



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE SAÚDE COLETIVA - ISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
E BIOTECNOLOGIA DA REDE BIONORTE**



**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E TEMPORAL DE MARIPOSAS
ARCTIINI (EREBIDAE), SATURNIIDAE E SPHINGIDAE (INSECTA,
LEPIDOPTERA) NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ,
BRASIL**

DANÚBIA MARCELA PEREIRA VALENTE

**SANTARÉM - PA
2023**

DANÚBIA MARCELA PEREIRA VALENTE

**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E TEMPORAL DE MARIPOSAS
ARCTIINI (EREBIDAE), SATURNIIDAE E SPHINGIDAE (INSECTA,
LEPIDOPTERA) NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ,
BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Teston

**SANTARÉM – PA
SETEMBRO/2023**

DANÚBIA MARCELA PEREIRA VALENTE

**DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E TEMPORAL DE MARIPOSAS
ARCTIINI (EREBIDAE), SATURNIIDAE E SPHINGIDAE (INSECTA,
LEPIDOPTERA) NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ,
BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Teston

Aprovada em 29 / 09 / 2023

Banca examinadora

Prof. Dr. José Augusto Teston (Orientador)
Universidade Federal do Oeste do Pará

Dr. Alexandre Specht
Embrapa/Cerrados

Prof. Dr. Alfredo Pedroso dos Santos Júnior
Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dra. Joseleide Texeira Câmara
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dra. Laura Braga de Oliveira
Instituto Nacional da Mata Atlântica

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

V154d Valente, Danúbia Marcela Pereira.
Distribuição vertical e temporal de mariposas Arctiini
(Erebidae), Saturniidae e Sphingidae (Insecta, Lepidoptera) na
Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil / Danúbia Marcela
Pereira Valente. — 2019.
138 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. José Augusto Teston
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Biotecnologia, Belém, 2019.

1. Lepidópteros. 2. Estratificação. 3. Voo. 4. Floresta
Ombrófila Densa. 5. Amazônia Oriental. I. Título.

CDD 595.78

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela bolsa de estudo concedida no doutoramento através da Chamada Pública nº 006/2018, Convênio nº 009/2019.

A Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) pelo Programa de Fomento à Elaboração de Teses (PROTESE – edital 01/2020 e 01/2021) pelo apoio financeiro as atividades de pesquisa. O Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte através do incentivo financeiro Programa de Apoio a Pós-Graduação (PROAP – 0889/2018).

Ao Núcleo de Apoio à Pesquisa no Pará (NAPPA – Núcleo Regional de Santarém), ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) e ao Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA) pelo apoio e permissão para realização da pesquisa na torre de plataforma, e individualmente ao Sr. João Vitor Camargo Soares que intermediou todo o processo de autorização, ao Kleber Santana pelo apoio nas instalações das armadilhas e ceder espaço no seu ambiente de trabalho, e aos pesquisadores Scott Saleska e Natalia Restrepo por disponibilizar os dados meteorológicos. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela autorização (nº 67377) para atividades de pesquisa. A Rede Nacional de Pesquisas e Conservação de Lepidópteros (RedeLep) SISBIOTA - Brasil, CNPq (563332 / 2010-7) pelo apoio logístico.

Ao prof. Dr. José Augusto Teston por exercer triplamente as funções de orientador, motorista e auxiliar de campo, sem a sua ajuda não seria possível realizar este projeto.

A coordenadora do polo de Santarém do Programa da Rede Bionorte a profa. Dra. Rosa Helena Veras Mourão por todas as vezes lhe solicitei ajuda para a realização de atividades de campo. A profa. MSc. Yukari Okada por ceder o espaço no Laboratório de Zoologia para armazenar temporariamente alguns materiais de coleta.

Aos membros da banca de avaliação Dra. Jeseleide Teixeira Câmara, Dra. Laura Braga de Oliveira, Dr. Alexandre Specht e Dr. Alfredo Pedroso dos Santos Júnior pelas valiosas contribuições e sugestões.

Aos coletores que marcaram presença nos 28 meses de amostragem: Amanda Azevedo Ricartt, Bruna Yasmin de Sousa Miranda, Claude Anne Silveira Diniz, Danilo Ferreira Miranda, David Marcelo Pereira Soares, Fabíola Carolina Pereira Valente, Giulia Antunes Bonalumi, Igor Cruz de Souza, Iris Rosane de Jesus Santos, Isabelly Gamboa Martins, Ivan Alves dos Santos Júnior, Jade Bentes de Sousa Mourão, Jakeline Arcanjo de Arcanjo, Juliana Carlena Silva Lins Corrêa, Kamilla Cristine da Silva Pereira, Karoline Morgana Oliveira e

Silva, Larissa Castro da Silva, Lícia Maria Pereira de Freitas, Márcio da Costa Lessa, Margarida Pereira de Freitas, Mayse da Silva Marcher, Naicy Camila Guimarães Paixão, Sarah Alves da Costa, Tauanny Maria Almeida Lima, Vladimir Lopes de Oliveira e Wesley Maciel Serrão. Agradeço imensamente vocês pelo auxílio na coleta e pela boa companhia que tornaram as noites ainda mais divertidas e menos cansativas.

As bolsistas PIBIC Giulia Antunes Bonalumi, Larissa Castro da Silva e Isabelly Gamboa Martins que realizaram seus projetos com compromisso e colaboração no desenvolvimento desta tese.

As servidoras técnicas Deise Juliane dos Anjos de Sousa e Mila Canto Costa pela companhia e disponibilidade por todas as vezes que lhe foram solicitadas nos acompanhar até o local de coleta.

À doutoranda Margarida Pereira de Freitas pelo apoio e companheirismo nas coletas e no laboratório. À doutoranda Maria Beatriz Viana dos Santos pela amizade que foi construída neste curso, além de ser uma excelente parceira nas disciplinas e nos trabalhos. À mestranda Jakeline Arcanjo de Arcanjo pela colaboração nas atividades de campo e no laboratório. À doutoranda Ana Carla Walfredo da Conceição Leal por compartilhar materiais da literatura sobre esfingídeos. Ao amigo Vladimir Lopes de Oliveira por ceder os registros fotográficos realizados na coleta e deixar nossas noites mais alegres com a sua marcante personalidade. A Sra. Eunice Oliveira e o Sr. Benedito Oliveira pelas conversas prazerosas e pelos cafés da manhã oferecido em Belterra a cada retorno de campo.

A minha mãe Claudenira Pereira Valente pelo apoio incondicional e pelos quitutes preparados, que deixavam os coletores bem alimentados e dispostos para a realização das atividades de campo.

A todos aqueles que colaboraram de forma direta e indireta para o desenvolvimento desta tese.

VALENTE, Danúbia Marcela Pereira. **Distribuição vertical e temporal de mariposas Arctiini (Erebidae), Saturniidae e Sphingidae (Insecta, Lepidoptera) na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil.** 2023. 138 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2023.

RESUMO

Os lepidópteros (mariposas e borboletas) são uma das principais ordens de insetos de grande abundância, diversidade de espécies e empregados como bioindicadores para avaliação da qualidade ambiental. As mariposas Arctiini (Erebidae), Saturniidae e Sphingidae além de exibirem as qualidades supracitadas, são noturnas e bem amostradas através de armadilhas luminosas. O presente estudo objetivou gerar um suporte de informações sobre a fauna de Arctiini, Saturniidae e Sphingidae a respeito de sua distribuição vertical e temporal na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil. A metodologia utilizada na estratificação vertical consistiu na captura das mariposas com armadilhas luminosas instaladas nos estratos dossel (45 m), intermediário (23 m) e sub-bosque (2 m), no horário das 18 h às 7 h, no período de lua minguante/nova em três noites consecutivas mensais, entre maio de 2019 a fevereiro de 2020. Já a atividade horária de voo de mariposas empregou-se o mesmo período de amostragem do estudo de estratificação, porém em cada estrato as mariposas foram recolhidas da armadilha de hora em hora (19 h às 7 h). Os resultados desta tese são apresentados em seis capítulos. No primeiro e segundo capítulos, a estratificação vertical de Sphingidae e Arctiini foram avaliadas utilizando os parâmetros de abundância, riqueza, diversidade e dominância; e as análises de variância (ANOVA), a análise de variância permutacional multivariada (PERMANOVA) e a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Nos capítulos terceiro, quarto e quinto, a atividade horária de voo das mariposas Arctiini, Sphingidae e Saturniidae foram verificadas o padrão de distribuição da riqueza e abundância de espécies ao longo da noite pela análise circular e a relação destes parâmetros com a temperatura, umidade relativa e velocidade do vento empregando a correlação e a regressão linear. Nos estudos de estratificação a família Sphingidae totalizou 33 espécies e 775 espécimes e a maioria deles se concentraram no dossel, enquanto a tribo Arctiini registrou 180 espécies e 1.153 espécimes que tiveram preferência pelo estrato intermediário. As análises empregadas mostraram que a fauna de mariposas apresentou diferenças significativas em dois ou mais estratos. O padrão de atividade horária de voo apresentado por Arctiini teve pico de riqueza no horário inicial (20h) e abundância no final (5h), Sphingidae o pico de riqueza (3h) e abundância (5h) foram observados nos horários finais, e Saturniidae obteve desempenho inverso ao voo de Arctiini com maior riqueza nas últimas horas (4h) e abundância nas primeiras horas (21h). A riqueza de espécies

de Arctiini, foi influenciada positivamente com a temperatura, a abundância e riqueza de saturnídeos com a velocidade do vento e a abundância de esfingídeos com todas as variáveis meteorológicas. No sexto capítulo a confirmação da ocorrência da espécie *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912 na Amazônia brasileira contribuiu para o conhecimento da biogeografia e diversidade de macrolepidópteros na Amazônia. Portanto, podemos concluir que a estratificação vertical, a atividade de voo e as variáveis meteorológicas exercem uma importante função na dinâmica e estrutura populacional destas mariposas; além de ampliar o conhecimento de lepidópteros e enaltecer a importância das unidades de conservação para o bioma Amazônia.

Palavras-chave: Lepidópteros; Estratificação; Voo; Floresta Ombrófila Densa; Amazônia Oriental.

VALENTE, Danúbia Marcela Pereira. **Vertical and temporal distribution of Arctiini (Erebidae), Saturniidae and Sphingidae (Insecta, Lepidoptera) moths in the Tapajós National Forest, Pará, Brazil.** 2023. 138 f. Thesis (PhD in Biodiversity and Biotechnology) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2023.

ABSTRACT

Lepidoptera (moths and butterflies) is one of the main orders of insects with a high abundance and diversity of species that are used as bioindicators to assess environmental quality. In addition to exhibiting the aforementioned qualities, the Arctiini (Erebidae), Saturniidae and Sphingidae moths are nocturnal and have been well sampled through light traps. The present study sought to generate supporting information on Arctiini, Saturniidae and Sphingidae moth fauna regarding their vertical and temporal distribution in the Tapajós National Forest, Pará, Brazil. The methodology used for vertical stratification consisted of capturing the moths with light traps installed in the canopy (45 m), intermediate (23 m) and understory (2 m) strata, from 6 p.m. to 7 a.m. during the waning/new moon period on three consecutive monthly nights, between May 2019 and February 2020. In terms of hourly moth flight activity, the same collection period was used as for the stratification study, but in each stratum the moths were collected from the trap every hour (7 p.m. to 7 a.m.). The results of this thesis are presented in six chapters. In the first and second chapters, the vertical stratification of Sphingidae and Arctiini was evaluated using the parameters of abundance, richness, diversity and dominance; and analysis of variance (ANOVA), permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) and non-metric multidimensional scaling (NMDS). In the third, fourth and fifth chapters, the hourly flight activity of the Arctiini, Sphingidae and Saturniidae moths was verified, as well as the distribution pattern of species richness and abundance throughout the night by circular analysis and the relationship of these parameters with temperature, relative humidity and wind speed using linear regression correlation. In the stratification studies, the Sphingidae family totaled 33 species and 775 specimens, most of which were concentrated in the canopy, while the Arctiini tribe recorded 180 species and 1,153 specimens that showed a preference for the intermediate stratum. The analyses used showed that the moth fauna presented significant differences in two or more strata. The hourly flight activity pattern shown by Arctiini had a peak in richness in the early hours (8 pm) and abundance in the late hours (5 am), while Sphingidae had a peak in richness (3 am) and abundance (5 am) in the late hours, and Saturniidae performed inversely to Arctiini with maximum richness in the late hours (4 am) and abundance in the early hours (9 pm). The species

richness of Arctiini was positively influenced by temperature, abundance and richness of saturnids, and with wind speed and abundance of hawkmoths with all meteorological variables. In the sixth chapter, confirmation of the occurrence of the species *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912 in the Brazilian Amazon contributes to knowledge of the biogeography and diversity of macrolepidoptera in the Amazon. We can thus conclude that vertical stratification, flight activity and meteorological variables play an important role in the dynamics and population structure of these moths. Our study also aids in expanding knowledge of lepidopterans and highlights the importance of conservation units for the Amazon biome.

