENDONÇA, L. B.; DOS ANJOS, L. Beija-flores (Aves, Trochilidae) e seus recursos florais em uma área urbana do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 51-59, 2005.

MILANEZ, J. M.; CHIARADIA, L. A. Mosca-do-figo: uma nova praga na Região Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 42-43, 2002

MONTES, M. A. *et al.* Invasion and spreading of *Drosophila nasuta* (Diptera, Drosophilidae) in the caatinga biome, Brazil. **Neotropical Entomology**, Uruçuca, v. 50, n. 4, p. 571-578, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00875-1>. Acesso em: 27 fev. 2022.

NOVAKOWSKI, G. C. *et al.* Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. **Neotropical Ichthyology**, São Carlos, v. 6, n. 4, p. 567-576, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252008000400004>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ODUM, E. P. BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. 5 ed. Interamericana, 2006.

PAVAN, C. Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 221, p. 1-81. 1959.

PAVAN, C.; CUNHA, A. B. Espécies brasileiras de *Drosophila*. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 86, p. 3-46, 1947.

PERVEEN, F. K. **Introduction to Drosophila**. 1 ed. London: IntechOpen, 2018.

PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. **Annual review of ecology and systematics**, Los Angeles, v. 4, n. 1, p. 53-74, 1973.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of theoretical biology**, Amsterdam, v. 13, p. 131-144, 1966.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia**. 1 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.

POPPE, J. L.; SCHMITZ, H. J.; VALENTE, V. L. S. Changes in the structure of Drosophilidae (Diptera) assemblages associated with contrasting environments in the Pampas biome across temporal and spatial scales. **Annals of the Entomological Society of America**, Maryland, v. 109, n. 4, p. 567-573, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aesa/saw033>. Acesso em: 10 mar. 2022.

POWELL, J. R. **Progress and prospects in evolutionary biology: The *Drosophila* model**. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 1997.

RAMPASSO, A. S.; VILELA, C. R. Fruits from three ornamental plants as breeding sites of invasive and native Drosophilidae (Diptera) in the capital of the State of São Paulo, Brazil. **X Simpósio de Ecologia, Genética e Evolução de Drosophila**, Ouro Preto, v. 1, 2017.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

ROCHA, L. D. L. S. *et al.* Drosophila: um importante modelo biológico para a pesquisa e o ensino de genética. **Scire Salutis**, Aquidabã, v. 3, n. 1, p. 37-48, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/ESS2236-9600.2013.001.0004>. Acesso em: 10 mar. 2022.

SANTA-BRÍGIDA, R.; SCHMITZ, H. J.; MARTINS, M. B. Drosophilidae (Insecta, Diptera) in the state of Pará (Brazil). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 42-53. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0179>. Acesso em: 10 mar. 2022.

SANTOS, A. I.; CALAFATE, L. Espécies invasoras. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 6, n. 1, p. 15-18. 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.24927/rce2018.004>. Acesso em: 7 mar. 2022.

SANTOS, G. M. M. *et al.* Utilização de frutos de cactos (Cactaceae) como recurso alimentar por vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) em uma área de caatinga (Ipirá, Bahia, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 1052-1056, 2007.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. The mathematical theory of information. **Cambridge University Press**, New York, v. 34, n. 310, p 312-313, 1949.

SILVA, D. G. *et al.* Geographic expansion and dominance of the invading species *Drosophila nasuta* (Diptera, Drosophilidae) in Brazil. **Journal of Insect Conservation**, Amsterdam, v. 24, p. 525-534. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00219-1>. Acesso em: 2 abr. 2022.

SILVA, D. M. I. O. **Levantamento taxonômico da fauna de Drosophilidae em ambientes de Floresta Atlântica e Caatinga do Estado de Pernambuco,**

Brasil. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular Aplicada) – Universidade de Pernambuco, Recife.

STEIN, C. P., *et al.* Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae). **Entomotropica**, Zulia, v. 18, n. 3, p. 219-221. 2003.

SRINATH, B. S.; SHIVANNA, N. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* in Dhawad, India. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, New Delhi, v. 2, n. 4, p 35-41. 2014.

TIDON R. *et al.*, Drosophilidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. **PNUD**. 2022. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/183186>. Acesso em: 30 mai. 2022.

TROPICOS, **Missouri Botanical Garden**, Missouri, 2022. Disponível em: <https://www.tropicos.org/home>. Acesso em: 08 abr. 2022.

VIJAYAN, V. *et al.* An internal expectation guides *Drosophila* egg-laying decisions. **bioRxiv**, New York, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1101/2021.09.30.462671> Acesso em: 30 mai. 2022.

VAL, F. C.; SENE, F. M. A newly introduced *Drosophila* in Brazil (Diptera, Drosophilidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 33, n. 19, p. 293-298. 1980.

VALENTE, V. L. S., ARAÚJO, A. M. Comments on breeding sites of *Drosophila willistoni* Sturtevant (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 281-286. 1986.

VAN DER LINDE, K. *et al.* First records of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae), a pest species on commercial fruits from Panama and the United States of America. **Florida Entomologist**, Florida, v. 89, n. 3, p. 402-404, 2006. Disponível em: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2006\)89\[402:FROZID\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2006)89[402:FROZID]2.0.CO;2). Acesso em: 8 mar. 2022.

VILELA, C. R. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical Region? **Drosophila Information Service**, Norman, v. 82, p. 37-39. 1999.

VILELA, C. R.; GOÑI, B. Is *Drosophila nasuta* Lamb (Diptera, Drosophilidae) currently reaching the status of a cosmopolitan species? **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 59, n. 4, p. 346-350. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.09.007>. Acesso em: 10 mar. 2022.

VITULE, J. R. S.; PRODOCIMO, V. Introdução de espécies não nativas e invasões biológicas. **Estudos de Biologia**, Curitiba, v. 34, n. 83, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.7213/estud.biol.7335>. Acesso em: 29 mai. 2022.

WEST-EBERHARD M. **Developmental plasticity and evolution**. 1 ed. New York: **Oxford University Press**, 2003.

YUZUKI, K.; TIDON, R. Identification key for drosophilid species (Diptera, Drosophilidae) exotic to the Neotropical Region and occurring in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 64, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2019-100>. Acesso em: 10 mar. 2022.