Keywords: Lepidoptera; Stratification; Flight; Dense Ombrophilous Forest; Eastern Amazon.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 LEPIDOPTERA: MARIPOSAS.....	15
2.2 TRIBO ARCTIINI (EREBIDAE: ARCTIINAE).....	15
2.3 FAMÍLIA SATURNIIDAE (BOMBYCOIDEA)	18
2.4 FAMÍLIA SPHINGIDAE (BOMBYCOIDEA)	19
2.5 ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL.....	22
2.6 ATIVIDADE DE VOO.....	23
3 CAPÍTULOS	26
3.1 CAPÍTULO 01 - VERTICAL STRATIFICATION OF SPHINGIDAE MOTHS (INSECTA, LEPIDOPTERA) IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST, PARÁ BRASIL	26
3.2 CAPÍTULO 02 - ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE MARIPOSAS ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ, BRAZIL.....	39
3.3 CAPÍTULO 03 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DE VOO NOTURNO DE ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) EM UMA ÁREA DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, AMAZÔNIA ORIENTAL.....	56
3.4 CAPÍTULO 04 - ATIVIDADE HORÁRIA DE VOO DE MARIPOSAS SPHINGIDAE (LEPIDOPTERA, BOMBYCOIDEA) NO DOSSEL DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ, BRASIL	72
3.5 CAPÍTULO 05 - ATIVIDADE HORÁRIA DE VOO DE MARIPOSAS SATURNIIDAE (LEPIDOPTERA, BOMBYCOIDEA) NO DOSSEL DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ, BRASIL	95
3.6 CAPÍTULO 06 - ON THE DISTRIBUTION OF <i>Tipulodes rubriceps</i> Dognin, 1912 (LEPIDOPTERA, EREBIDAE) IN BRAZIL AND ITS REDISCOVERY IN PARÁ.....	117
6 CONCLUSÕES	122
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
ANEXOS	137

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o declínio da diversidade biológica tem sido uma das principais preocupações ambientais, cujas implicações decorrem das atividades antropogênicas que avançam desenfreadamente sobre os ecossistemas naturais (GANEM, 2010). As florestas tropicais concentram expressiva biodiversidade e uma das que mais correm perigo de destruição (AMORIM *et al.*, 2022) através da redução dos habitats que tem sido determinante para a supressão da fauna e da flora (HADDAD *et al.*, 2015; AMORIM *et al.*, 2022).

O Brasil tem uma importante missão de liderança na conservação dos ecossistemas naturais já que abriga diversos, dentre eles a Floresta Amazônica que corresponde a 1/3 das florestas tropicais no mundo (IBGE, 2011), e compreende um bioma que desponta no cenário mundial como uma potência em biodiversidade (SILVA e TAVARES, 2021). Apesar de abrigar um patrimônio biológico aparentemente inestimável, a Amazônia assim como os demais não está imune às pressões antrópicas (FERREIRA e SALATI, 2005). A exploração nos últimos 25 anos (1984 - 2009) representa 1/4 da redução da vegetação nativa (DOMINGUES e BERMANN, 2012), e propensa a aumentar com o passar dos anos (MACÊDO FILHO, 2021). Os principais fatores que contribuem para o desflorestamento são: exploração ilegal de madeira, expansão da fronteira agropecuária e queimadas (SILVA e TAVARES, 2021).

Não há como comparar que o ciclo predatório que ocorre na Amazônia reproduz os mesmos erros cometidos com a Mata Atlântica (BRANCO *et al.*, 2021), onde restam apenas fragmentos que conservam apenas de 12,5% da cobertura florestal nativa (CARDOSO, 2016). Para que a Amazônia não tenha o mesmo destino da Mata Atlântica medidas conservacionistas têm sido aplicadas para conter a destruição e proteger a biodiversidade em âmbito nacional, por meio da criação e implantação de Unidades de Conservação (UCs) (RYLANDS e BRANDON, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2011).

A Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós) é uma unidade de conservação federal, criada conforme o Decreto nº 73.684, de 19 de fevereiro de 1974. Ela ocupa uma área de 527.319 hectares e compreende parte dos municípios de Aveiro, Belterra, Placas e Rurópolis localizados no oeste do Pará. O objetivo da FLONA do Tapajós é o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, cujo foco está voltado em técnicas de extração sustentável de florestas naturais (Lei. 9.985/2000). Esta UC é a mais pesquisada na região Norte, e com isso obtendo notável reconhecimento na Amazônia por servir como base de referência, especialmente no âmbito científico (ICMBIO, 2019).

A cobertura florestal da FLONA do Tapajós é classificada como Floresta Ombrófila Densa (VELOSO *et al.*, 1991) do tipo Terra Firme (RODRIGUES *et al.*, 2015) e apresenta como particularidades a predominância de árvores de grande porte, além de numerosas lianas

lenhosas, palmeiras e epífitas (VELOSO *et al.*, 1991). Os diversos aspectos ambientais e relevo contribuem em formações distintas (aluvial, terras baixas, submontana, montana e altomontana) e um padrão de dossel homogêneo ou com árvores emergentes (CORDEIRO, 2004).

A dominância do estrato arbóreo com um dossel contínuo são características marcantes de vegetações florestais (VERÍSSIMO e PEREIRA, 2014). SOUZA e SOUZA (2004) ressaltam que, neste tipo de fitofisionomia o status de conservação e funcionamento ecológico são fundamentais para que a estrutura florestal possa exibir camadas ou estratos distintos de sub-bosque, estrato inferior, estrato médio e estrato superior, ou ao invés disso, a estratificação não se constitui nesta ordem. A estratificação vertical contribui para diversidade de espécies ao oferecer microclimas singulares em termos de umidade relativa, temperatura e radiação solar (PUIG, 2008), e por gerar faunas adaptadas a explorar diferentes tipos de recursos (CAMPOS *et al.*, 2008), sendo os insetos um excelente modelo já que estes vivem em quase todos os locais e em diferentes habitats (COSTA *et al.*, 2011).

Os insetos são os animais mais abundantes e diversificados na face da Terra devido aos seus atributos peculiares que compreende o tamanho corporal reduzido que favorece a colonização de vários nichos; curto tempo de geração; e a sua capacidade de voar permite ampliar a sua área de distribuição (GULLAN e CRANSTON, 2017). A atividade de voo confere aos insetos a sua dispersão, o forrageio, a fuga de inimigos naturais, entre outras (COSTA *et al.*, 2011). Alguns fatores ambientais atuam de forma direta e indireta na flutuação populacional e distribuição dos insetos, tais como temperatura, umidade relativa, luminosidade, vento, tempo, radiação, alimento e relações ecológicas (GALLO *et al.*, 2002; COSTA *et al.*, 2011).

Os lepidópteros constituem uma das principais ordens de insetos de importância econômica, medicinal e ambiental (DUARTE *et al.*, 2012) e desempenham papéis fundamentais em ecossistemas florestais e agrícolas como desfolhadores, decompositores, presas e hospedeiros de carnívoros (OLIVEIRA *et al.*, 2014), que os tornam úteis como bioindicadores em monitoramento ambiental (SANTOS *et al.*, 2016). Dentre eles, fazem parte as mariposas Arctiini, Saturniidae e Sphingidae, sendo a maioria das espécies de hábitos noturnos, apresentam estímulos quando expostas a fonte de luz e são expressivamente bem representadas nas capturas que utilizam armadilhas luminosas (DUARTE *et al.*, 2012; BREHM *et al.*, 2019; RABL *et al.*, 2020).

Arctiini, Saturniidae e Sphingidae apresentam alta abundância e diversidade de espécies, qualidades que fazem deles grupos taxonômicos relevantes e bastante empregados em estudos de levantamento (FERRO *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2015; CÂMARA *et al.*, 2018), sazonalidade (PRIMO *et al.*, 2013; VALENTE *et al.*, 2018; CAMPELO e TESTON, 2021),

análise faunística (GUSMÃO e CREÃO-DUARTE, 2004; MORENO *et al.*, 2014; ZENKER *et al.*, 2015), monitoramento ambiental (BRAGA e DINIZ, 2018) e associados ao clima e a vegetação (FERRO *et al.*, 2014; FERRO e TESTON, 2009). Abordagens mais específicas envolvendo a estratificação vertical (INTACHAT e HOLLOWAY, 2000; SCHULZE *et al.* 2001; BECK *et al.*, 2002; SCHULZE e FIEDLER 2003; BREHM *et al.*, 2007; BREHM 2009; BREHM *et al.*, 2010; CAMPELO *et al.*, 2020; CAMPELO e TESTON, 2021) e a periodicidade de voo (SILVEIRA NETO *et al.*, 1975; LOURIDO *et al.*, 2008; SCHERRER *et al.*, 2013; LAMARRE *et al.*, 2015; CAMARGO *et al.*, 2016; MORENO *et al.*, 2021; TESTON, 2021a e 2021b) ainda não são bem compreendidos e pouco frequentes para estas mariposas, principalmente quando relacionam conjuntamente os parâmetros meteorológicos.

Neste sentido, esta proposta apresenta uma abordagem condizente com a necessidade de pesquisas que venham preencher essas lacunas, sendo que este estudo dará ênfase à fauna de mariposas Arctiini, Saturniidae e Sphingidae encontradas na FLONA do Tapajós com as seguintes hipóteses: a riqueza, a diversidade e a abundância de espécies de mariposas não são iguais entre os estratos da floresta; a composição faunística de mariposas difere entre os estratos e horários de captura.

1.1 OBJETIVO GERAL

- Gerar um suporte de informações sobre a fauna de mariposas Arctiini, Saturniidae e Sphingidae na FLONA do Tapajós com a finalidade de auxiliar futuras pesquisas no que diz respeito à conservação da biodiversidade da Amazônia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os parâmetros faunísticos (composição, diversidade, riqueza, abundância, dominância e uniformidade de espécies) ocorrentes nos estratos;
- Analisar a riqueza e abundância de espécies em relação aos parâmetros meteorológicos (umidade relativa, temperatura e vento);
- Analisar o padrão da atividade horária das mariposas entre os estratos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEPIDOPTERA: MARIPOSAS

Para o estado de conhecimento sobre a diversidade biológica, é crucial quantificar e documentar a abundância e riqueza de espécies de seus táxons mais numerosos, como os insetos. Embora desafiador, a avaliação precisa da diversidade e abundância de insetos é um requisito fundamental para estimar e mitigar a perda da biodiversidade em florestas tropicais (AMORIM *et al.*, 2022). Os insetos concentram cerca de 60% de todas as espécies conhecidas no globo terrestre (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011; RAFAEL *et al.*, 2012). Dentro deste grupo, as quatro principais ordens que se destacam por sua alta riqueza de espécies são Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera (FORBES *et al.*, 2018).

A ordem Lepidoptera contém cerca de 124 famílias (HEPPNER, 1998), porém esses números variam entre autores. A sua distribuição ocorre por todo o mundo, com destaque para a região Neotropical que detém a maior riqueza de espécies (mais de 30% das espécies) (HEPPNER, 1991).

Os lepidópteros no Brasil correspondem a uma riqueza de 26.000 espécies e 71 famílias, reunidos em borboletas e mariposas que representam entre 13% e 87% do total de espécies, respectivamente (DUARTE *et al.*, 2012). A distribuição dos lepidópteros ocorre em vários tipos de vegetações, topografia, clima, entre outras características, que lhe proporcionam condições favoráveis para a sua sobrevivência e diversificação da fauna (DUARTE *et al.*, 2012). Além disso, realizam serviços ecológicos relevantes na dinâmica de ecossistemas decorrentes do desempenho como fitófagos, decompositores, presas, hospedeiros e polinizadores, e a sua relação com a vegetação e demais artrópodes (DUARTE *et al.*, 2012).

As mariposas geralmente têm atividade noturna e fototropismo positivo, características que possibilitam serem fortemente atraídas em determinadas faixas de comprimentos de ondas emitidas por fontes luminosas específicas (BREHM *et al.*, 2021; NIERMANN e BREHM, 2022). Dentre a fauna encontrada podemos citar as famílias Erebidae (tribo Arctiini), Geometridae, Saturniidae e Sphingidae como potenciais indicadores para monitoramento ambiental (BROWN Jr. e FREITAS, 1999).

2.2 TRIBO ARCTIINI (EREBIDAE: ARCTIINAE)

A subfamília Arctiinae são mariposas que pertencem a família Erebidae (ZAHIRI *et al.*, 2012), com maioria de hábitos noturnos, crepusculares e uma minoria estritamente diurnos (HEPPNER, 2008; POWELL, 2009). O tamanho dos adultos varia de pequeno a moderadamente grande, de envergadura alar de 5 a 50 mm (HEPPNER, 2008), mas alguns

possuem asas posteriores bastante reduzidas como as do gênero *Myrmecopsis* Newman, 1850, *Sphecosoma* Butler, 1876 e *Pleurosoma* Orfila, 1935 semelhantes as vespas (SIMMONS e WELLER, 2002; HEPPNER, 2008). Eles geralmente são marcados com listras e manchas de cores vivas e brilhantes com variedades de padrões que destacam o laranja, vermelho e preto (POWELL, 2009). A vivacidade da coloração e a comunicação acústica (órgãos timpânicos) são indicativos de aposematismo, que servem como mecanismo de defesa e sinal de advertência contra predadores sobre sua toxicidade (CONNER *et al.*, 2009; CORCORAN *et al.*, 2011). Além disso, estão envolvidos em mimetismos complexos com vespas (Hymenoptera) (SIMMONS e WELLER, 2002) e outros lepidópteros, e algumas espécies excretam substâncias tóxicas quando molestadas (BROWN Jr. e FREITAS, 1999).

As larvas são frequentemente pilosas, alguns em excesso (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011) e dispostas em tufos de verrugas (ALFORD, 1999). Em relação ao comportamento são tipicamente solitárias, com pouco incidência de espécies gregárias (STEHR, 1991). Em geral, alimentam-se das folhas de diversas plantas (polípagas) (SCOBLE, 1995), contudo, existem espécies que se alimentam de uma (monófagas) ou poucas espécies (oligófagas) de plantas (STHER, 1991). As plantas hospedeiras (por exemplo, família Heliotropiaceae) são ricas em metabólitos secundários (ANCAJIMA e NEYRA-HIDALDO, 2021), e especialmente as moléculas de alcalóides pirrolizidínicos (AP's) são biossintetizados pelas lagartas que os incorporam até a fase adulta para produção de feromônios sexual e veneno, importantes artifícios de atração de parceiros e anti-predação (SOURAKOV, 2008).

Arctiinae são conhecidas cerca de 11.155 espécies (HEPPNER, 2008), distribuídas em quase todas as regiões zoogeográficas (SCOBLE, 1995), com aproximadamente 6.000 espécies na região Neotropical (HEPPNER, 2008) e 2.000 espécies estimadas para o Brasil (BROWN Jr. e FREITAS, 1999). As tribos Arctiini, Amerilini, Lithosiini e Syntomini compõem a subfamília (ZENKER *et al.*, 2016), que apresentam em comum um par de glândulas de feromônios eversíveis dorsais associadas às papilas anais das fêmeas (POWELL, 2009; TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011) e um retináculo (tufo de cerdas ou uma dobra na membrana ventral da asa posterior, geralmente na base da veia subcostal) alongado nos machos (estrutura reduzida ou encurtada em Lithosiini, especialmente em espécies de pequeno porte, e ausente em Syntomini) (KITCHING e RAWLINS, 1999).

Arctiini são as mais diversas nos aspectos de morfologia, biologia e riqueza de espécies, já que agrega a maior parte das espécies da subfamília (WELLER *et al.*, 2009). As larvas possuem o corpo coberto por densas cerdas (SCOBLE, 1995) e algumas delas causam a periartrite falangeana ou pararamose como a espécie *Premolis semirufa* (Walker, 1856) da região amazônica (HOSSLER, 2009; DUARTE *et al.*, 2012; VILLAS-BOAS *et al.*, 2016).

Além disso, elas são desfolhadoras generalistas de várias plantas e/ou especialistas (POWELL, 2009; BRAGA e DINIZ, 2015) em alguns gêneros específicos das famílias Apocynaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Asteraceae, Boraginaceae (POWELL, 2009). As lagartas do gênero *Paracles* Walker, 1855 são as únicas que se tem conhecimento que realizam esta fase do seu ciclo onde habitam o meio aquático (BROWN Jr. e FREITAS, 1999; MENESES *et al.*, 2013).

Os adultos são predominantemente noturnos (TRIPLERHORN e JOHNSON, 2011), as asas anteriores largas e as posteriores menores que as anteriores (SCOBLE, 1995), e em repouso elas posicionam-se sobre o corpo como um tipo de cobertura (TRIPLERHORN e JOHNSON, 2011). Geralmente são coloridos com manchas ou faixas vivas com algumas tendências para o branco ou castanho (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011), características que permitem serem conhecidos também por mariposas tigre (ROBINSON, 2005). Os caracteres inerentes a tribo são decorrentes da venação alar que evidencia uma fusão entre as veias Sc e Rs nas asas posteriores até a metade da célula discal que a distingue de Noctuidae (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011); e pela presença de um par de órgãos timpânicos localizados no abdome ou no metatórax (COSTA LIMA, 1950). Em alguns indivíduos ocorrem dimorfismo sexual (ROUGERIE e LAGUERRE, 2010); as antenas por sua vez são pectinadas ou bipectinadas e a espirotromba pode ser bem desenvolvida, incompletamente desenvolvida; longa, extremamente pequena e/ou ausente (WATSON e GOODGER, 1986; PIÑAS RUBIO *et al.*, 2000).

Os representantes de Arctiini agrupam-se em sete subtribos: Arctiina, Callimorphina, Ctenuchina, Euchromiina, Pericopina, Phaegopterina e Spilosomina (LAFONTAINE e SCHMIDT, 2010). As espécies distribuem-se por todo o planeta (SCOBLE, 1995; TRIPLERHORN e JOHNSON, 2011), porém com expressiva representatividade na região Neotropical que registra 4.761 espécies (HEPPNER, 1991), destas são reconhecidas 1.225 espécies para o Brasil (FERRO e DINIZ, 2010) e 1.058 na Amazônia brasileira (TESTON e FERRO, 2020).

O conhecimento da fauna de Arctiini na Amazônia é imprescindível e nas últimas décadas as pesquisas foram intensificadas com vários trabalhos (HAWES *et al.*, 2009; TESTON e DELFINA, 2010; TESTON *et al.*, 2012; DELFINA e TESTON, 2013; TESTON e CORREA, 2015; TESTON e FREITAS, 2015; TESTON *et al.*, 2016; TESTON e FERRO 2016a e 2016b; TESTON, 2017; VALENTE *et al.*, 2018; TESTON *et al.*, 2019a e 2019b; TESTON e FERRO 2019; TESTON e FERRO, 2020; TESTON *et al.*, 2020; TESTON, 2021a e 2021b). No entanto, estudos sobre estratificação vertical (FREITAS, 2014) e atividade de voo de Arctiini (TESTON, 2021a e 2021b) ainda são escassos e ressaltam a importância de ampliar as informações com trabalhos que focam estas abordagens.

2.3 FAMÍLIA SATURNIIDAE (BOMBYCOIDEA)

A família Saturniidae (mariposas reais e bicho-da-seda gigante) englobam muitas das mariposas mais espetaculares do mundo, com adultos de envergadura alar que variam de médio a grande porte (14 a 300 mm) (HEPPNER, 2008; POWELL, 2009), embora existam pequenas (BROWN Jr. e FREITAS, 1999). As asas exibem variação em que as anteriores são amplamente triangulares, muitas vezes com ápice falciforme (especialmente em machos de alguns gêneros), ou mais arredondados; as asas posteriores arredondadas, e alguns com presença de caudas extremamente longas e finas, como do gênero *Copiopteryx* Duncan, 1841 (HEPPNER, 2008). Os padrões de cores são diversificados muitas vezes com manchas ocelares com anéis concêntricos em referência aos anéis de saturno que dá origem ao nome da família (LEMAIRE e MINET, 1998; POWELL, 2009), e que supostamente atuam como um mecanismo de defesa contra os predadores (CAPINERA, 2008; DUARTE *et al.*, 2012).

O corpo caracteriza-se por ser robusto, porém relativamente pequeno em relação ao tamanho de suas asas, com longas escamas semelhantes a cerdas (HEPPNER, 2008; DUARTE *et al.*, 2012). Muitas espécies voam à noite ou no crepúsculo, mas alguns são diurnos (LEMAIRE e MINET, 1998; HEPPNER, 2008). Os machos têm o voo mais rápido em busca das fêmeas, que normalmente são mais lentas e pesadas (DUARTE *et al.*, 2012). As fêmeas sintetizam um feromônio sexual que os machos são capazes de identificar a longas distâncias (HOGUE, 1993; CAPINERA, 2008; TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011) através de suas antenas que são maiores e podem ser do tipo bipectinadas ou quadripectinadas em ambos os sexos (HEPPNER, 2008; TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011). As estruturas bucais são reduzidas ou ausentes, nesta fase não se alimentam e contam com estoques de energias que são obtidos durante o estágio larval (HOGUE, 1993).

As larvas são robustas com cabeça lisa proeminente e espinhos dispersos pelo corpo que muitas vezes são ramificados; as cerdas secundárias são numerosas, mas pequenas a medida que avançam na região ventral mediana do corpo (POWELL, 2009). Os espinhos ou cerdas podem ser urticantes em algumas espécies liberando substâncias tóxicas (VILLAS-BOAS *et al.*, 2016), e por isso são de extrema relevância na área médica, já que essas substâncias penetram na pele através do contato acidental com elas causando sérios acidentes como síndrome hemorrágica causada pelo gênero *Lonomia* Walker, 1855 (Saturniidae: Hemileucinae) em alguns casos fatais ao homem; e a dermatite urticante que ocasionam queimaduras e inchaço local provocadas por mariposas fêmeas do gênero *Hylesia* Hübner, [1820] (Saturniidae: Hemileucinae) na fase larval (erucismo) e adulta (lepdopterismo) (HOSSLER, 2009; DUARTE *et al.*, 2012). Em relação ao comportamento as lagartas de saturnídeos podem ser solitárias ou gregárias; monófagas (DUARTE *et al.*, 2012) ou polífagas

(HEPPNER, 2008; POWELL, 2009) de uma enorme variedade de espécies das famílias Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Fagaceae, Loganiaceae, Malvaceae (incluindo Bombacaceae, Sterculiaceae e Tiliaceae), Moraceae, Myristicaceae, Oleaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Rutaceae, Salicaceae, Sapindaceae, Sapotaceae e Simaroubaceae, entre outras (HOGUE, 1993; DUARTE *et al.*, 2012).

Os saturnídeos diferenciam-se sobretudo pela antena do adulto com flagelômero distal em forma de cone sensorial e pelo dimorfismo sexual da perna anterior: as fêmeas têm um par de estruturas dentiformes na superfície látero-ventral do quarto tarsômero, ausentes em algumas poucas espécies, que não ocorrem no Brasil (DUARTE *et al.*, 2012). O compartilhamento destes caracteres estão presentes nas subfamílias Agliinae, Arsenurinae, Ceratocampinae, Cercophaninae, Hemileucinae, Ludiinae, Oxyteninae, Salassinae e Saturniinae) (MINET, 1994; VAN NIEUKERKEN *et al.*, 2011), porém apenas cinco delas (Arsenurinae, Ceratocampinae, Hemileucinae, Oxyteninae e Saturniinae) são registradas para o Brasil (ORLANDIN, 2023).

Saturniidae é cosmopolita (BROWN Jr. e FREITAS, 1999; DUARTE *et al.*, 2012) e inclui 2.349 espécies e 169 gêneros, considerada a mais numerosa dentro de Bombycoidea (VAN NIEUKERKEN *et al.*, 2011). Na região Neotropical são bem representadas com 860 espécies (HEPPNER, 2008), destas 466 são encontradas no Brasil (CAMARGO *et al.*, 2022) e 147 na Amazônia (CAMARGO *et al.*, 2012).

Segundo CAMARGO e SCHMIDT (2009) por se tratar de um grupo predominante nos trópicos, apresenta um dos mais pertinentes em estudos ecológicos e biogeográficos. Neste sentido, as pesquisas sobre Saturniidae na Amazônia brasileira tem contribuído para gerar informações sob diferentes aspectos: econômico, medicinal e ecológico (MOTTA, 2000; HAWES *et al.*, 2009; PARREIRA *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015; SANTOS e GONÇALVES, 2015; CAMARGO *et al.*, 2016; LAMARRE *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017; CAMPELO *et al.*, 2020; CAMPELO e TESTON, 2021; DECAËNS, 2021; AMARAL *et al.*, 2022; CORREA-CARMONA *et al.*, 2022). Contudo, o estado de conhecimento sobre atividade horária (CAMARGO *et al.*, 2016) e estratificação vertical (CAMPELO *et al.*, 2020; CAMPELO e TESTON, 2021) ainda necessitam de uma demanda maior de trabalhos desta natureza para ampliar e preencher as lacunas sobre este táxon.

2.4 FAMÍLIA SPHINGIDAE (BOMBYCOIDEA)

A família Sphingidae (mariposas esfinges, falcão e beija-flor), está entre as maiores e bem reconhecidas em Lepidoptera em virtude das características distintas dos adultos e das larvas (BROWN Jr. e FREITAS, 1999; POWELL, 2009). Os adultos são geralmente de hábitos noturnos e alguns crepusculares e diurnos (LEMAIRE e MINET, 1998; HEPPNER, 2008); o

tamanho varia de médio a grande com envergadura alar de 10 mm a 200 mm de asas triangulares, as anteriores são longas e estreitas, e as posteriores basalmente arredondadas e menores (BROWN Jr. e FREITAS, 1999; HEPPNER, 2008; DUARTE *et al.*, 2012). Apresentam coloração variada, com predominância nos tons de marrom e cinza, mas também ocorrem espécies coloridas (HEPPNER, 2008) e algumas possuem asas hialinas imitando vespas (por exemplo, o gênero *Hemaris* Dalman, 1816) (HEPPNER, 2008; TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011).

O corpo é fusiforme, afunilado, pontiagudo, robusto e pesado (HEPPNER, 2008; TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011), porém são exímios voadores (DUARTE *et al.*, 2012; GRIMALDI e ENGEL, 2005) atingindo uma velocidade de 15 m/s (SNODGRASS, 1935), com batimentos de asas muito aceleradas (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011; DUARTE *et al.*, 2012) que pairam no ar durante a alimentação de estilo semelhante ao dos beija-flores (ROBINSON, 2005; POWELL, 2009; TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011), e assim muitas espécies chegam a aumentar a sua temperatura corporal até 8° ou 10°C superior ao ambiente devido ao esforço muscular (BROWN Jr. e FREITAS, 1999). Além disso, o seu padrão de voo permite o deslocamento de longas distâncias, de tal modo que alguns esfingídeos são considerados excelentes migradores (BROWN Jr. e FREITAS, 1999; AMORIM *et al.* 2009; POWELL, 2009; DUARTE *et al.*, 2012).

Os olhos são bem desenvolvidos (BROWN Jr. e FREITAS, 1999), as antenas estiliformes (GALLO *et al.*, 2002) e a espirotromba geralmente é desenvolvida e muito longa (POWELL, 2009), podendo ser do tamanho do corpo (por exemplo, *Macroglossum* Scopoli, 1777) (GRIMALDI e ENGEL, 2005), ultrapassando o próprio corpo (por exemplo, até 30 cm em *Xanthopan morganii praedicta* Rothschild & Jordan, 1903) (HEPPNER, 2008), e raramente são curtas e não funcionais (BROWN Jr. e FREITAS, 1999). O aparelho bucal longo favorece a visitação em tubos florais estreitos que contém néctar em sua base (DARRAULT e SCHLINDWEIN, 2005). O néctar é a fonte de alimento dos adultos que desempenham papéis significativos de polinização de uma variedade de espécies das famílias Amaryllidaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Cactaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Gesneriaceae, Martyniaceae, Onagraceae, Orchidaceae, Rubiaceae, Solanaceae, entre outras plantas (DUARTE *et al.*, 2012).

As larvas são conhecidas por “lagarta-de-chifre” em virtude da maioria das espécies possuírem uma estrutura pontiaguda semelhante a um espinho na superfície dorsal do oitavo segmento abdominal (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011; DUARTE *et al.*, 2012). Quando perturbadas as lagartas adotam uma postura em que o tórax fica erguido e a cabeça retraída lembrando a pose de uma esfinge egípcia, daí a origem do nome esfinge (BROWN Jr. e

FREITAS, 1999; POWELL, 2009; DUARTE *et al.*, 2012). Em geral, o corpo são densamente ou não cobertos com minúsculas cerdas ou protuberâncias (POWELL, 2009), camuflam-se de acordo com a planta hospedeira e algumas delas têm grandes manchas ocelares no tórax que presumivelmente assustam potenciais predadores (GRIMALDI e ENGEL, 2005). Os esfingídeos nesta fase são fitófagos e alimentam-se de diversas gimnospermas e angiospermas, muitas vezes especialistas em plantas com defesas químicas que repelem a maioria dos insetos, incluindo Apocynaceae, Cleaceae, Solanaceae, Rubiaceae e Violaceae (POWELL, 2009). Algumas espécies são consideradas de relevância econômica como a *Manduca sexta* (Linnaeus, 1763) que causam sérios danos a cultura de várias solanáceas em escala global e nacionalmente *Erinnys ello* (Linnaeus, 1758) prejudicam o cultivo da mandioca e da seringueira (DUARTE *et al.*, 2012).

Sphingidae apresenta monofiletismo sustentado por caracteres fundamentados em sinapomorfias (MINET, 1994). Nas pupas, a superfície da asa posterior exposta não alcança o segmento abdominal IV; os segmentos abdominais I-VII das lagartas possuem faixas oblíquas nas laterais; na asa anterior dos adultos a origem de M₂ ocorre ligeiramente mais próxima de M₃ que de M₁; a margem externa da asa posterior ocorre angulação na extremidade de A₁₊₂+A₃ (DUARTE *et al.*, 2012). Estas características estão presentes nas três subfamílias e oito tribos: Smerinthinae, (Smerintnithini, Sphingulini e Ambulycini), Sphinginae (Sphingini e Ancherontiini) e Macroglossinae (Dilophonotini, Philampelini e Macroglossini) (KITCHING e CADIOU, 2000). Porém apenas seis tribos (Ambulycini, Ancherontiini, Dilophonotini, Macroglossini, Philampelini e Sphingini) ocorrem no Brasil (DUARTE *et al.*, 2012).

Os esfingídeos distribuem-se em todo o mundo (Antártida) com aproximadamente 1.300 espécies e 203 gêneros descritos (DUARTE *et al.*, 2012), porém os trópicos da América, África e Ásia concentram a maior biodiversidade (CAPINERA, 2008; POWELL, 2009; DUARTE *et al.*, 2012). Na região Neotropical as estimativas apontam a ocorrência de 400 espécies (DUARTE *et al.*, 2012), das quais 200 ocorrem no Brasil (ORLANDIN e DIAS, 2023) e 128 são atualmente registradas para a Amazônia Brasileira (CAMARGO *et al.*, 2016).

Os trabalhos realizados com Sphingidae na Amazônia Brasileira ainda são insuficientes (ROTHSCHILD e JORDAN, 1910; MOSS, 1920; MOTTA *et al.*, 1991; MOTTA e SOARES, 1997; MOTTA e ANDREAZZE, 2001 e 2002; MOTTA e XAVIER FILHO, 2005; DUARTE *et al.*, 2009; HAWES *et al.*, 2009; HAXAIRE, 2009; CAMARGO *et al.*, 2016; CONCEIÇÃO e TESTON, 2020), especialmente quando se trata de atividade horária (MOTTA *et al.*, 1998; CAMARGO *et al.*, 2016; LOURIDO *et al.*, 2018) e estratificação vertical que são praticamente desconhecidas ou incompletas as informações, podendo ser citado o estudo de LOURIDO *et al.*, (2018) que deu ênfase para o dossel.

2.5 ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL

As florestas apresentam uma estrutura, arquitetura e dinâmica espacial de organização horizontal e vertical (PUIG, 2008). No caso das florestas tropicais as evidências de estratificação vertical são bem marcantes (RICHARDS, 1996), compreendendo desde o solo até a copa das árvores de componentes físicos e biológicos diferenciados e uma variedade de habitats (DIAS - LIMA *et al.*, 2002).

O dossel é formado pela agregação de folhas, caules e pequenos galhos de árvores na superfície mais elevada de uma floresta (PUIG, 2008). Este estrato interage com a atmosfera onde as condições físicas de luminosidade, radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento são mais altas (BASSET *et al.*, 2003; PUIG, 2008). Nos estratos inferiores, a intensidade das condições físicas é gradativamente invertida a medida que se aproxima do nível do solo, cujo ambiente no sub-bosque encontra-se tamponado, estável, sombreado e úmido (PUIG, 2008; ANDRÉ *et al.*, 2021).

No gradiente vertical as condições abióticas e bióticas contribuem na constituição de um conjunto de características intrínsecas correspondente a cada estrato (BASHAM *et al.* 2022, e assim cada camada da vegetação também apresenta uma fauna característica (AMORIM *et al.*, 2022; BASHAM *et al.*, 2023) Segundo FINOL (1975) a importância da avaliação de espécies nos diferentes estratos da floresta é devida ao fato de cada espécie ter seu lugar assegurado na estrutura e composição, quando se encontra representada em todos os estratos, exceto a essa regra àquelas que não ultrapassam do estrato inferior, por características próprias, sendo pouco desenvolvidas e muito tolerantes à sombra.

O estudo da fauna no gradiente vertical encontra-se documentada na literatura para vertebrados como mamíferos, aves e répteis (PREVEDELLO *et al.*, 2008; CHMEL *et al.*, 2016; GONZALEZ *et al.*, 2020), e invertebrados em sua maioria artrópodes (HILTON e JAPYASSÚ, 2001; MORATO, 2001; TISSOT e NAVARRO-SILVA, 2002; GONÇALVES e LOUZADA, 2005).

A estratificação da artropofauna em florestas tropicais de acordo com BASSET *et al.* (2003) é determinada por fatores abióticos, fisionomia da floresta e arquitetura arbórea, disponibilidade de recursos e comportamento dos organismos. Esses fatores contribuem direto ou indiretamente para que a distribuição de artrópodes neste meio não ocorra de forma homogênea (por exemplo, KATO *et al.*, 1995; TANABE, 2002; SORENSEN, 2003; DIWAKAR e BALAKRISHNAN, 2007; HIRTS, 2007; GRIMBACHER e STORK, 2009).

Vale ressaltar que os artrópodes são representados em sua maioria por insetos herbívoros considerando que a distribuição deles em estratos verticais florestais úmidas pode ser bastante

expressivo (BASSET *et al.*, 2001). Os estudos indicam que no dossel a fauna de insetos é mais rica e abundante de espécies (CAMPOS *et al.*, 2006; AMORIM *et al.*, 2022). Para esta dominância aponta-se a fartura e qualidade de recursos disponíveis neste estrato, visto que os insetos se beneficiam das copas de árvores para realizar atividades biológicas importantes de alimentação, oviposição, nidificação, reprodução e polinização (BASSET *et al.*, 2003; PUIG, 2008).

A fauna de Lepidoptera também mostra-se estratificada verticalmente (AMORIM *et al.*, 2022), assim como para os grupos desta ordem (borboletas e mariposas). Uma síntese de trabalhos com lepidópteros, especialmente borboletas, destacam a estratificação vertical delas na floresta em várias regiões tropicais, tais como: África (JACKSON, 1961), América Central e do Sul (DEVRIES, 1988; BECCALONI, 1997; DEVRIES e WALLA, 2001) e sudeste da Ásia (SCHULZE *et al.*, 2001; TANGAH *et al.*, 2004; FERMON *et al.*, 2005). Algumas investigações mais detalhadas sobre a sua distribuição evidenciam que as borboletas no interior florestas tropicais apresentam uma tendência de voar a uma certa altura que coincide com a ocorrência de suas plantas hospedeiras ou outros recursos (BECCALONI, 1997; DEVRIES *et al.*, 1997); já outras borboletas preferem voar em diferentes estratos condicionadas pelo padrão mimético (PAPAGEORGIS, 1975). Além disso, estudos consolidados mostram que a fauna de borboletas no dossel é diferente quando comparado ao sub-bosque em virtude da desigualdade de incidência solar sobre o dossel em consideração ao sub-bosque (DEVRIES *et al.*, 1997; DEVRIES *et al.*, 1999; BECK e SCHULZE, 2000; HILL *et al.*, 2001).

Já os trabalhos de estratificação vertical com mariposas nas últimas décadas tem tido maior relevância (INTACHAT e HOLLOWAY, 2000; SCHULZE *et al.*, 2001; BECK *et al.*, 2002; SCHULZE e FIEDLER, 2003, BREHM *et al.*, 2007; BREHM, 2009; BREHM, 2010; CAMPELO *et al.*, 2020). Assim, o padrão de distribuição vertical de mariposas em florestas tropicais de áreas montanhosas a predominância no dossel se confirma para algumas famílias (SCHULZE e FIEDLER, 1997; SHULZE *et al.*, 2001), mas em alguns casos as mariposas não apresentam preferência por estratos específicos (BECK *et al.*, 2002). Ao contrário, das florestas tropicais de terra firme em que o sub-bosque tem se demonstrado mais rico para determinadas famílias (BREHM, 2007; INTACHAT e HOLLOWAY, 2000; FREITAS, 2014; CAMPELO *et al.*, 2020).

2.6 ATIVIDADE DE VOO

Os insetos são os únicos grupos de invertebrados que adquiriram habilidade de voar, e isto provavelmente compreende a inovação morfológica mais importante para o sucesso

adaptativo (GRIMALDI e ENGEL, 2005; MATTHEWS e MATTHEWS, 2010). Além da locomoção, o voo permite expandir a sua área de dispersão, explorar novos espaços, fugir de predadores, localizar parceiros e alimentos (GRIMALDI e ENGEL, 2005; RESH e CARDÉ, 2009).

Desta forma, estudos sobre a atividade diária das espécies são importantes para responder questões a respeito do melhor período de amostragem de uma determinada espécie, a partição temporal de nicho e os padrões de co-ocorrência (MORENO *et al.*, 2021). Porém, uma melhor investigação sobre o horário de voo dos insetos se faz necessário, e com base nesta ideia, SILVEIRA NETO *et al.* (1976) agruparam eles em: diurnos (das 7 às 17h), noturnos (19 às 5h) e crepusculares (matutinos das 5 às 7h; e vespertinos das 17 às 19h).

Dentre os insetos, as mariposas (Lepidoptera) em sua maioria de hábito noturno, voo variado e adaptadas as condições locais de clima e vegetação (DUARTE *et al.*, 2012), são organismos potenciais em estudos voltados para a atividade horária de voo (SILVEIRA NETO *et al.*, 1975; LOURIDO *et al.*, 2008; SCHERRER *et al.*, 2013; LAMARRE *et al.*, 2015; CAMARGO *et al.*, 2016a; LOURIDO *et al.*, 2018; MORENO *et al.*, 2021; TESTON, 2021a e 2021,b; VALENTE e TESTON, 2023) considerando a sua importância e atuação em processos ecológicos na ciclagem de nutrientes, herbívoros, polinização, predação e parasitismo (DUARTE *et al.*, 2012).

Para efeito de uma análise complementar da atividade de voo de mariposas deve-se também ser levada em consideração os fatores ecológicos que interferem no seu comportamento, tais como temperatura, umidade relativa, vento e alimento (JANZEN, 1984; XING *et al.*, 2023). Os fatores meteorológicos podem influenciar na dinâmica dessas populações em termos de abundância, riqueza e composição de espécies (JANZEN, 1984; MONTERO-MUNHOZ *et al.*, 2013).

A maioria dos estudos que focam nas flutuações de riqueza e abundância de espécies de mariposas referem-se à sazonalidade (AMORIM *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2014; VALENTE *et al.*, 2018; CONCEIÇÃO e TESTON, 2020, CAMPELO e TESTON, 2021; BARCELLOS *et al.*, 2022), e aos poucos tem avançado no que se refere a variação diária desse grupo considerando estas duas medidas de diversidade (SCHERRER *et al.*, 2013, CAMARGO *et al.*, 2016a). Neste contexto, os estudos com ênfase em atividade horária de voo permitem estabelecer um padrão comportamental que é considerado primordial para que um determinado organismo possa ditar a sua distribuição e a interação com os demais organismos (COSTA *et al.*, 2011).

No decorrer dos anos, os dados obtidos a respeito dessa abordagem de pesquisa tem contribuído para gerar informações consistentes e relevantes sobre a periodicidade de voo de

algumas famílias de mariposas, como por exemplo, FISK e PEREZ (1969), STEWART e LAM (1969), SILVEIRA NETO *et al.* (1975), PERSSON (1976), SILVEIRA NETO *et al.* (1977), MOTTA (1998) e MOTTA e ANDREAZZE (2001).

Os trabalhos mais recentes evidenciam as variações na atividade horária de voo para determinadas famílias. Os esfingídeos podem ser ativos nas horas iniciais (LAMARRE *et al.*, 2015), nas horas finais (CAMARGO *et al.*, 2016a; LOURIDO *et al.*, 2018) e constantes a noite toda (LOURIDO *et al.*, 2018) dependendo da região. Arctiinae tem maior atividade de voo nas primeiras horas da noite no Brasil (SCHERRER *et al.*, 2013; MORENO *et al.*, 2021; TESTON, 2021a). Saturniidae são frequentemente encontrados ao longo da noite com maior ocorrência a meia-noite na Guiana Francesa (LAMARRE *et al.*, 2015). Diante do exposto, o conhecimento básico sobre a atividade temporal de voo de mariposas gera informações importantes a respeito do período ótimo mais indicado da amostragem, consolidando melhor caracterização e monitoramento da diversidade (CAMARGO *et al.*, 2016a). Por outro lado, apesar das mariposas mostrarem preferência de voo por horários exclusivos é importante salientar que os estudos recomendam maior duração em horas do período de amostragem, pois os horários de voo das espécies não são distribuídos de forma homogênea (LAMARRE *et al.*, 2015), e assim permite uma representação máxima da fauna (CAMARGO *et al.*, 2016b; TESTON, 2021a).

3 CAPÍTULOS

3.1 CAPÍTULO 01 - VERTICAL STRATIFICATION OF SPHINGIDAE MOTHS (INSECTA, LEPIDOPTERA) IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST, PARÁ BRASIL

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. 2023

Aceito para publicação na Revista Zoologia (Curitiba) (<https://www.scielo.br/j/zool/>) em agosto de 2023. O capítulo produzido seguiu as normas da revista supracitada, porém para facilitar a leitura e compreensão dos avaliadores foram inseridas na parte textual figuras e tabelas.



ZOOLOGIA
an international journal for zoology

Open Access

Zoologia (Curitiba)

Publicação de: Sociedade Brasileira de Zoologia

Área: Ciências Biológicas

Versão impressa ISSN: 1984-4670 Versão on-line ISSN: 1984-4689

Título anterior: Revista Brasileira de Zoologia

VERTICAL STRATIFICATION OF SPHINGIDAE MOTHS (INSECTA, LEPIDOPTERA) IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST, PARÁ, BRAZIL

Danúbia Marcela Pereira Valente¹, José Augusto Teston¹

¹ Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais, Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede Bionorte, 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

Corresponding author: Danúbia M. P. Valente (danubiavalente@ymail.com)

Abstract

The present study analyzed the vertical stratification of hawkmoths (Lepidoptera: Bombycoidea: Sphingidae) in an area of the Dense Ombrophylous Forest in the Amazon. The moths were captured through light traps with ultraviolet lamps F15 T12 LN installed in three strata (canopy, midstory, and understory) from 6 p.m to 7 a.m, during the first quarter to new moon period, on three consecutive nights per month during May 2019 to February 2020, in the Tapajós National Forest located in Pará, a state from Brazil (02°51'23.3" S and 54°57'31.0" W). This study analyzed 33 species (S) and 775 specimens (N) of Sphingidae. The sphingofauna had a high concentration, mainly in the upper strata, with greater emphasis on richness (S= 28), abundance (N= 687), and Berger Parker dominance (BP= 0.72) found in the forest canopy. The canopy's dominance stood out because the species *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) was more abundant in this stratum (N= 492). PERMANOVA analysis indicated significant differences in all strata. Therefore, our study provided important information about the vertical distribution of moths, showing that their richness, abundance, and species composition are distinct between strata.

Keywords: Canopy, *Erinnyis ello*, hawkmoths, sphingofauna, strata.

Introduction

The forest vegetation is characterized through the dominance of the arboreal stratum with a continuous canopy (Veríssimo and Pereira 2014). Furthermore, Souza and Souza (2004) add that the forest structure can exhibit distinct layers or strata (understory, lower stratum, middle stratum, and upper stratum) depending on the phytoecological region, succession stage, conservation status, and ecological role. On the contrary, it is possible to consider that most of the time, the stratification can not be arranged this way.

Vertical stratification contributes to species diversity by offering unique microclimates regarding relative humidity, temperature, and solar radiation (Puig 2008). As well as it corroborates to generate those faunas adapted to exploit different types of resources (Campos et al. 2008), with insects as excellent distribution models since they live in almost all places

and different habitats (Costa et al. 2011).

Studies of vertical distribution have shown a greater agglomeration of insects in the canopy (Amorim et al. 2022) since this stratum and the diversified environment have various ecological niches (Puig 2008). Regarding lepidopterans, especially moths, the pattern of vertical distribution in tropical forests in mountainous areas and canopy preference is confirmed for certain groups (Shulze and Fiedler 1997; Shulze et al. 2001). Nevertheless, in some cases, neither the canopy nor the understory stands out (Beck et al. 2002). However, in lowland tropical forests, the understory is richer (Brehm 2006; Intachat and Holloway 2000; Freitas 2014; Campelo et al. 2020).

The moths of the Sphingidae family, also popularly known as hawkmoths, have a predominantly habit nocturnal and have a high degree of mobility, area of dispersion, and migration (Avila Jr. et al. 2011). In addition, it happens partly due to the strong wing muscles and having the forewings larger than the hindwings allowing fast flight and displacement over long distances (Janzen 1984; Powell 2009). In addition, they have a generally long proboscis that makes them important providers of environmental services as pollinators of numerous varieties of flowering plants (Azevedo Costa and Oliveira 2013; Oliveira et al. 2014).

The hawkmoths (Sphingidae) are formed by the subfamilies Macroglossinae, Smerinthinae, and Sphinginae (Duarte et al. 2012). They are distributed all over the world (except Greenland and Antarctica), with approximately 1,300 species and 203 genders described, even though it is possible to perceive that the tropics of America, Africa, and Asia continents concentrate the greatest biodiversity (Duarte et al. 2012). In the Neotropical region, it is estimated the occurrence of 400 species, of which 180 are found in Brazil (Duarte et al. 2012) and 128 are currently recorded for the Brazilian Amazon (Camargo et al. 2016).

Despite hawkmoths being considered one of the best inventoried and studied Lepidoptera families in the world (Kitching and Cadiou 2000), the vertical distribution is still to be better understood. Studies of this nature are rare both for Sphingidae (Lourido et al. 2018) and for other groups of moths in the Amazon region (Lourido et al. 2008; Freitas 2014), highlighting the urgent need for intensive research that will provide valuable information about the taxonomy and its functional importance in the face of the deforestation crisis that is advancing on its natural ecosystems, causing a decline in biodiversity. Therefore, a more detailed study of faunal biodiversity should be considered for a more accurate assessment of the species that exploit different profiles of the forest, since each species can have its position guaranteed in the structure and the composition, especially when it is represented in all strata (Finol 1975).

Considering that previous studies on vertical stratification of moths in tropical forests have been documented and contributed with relevant data under different environmental conditions, however the efforts have not yet been sufficient to determine a pattern of vertical distribution. Thus, the present study aimed to understand the vertical stratification of hawkmoths in an area of dense rainforest in the Tapajós National Forest, located in Pará state, Brazil; assuming that the abundance, richness and species composition of hawkmoths differ between the analyzed strata.

Material and Methods

The study was carried out in a tower platform (02°51'23.3"S and 54°57'31.0"W) (Fig. 1,2) of 45 meters high, belonging to the Large Scale Biosphere-Atmosphere in the Amazon Program (LBA). This sampling unit (SU) is located 6 km in a straight line from the inside of the Tapajós National Forest (TNF) to the federal highway BR-163 at Km 67 (from the city of Santarém to the other city Cuiabá, located in Mato Grosso state), in the western region of Pará.

The TNF is characterized by a predominant covered vegetation of Dense Ombrophylous Forest, consisting of large trees, woody lianas, palm trees and epiphytes (Cordeiro, 2005). According to Köppen's classification, its climate is Ami type (hot and

humid), with an average annual temperature of 25.5°C and an average annual precipitation of 1,892 mm, according to the data obtained between 1971 and 2016 from the Belterra climatological station (ICMBio 2019).

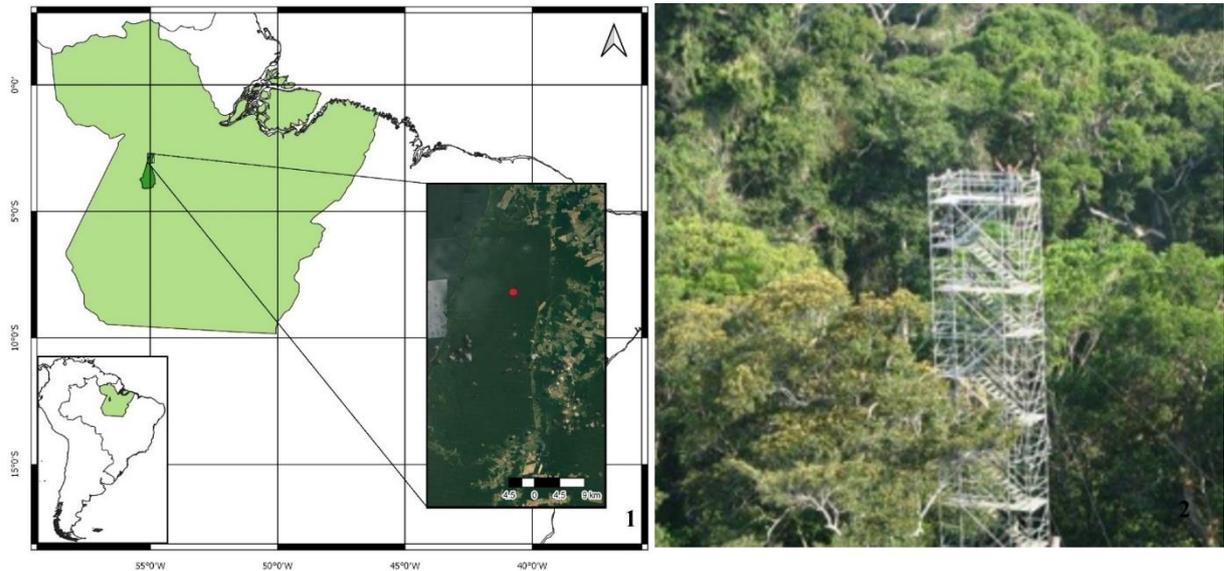


Figure 1, 2. Map of the location of the sampling unit (red circle): (1) Tapajós National Forest, western Pará (Google Earth satellite image); (2) LBA platform tower located at Forest National Tapajós. Photo: Genilson Rego, 2009.

The 90 sampling events were done monthly from May 2019 to February 2020, during the first quarter or new moon period on three consecutive nights and in three vertical strata, thus totaling 30 samples per stratum. Moths were captured with light traps through the use of the Pennsylvania model (Frost 1957), which was equipped with the ultraviolet fluorescent lamps F15 T12 LN (the light has a wavelength ranging from 290 to 450 nm) (Teston and Delfina 2010) that were activated at dusk (18 hours) and turned off at dawn (7 am). At the end of the trap, a funnel was placed connected to a container of 3.5 liters capacity, containing 92° GL alcohol for fixing the captured insects. The traps were installed in 2 meters strata (understory), 23 meters (midstory) and 45 meters (canopy) height.

The following day, the samples were transported to the Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais (LELN) at the Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). After quantification, two specimens per species were mounted with entomological pins and dried in an oven at 40°C for 48 hours, and the rest were kept in entomological envelopes. The species were identified by comparing samples with specimens from the LELN collection and consulting the specialized bibliography concerning the Sphingidae, as well as the help of a specialist to confirm them. Specimens were deposited in the LELN (voucher number LELN 05.364 to LELN 05.442) collection, a part of the Museum of Zoology (MZSTM) of the UFOPA Natural Sciences Program.

The following metrics were used to analyze Hawkmoth diversity: composition, abundance (N), richness (S), Shannon diversity, uniformity indexes (H' and J'), and Berger-Parker dominance (BP) (Magurran 2011). A diversity of profiles were used to assess species diversity between strata, based on the Rényi series (Tóthmérész 1995) considering the following index rates: total richness ($\alpha = 0$), Shannon-Weiner index ($\alpha = 1$) and Simpson dominance ($\alpha = 2$). Analysis of variance (ANOVA) was performed to test (t-test: LSD) whether there was a significant difference in abundance between strata (canopy, midstory and understory), for samples (30) with different variances using the BIOESTAT 5.3 program (Ayres et al. 2007).

The species richness estimates were calculated using the program “ESTIMATES”

(Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples) (Colwell 2013), applying the non-parametric methods Chao 2 and Jackknife 1. Moreover, it was used 100 randomizations with an abundance of classes equal to 10 (Colwell and Coddington 1994). Furthermore, rarefaction curves were made to compare richness between strata (Magurran 2011).

The Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) was performed to test for significant differences in the composition of hawkmoths between strata (30 samples per stratum), with 9,999 permutations, using the Bray-Curtis similarity index.

The Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) analysis was used to verify the ordering of the strata through the faunistic composition, considering it as a function of the abundance of species. Thus, applying the Bray-Curtis index, according to the dissimilarities of the patterns observed for the strata.

The PAST version 4.08 program (Hammer et al. 2001) was used for the analysis, except species richness estimations and ANOVA.

Results

In this study, it was possible to register the 33 species and the 775 Sphingidae specimens belonging to the three subfamilies (Macroglossinae, Smerinthinae, and Sphinginae) (Table 1). Macroglossinae showed the highest species abundance (N= 654) and richness (S= 20) (Fig. 3, 4). *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) was the dominant species representing 70.8% (N= 549) of the collected specimens, followed by *Cocytius duponchel* (Poey, 1832) (N= 39), *Pseudosphinx tetrio* (Linnaeus, 1771) (N= 26) and *Erinnyis alope* (Drury, 1773) (N= 26) (see supplementary data file).

Table 1. Richness (S), number of specimens (N), diversity index (H'), Shannon uniformity (J') and Berger-Parker dominance (BP) of Sphingidae moths collected in three vertical strata canopy (C), midstory (M) and understory (U) in the Tapajós National Forest, Pará, Brazil, from May 2019 to February 2020.

Strata	S	N	H'	J'	BP
C	28	687	1.35	0.41	0.72
M	15	77	1.51	0.56	0.65
U	5	11	1.16	0.72	0.64
Total	33	775	1.43	0.41	0.71

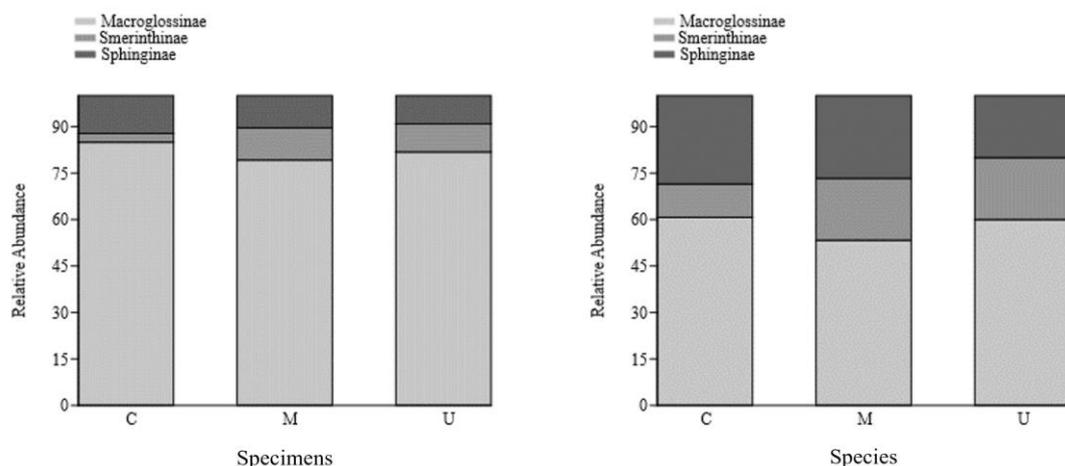


Figure 3, 4. Faunal composition of Sphingidae from canopy (C), midstory (M) and understory (U) samples of the Forest National Tapajós, Pará, Brazil, from May 2019 to February 2020. Analyzes were based on (3) abundance and (4) richness.

Moreover, Shannon's diversity ($H' = 1.43$) and uniformity ($J' = 0.41$) indexes, and Berger Parker's dominance ($BP = 0.71$) were determined (Table 1). The highest value observed for the diversity index ($H' = 1.51$) was in the midstory stratum (Table 1). Nevertheless, the maximum Shannon uniformity value ($J' = 0.72$) and the lowest value for Berger Parker dominance ($BP = 0.64$) were assigned for the understory (Table 1).

Material Suplementay. Richness and abundance of Sphingidae collected in three vertical strata canopy (C), midstory (M) and understory (U) in FLONA do Tapajós, Pará, Brazil, from May 2019 to February 2020.

Subfamily/Specie	C	M	U	Total
Macroglossinae	584	61	9	654
<i>Callionima nomius</i> (Walker 1856)		1		1
<i>Callionima parce</i> (Fabricius, 1775)	1	2		3
<i>Enyo lugubris</i> (Linnaeus, 1758)	6			6
<i>Enyo ocypete</i> (Linnaeus, 1758)	1			1
<i>Erinnyis alope</i> (Drury, 1773)	26			26
<i>Erinnyis crameri</i> (Schaus, 1898)	3			3
<i>Erinnyis ello</i> (Linnaeus, 1758)	492	50	7	549
<i>Erinnyis oenotrus</i> (Cramer, 1780)	4	1	1	6
<i>Eumorpha anchemolus</i> (Cramer, 1779)	14			14
<i>Eumorpha fasciatus</i> (Sulzer, 1776)	1	1		2
<i>Eumorpha satellitia</i> (Linnaeus, 1771)	1			1
<i>Isognathus leachii</i> (Swainson, 1823)		1		1
<i>Madoryx plutonius</i> (Hübner, [1819])	2			2
<i>Oryba achemenides</i> (Cramer, 1779)	1			1
<i>Pachylia darceta</i> Druce, 1881	1			1
<i>Pachylia ficus</i> (Linnaeus, 1758)	1	3		4
<i>Pachylioides resumens</i> (Walker, 1856)			1	1
<i>Pseudophinx tetrio</i> (Linnaeus, 1771)	24	2		26
<i>Xylophanes chiron</i> (Drury, 1773)	4			4
<i>Xylophanes tersa</i> (Linnaeus, 1771)	2			2
Smerinthinae	19	8	1	28
<i>Adhemarius gagarini</i> (Zikán, 1935)		5		5
<i>Adhemarius palmeri</i> (Boisduval, 1875)	9	1	1	11
<i>Protambulyx eurycles</i> (Herrich-Schäffer, 1854)	3			3
<i>Protambulyx strigilis</i> (Linnaeus, 1771)	7	2		9
Sphinginae	84	8	1	93
<i>Agrius cingulata</i> (Fabricius, 1775)	20	1	1	22
<i>Cocytius duponchel</i> (Poey, 1832)	35	4		39
<i>Manduca diffissa</i> (Bütler, 1871)		1		1
<i>Manduca florestan</i> (Stoll, 1782)	1			1
<i>Manduca hannibal</i> (Cramer, 1779)	2			2
<i>Manduca lucetius</i> (Cramer, 1780)	16	2		18
<i>Manduca prestoni</i> (Gehlen, 1926)	3			3
<i>Manduca sexta</i> (Linnaeus, 1763)	2			2
<i>Neococytius cluentius</i> (Cramer, 1775)	5			5
Richness	28	15	5	33
Abundance	687	77	11	775

Furthermore, the values of the diversity as mentioned above, the index rates corroborate to the results which indicates that the species diversity profiles at the beginning of the α scale ($\alpha = 0$) the canopy was richer than the other strata (Fig.5). However, as the scale had increased, the curves intersected ($\alpha = 0.72$) and the greatest diversity and dominance was observed for the midstory stratum (Fig. 5).

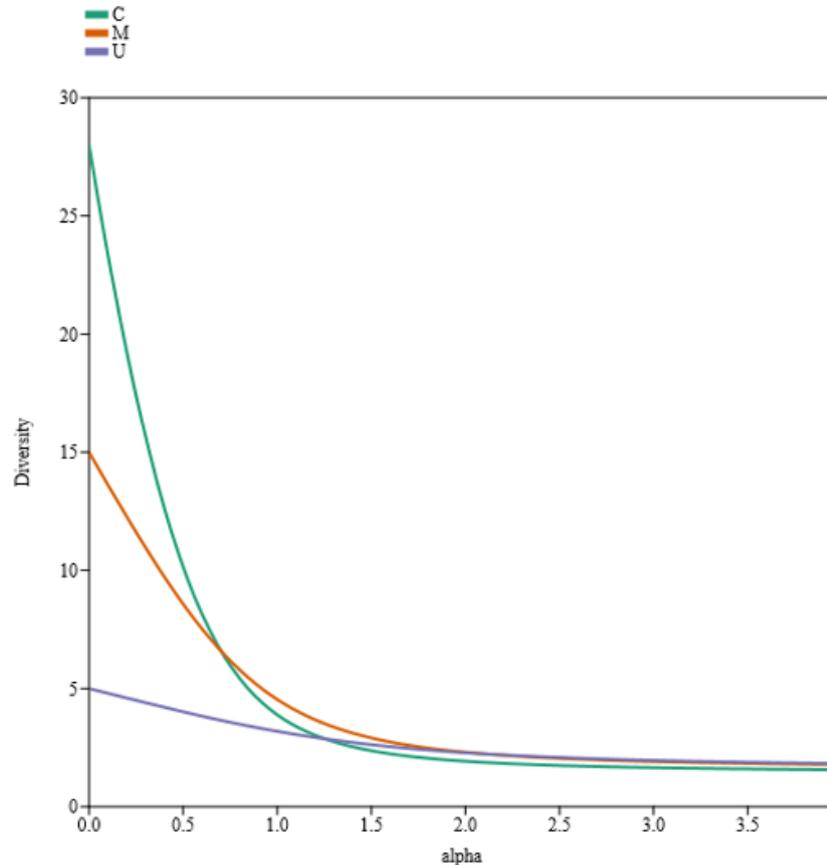


Figure 5. Species diversity profiles in the Rényi series samples in the three strata canopy (C), midstory (M) and understory (U), in the Forest National Tapajós, Pará, Brazil, from May 2019 to February 2020.

The canopy concentrated 84% of the species ($S=28$) and 88% of the specimens ($N=687$) with a decrease of both parameters in the strata below the canopy (Table 1). The exclusive species were significant in the canopy (17), which, together with the midstory (four) and the understory (one), totalized 22. Between the strata, four species were shared *Agrius cingulata* (Fabricius, 1775), *Adhemarius palmeri* (Boisduval, 1875), *E. ello*, and *Erinnyis oenotrus* (Cramer, 1780) (see Supplementary data file).

Species composition and observed values for richness and abundance were different. ANOVA confirmed that there was a significant difference between abundance and strata ($F=5.263$; $GL=2$; $p=0.0072$): canopy (mean = 22.9) and midstory (mean = 2.5) ($t=2.655$; $p<0.01$); canopy and understory (mean = 0.3) ($t=2.942$; $p<0.01$); while the difference was not significant between midstory and understory ($t=0.287$; $p>0.01$).

The “Chao 2” and “Jackknife 1” richness estimator assumes a richness of 42 (± 8.11 and ± 3.21 , respectively). Moreover, about 78.57% of the species expected were captured. In terms of comparison between the strata, these estimators agree with the species rarefaction curve in that when the samples in the canopy are rarefied to 11 specimens, the abundance still exceeds what was registered for the midstory and understory. This indicates that they are promising for capturing more species (Fig. 6).

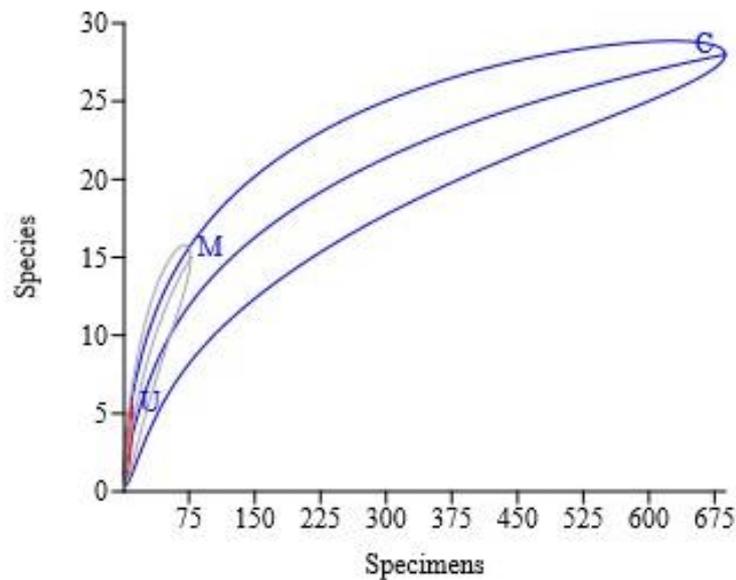


Figure 6. Rarefaction curves of the observed species richness of Sphingidae based on the number of specimens, collected with light traps, in the three strata canopy (C), midstory (M) and understory (U), in the Forest National Tapajós, Pará, Brazil, from May 2019 to February 2020.

The PERMANOVA results showed significant differences in the composition of the hawkmoth between the strata ($F= 12.86$; $p < 0.01$), being proven by the pairwise test that identified such differences between the canopy and the other strata (canopy x midstory, $p = 0.0003$; canopy x understory, $p = 0.0003$; midstory x understory, $p = 0.0021$). However, the ordination analysis (NMDS) showed that the species composition of the canopy has less similarity with the understory, while the fauna of the midstory was more similar to that of the other strata (Fig. 7) and presented a stress level of 0.54.

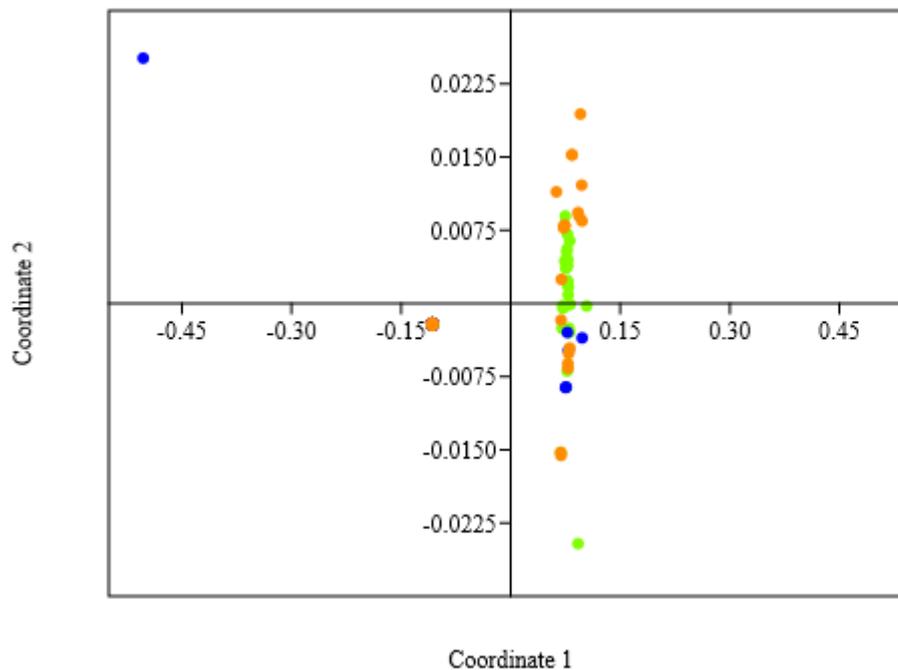


Figure 7. Non-metric Multidimensional Scaling analysis (NMDS) based on the Bray-Curtis index for Sphingidae species collected with a light trap in Forest National Tapajós, Pará, Brazil, from May 2019 to February 2020. Canopy (green dots), midstory (orange dots) and understory (blue dots).

Discussion

Hawkmoth diversity can be found in an area of dense rainforest in the TNF. Moreover, it corresponds to 25% of the richness recorded for the Brazilian Amazon (Camargo et al. 2016). However, related works on this family report several species, which was superior to the present study in Amazonian forests (Motta et al. 1991; Motta et al. 1998; Motta and Andreazze 2001, 2002; Motta and Xavier-Filho 2005; Hawes et al. 2009; Camargo et al. 2016). In qualitative and quantitative terms of species, Macroglossinae contributed considerably, configuring as the main subfamily as it occurs with the highest incidence of richness in inventories and faunal studies (Motta et al. 1991; Motta et al. 1998; Motta and Andreazze 2001, 2002; Motta and Xavier-Filho 2005; Lourido et al. 2018; Conceição and Teston 2020). Regarding the discrepancy in the abundance of species observed for *E. ello* relating to the others, it can be explained by the large number of specimens collected in the three samples of February 2020 (N= 461), which may be associated with environmental factors such as precipitation and the phase of the moon (Brehm 2006).

The diversity and uniformity of hawkmoths were low due to the high dominance of *the E. ello* species, which corresponded to most specimens collected in the general analysis and between strata. However, the greater diversity of species found in the midstory can be explained by the high dominance of *E. ello* in the canopy. *E. ello* has been mentioned in the literature as being among the most abundant species (Motta et al. 1998, Lourido et al. 2018; Conceição and Teston 2020). Motta et al. (1998), highlight its ability to adapt to different environments, both in terms of food supply and the decline in humidity in less rainy periods. In addition, they have great economic importance since this species is polyphagous and one of the main causes of damage to Brazil's rubber tree and cassava crops (Santos et al. 2021).

Hawkmoth abundance massively intensified in the higher strata with more than half of the species occurring only in the canopy and differed in their composition between strata. According to Lourido et al. (2018), these species fly over the treetops, possibly for dispersal, foraging, and mating, due to the physiological flight characteristics of the group (Beck and Lisenmair 2006). However, although hawkmoths are quite active and quick to travel long distances, this allows us to infer a more representative local fauna (Beck and Lisenmair 2006; Merckx and Slade 2014) which we assume to be attributed to the strong tendency of the vegetation type (Niermann and Brehm 2022) or the efficiency of the type of trap used (Brehm et al. 2021). This preference for the canopy was also highlighted in a study that only analyzed the canopy of a Dense Ombrophyllous Forest in Central Amazonia, inventorying 52 species and 1,748 specimens of hawkmoths (Lourido et al. 2018), as well as other research reinforces this distribution pattern (Schulze and Fiedler 1997).

The sphingofauna in the TNF may be richer, considering that the species richness estimates indicated such an increase with the introduction of more samples. This can indeed be considered valid since 20 species were reported (Jakeline Arcanjo de Arcanjo, unpublished data) for this conservation unit and, bearing in mind that the species richness in areas of Amazonian forests has been quite expressive in other works (Motta et al. 1991; Motta et al. 1998; Motta and Andreazze 2001, 2002; Motta and Xavier-Filho 2005; Hawes et al. 2009; Camargo et al. 2016; Lourido et al. 2018).

The faunal composition between strata differed considerably, with a canopy trend different from the others. This peculiarity is due to the entire fauna, with almost half of the species occurring only in the canopy, and the rest were shared with the midstory. The canopy possesses unique kinds of microclimatic characteristics (light, wind, temperature, and relative humidity variation), inherent structure, and dynamics that attract a variety of animals drawn to the numerous and varied habitats (foliage, epiphytes vines, cavities of branches, hollow trunks, and branches), diversified and abundant food resources (leaves, flowers, and fruits) (Puig 2008). Furthermore, the aerodynamic body and wings of hawkmoths make them excellent fliers capable of hovering in the air (Grimaldi and Engel 2005), constituting important attributes to withstand microclimatic instability in the higher strata.

Considering that most studies only prioritize one stratum, our study provided important information about the vertical distribution of hawkmoths, showing that species richness, abundance, and composition are different between strata. Among them, the canopy stood out in quantitative and qualitative terms of species, showing the preference of hawkmoths for this stratum. This contribution can support answering gaps in the structure and complexity of tropical forest fauna, especially with the addition of a stratum that connects the extremities. However, we emphasize that the vertical distribution of hawkmoths needs a better understanding under the influence of other variables, such as, for example, the interaction with its host plant and food resource.

Acknowledgements

We would like to thank Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) for the grant (edital 09/2019); Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Programa de Fomento à Elaboração de Teses (PROTESE – edital 01/2020) for the financial support; Programa de Pós- Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, Programa de Apoio a Pós- Graduação (PROAP - 0889/2018); Núcleo de Apoio à Pesquisa no Pará (NAPPA – Núcleo Regional de Santarém)/Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA)/ Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA) for granting us permission to conduct this research at the platform tower; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio – nº 67377) for granting authorization to conduct the research; “Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros” RedeLep (SISBIOTA–Brazil/CNPq 56333,2/2010-7) for logistical support; and finally, to all personnel who helped us with field work; Dr. Amábilio José Aires de Camargo for the confirmation and/or identification of the species and to field collectors. The teacher Ana Clara Sales de Freitas for reviewing the translation of the text into English.

Literature Cited

Amorim DS, Brown BV, Boscolo D, Ale-Rocha R, Alvarez-Garcia DM, Balbi MI, Barbosa AM, Capellari RS, de Carvalho CJB, Couri MS, Dios RVP, Fachin DA, Ferro GB, Flores HF, Frare LM, Gudin FM, Hauser M, Lamas CJE, Lindsay KG, Marinho MAT, Marques DWA, Marshall SA, Mello-Patiu C, Menezes MA, Morales MN, Nihei SS, Oliveira SS, Pirani G, Ribeiro GC, Riccardi PR, de Santis MD, Santos D, dos Santos JR, Silva VC, Wood EM, Rafael JA (2022) Vertical stratification of insect abundance and species richness in na Amazonian tropical forest. *Scientific reports* 2 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05677-y>

Ávila Jr RS, Oliveira R, Pinto CE, Amorim FW, Schlindwein C (2012). Relações entre Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e Flores no Brasil -Panorama e Perspectivas de Uso de Polinizadores. In: Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Alves DDA, Saraiva AM (Orgs.) *Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais*. EDUSP, São Paulo, 143-152.

Ayres M, Ayres Jr M, Ayres DL, Santos AAS (2007) *Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas*. IDSM, Belém, 364p.

Azevedo Costa CC de, Oliveira FL de (2013) Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 8 (3): 1-10.

Beck J, Linsenmair KE, Fiedler K (2002) From forest to farmland: Diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 17 (1): 33–51. <https://doi.org/10.1017/S026646740200202X>

Beck J, Linsenmair KE (2006) Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight times and seasonality of

Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). *Journal of Research on the Lepidoptera*, 39: 18–37.

Brehm G (2006) Contrasting patterns of vertical stratification in two moth families in a Costa Rican lowland rain forest. *Basic and Applied Ecology* 8 (1): 4-54. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.02.002>

Camargo_AJA de, Camargo NF de, Corrêa DCV, Camargo WRF de, Vieira EKM, Marini-Filho O, Amorim FW (2016) Diversity patterns and chronobiology of hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) in the Brazilian Amazon rainforest. *Journal of Insect Conservation* 20 (4): 629–641. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9894-6>

Campelo JC, Corrêa JCL, Freitas RS, Teston JA (2020) Estratificação vertical de Saturniidae (Insecta, Lepidoptera) em área de floresta ombrófila densa na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil. *Biota Amazônia* 10 (3): 29-35. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n3p29-3>

Campos RI, Lopes CT, Magalhães WCS, Vasconcelos H (2008) Estratificação vertical de formigas em Cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia. Série Zoológica* 98 (3): 311-316. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000300004>

Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 345 (1311): 101-118.

Colwell RK (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. User's Guide and application. <http://purl.oclc.org/estimates>. 337 pp.

Conceição ACW, Teston JA (2020) Temporal variation and ecological parameters of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in savannahs in the Alter do Chão protection area, Santarém, Pará, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 42:1-12. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v42i2.49064>

Cordeiro A (2005) Plano de Manejo Floresta Nacional do Tapajós: A transformação para conservar está em nossas mãos. IBAMA, Rio de Janeiro: MMA, 200 pp.

Costa EC, D'Ávila M, Cantarelli EB, Murari AB (2011) *Entomologia Florestal*. UFSM Santa Maria, 2 ed., 244 pp.

Duarte M, Marconato G, Specht A, Casagrande MM (2012) Lepidoptera. In: Rafael JA, Melo GAR, Carvalho CJB, Casari AS, Constatino R (Eds) *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. Holos Editora, Ribeirão Preto, 625-682.

Freitas MP de (2014) Estratificação vertical de Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) na Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. MSc. Dissertation Universidade Federal do Oeste do Pará, Brazil.

Finol UH (1975) La Silvicultura en la Orinoquia Venezolana. *Revista Forestal Venezolana Mérida* 15(25): 37-114.

Frost SW (1957) The Pennsylvania insect light trap. *Journal of Economic Entomology* 50 (3): 287-292. <https://doi.org/10.1093/jee/50.3.287>

- Grimaldi D, Engel MS (2005) *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York, 772 pp.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 1-9.
- Hawes J, Motta CS, Overall WL, Barlow J, Gardner TA, Peres CA (2009) Diversity and composition of Amazonian moths in primary, secondary and plantation forest. *Journal of Tropical Ecology* 25 (3): 281-300. <https://doi.org/10.1017/S0266467409006038>
ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós. Volume II. Brasília, 2019. p.14
- Intachat J, Holloway JD (2000) Is there stratification in diversity or preferred flight height of geometroid moths in Malaysian lowland tropical forest? *Biodiversity & Conservation* 9 (10): 1417-1439. <https://doi.org/10.1023/A:1008926814229>
- Janzen D (1984) Two Ways to Be a Tropical Big Moth: Santa Rosa Saturniids and Sphingids. In: Dawkins R, Ridley M (Eds.). *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*. Oxford University Press, Oxford, 85-140.
- Kitching I, Cadiou J (2000) *Hawkmoths of the World: An Annotated and Illustrated Revisionary Checklist (Lepidoptera: Sphingidae)*. Cornell University Press, London, 240 pp.
- Lourido GM, Motta CDS, Graca MB, Rafael JA (2018) Diversity patterns of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in the canopy of an ombrophilous forest in Central Amazon, Brazil. *Acta Amazonica* 48 (2): 117-125. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201704721>
- Lourido GM, Motta CDS, Rafael JÁ, Morais JWD, Xavier Filho FF (2008) Hedyliidae (Lepidoptera: Hedyloidea) coletados à luz a 40 metros de altura no dossel da floresta da Estação Experimental de Silvicultura Tropical em Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 38(2):329-332. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000200017>
- Magurran AE (2011) *Medindo a diversidade biológica*. Tradução: Dana Moiana Viana. Curitiba - PR: ed. da UFPR. 2011, 216 p.
- Merckx T, Slade EM (2014) Macro-moth families differ in their attraction to light: implications for light-trap monitoring programmes. *Insect Conservation and Diversity* 7 (5): 453-461. <https://doi.org/10.1111/icad.12068>
- Motta CS, Andreazze R (2001) Esfingiofauna (Lepidoptera, Sphingidae) do Parque Nacional do Jaú e Arredores, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 31(4): 643-654. <https://doi.org/10.1590/1809-43922001314654>
- Motta CS, Andreazze R (2002) Sphingidae (Lepidoptera) de Querari, São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brasil. *Entomologia y Vectores* 9 (3):329-337.
- Motta CS, Xavier Filho FF (2005) Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do município de Beruri, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 35 (4):457-462. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000400010>
- Motta CS, Ferreira RLM, Aguiar NO (1991) Sobre a esfingofauna da ilha de Maracá e da serra

de Pacaraima, Roraima (Lepidoptera, Sphingidae). *Acta Amazonica* 21: 319- 324.

Motta CS, Aguilera-Peralta FJ, Andreazze R (1998) Aspectos da Esfingiofauna (Lepidoptera, Sphingidae), em área de terra-firme, no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 28 (1): 75- 92. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998281092>

Niermann J, Brehm G (2022) The number of moths caught by light traps is affected more by microhabitat than the type of UV lamp used in a grassland habitat. *European Journal of Entomology*, 119: 36-42. doi: 10.14411/eje.2022.004

Oliveira R, Duarte Junior JA, Rech AR, Avila Jr R S de (2014) Polinização por lepidópteros. In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC (Org.). *Biologia da Polinização. Projeto Cultural*, Rio de Janeiro, 235-257.

Powell JA (2009) Lepidoptera (Moths, Butterflies). In: Resh VH, Cardé RT *Encyclopedia of Insects*. Oxford Elsevier, California, 559-587.

Puig H (2008) *A floresta tropical úmida*. UNESP, São Paulo, 496 pp.

Santos RS, Fazolin M, Lemes PG (2021) *Erinnyis ello* In: Lemes PG, Zanuncio JC (Org.). *Novo manual de pragas florestais brasileiras*. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 402-415.

Schulze CH, Fiedler K (1997) Patterns of diversity and vertical stratification in hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of a Bornean rain forest. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 11: 767-770.

Schulze CH, Linsenmair KE, Fiedler K (2001) Understorey versus canopy: Patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rain forest. In: Linsenmair KE, Davis AJ, Fiala B, Speight MR (Eds) *Tropical Forest Canopies: Ecology and Management*. Forestry Sciences, vol 69. Springer, Dordrecht, 133–152. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3606-0_11

Souza DR, Souza AL (2004) Estratificação vertical em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. *Revista Árvore* 28 (5): 691-698. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000500008>

Teston JA, Delfina MC (2010) Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) em área alterada em Altamira, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. *Acta Amazonica* 40 (2): 387-396. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200017>

Tothmeresz B (1995) Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science* 6:283-290.

Veríssimo A, Pereira D (2014) Produção na Amazônia Florestal: características, desafios e oportunidades. *Parcerias estratégicas* 19 (38): 13-44.

3.2 CAPÍTULO 02 - ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE MARIPOSAS ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ, BRAZIL

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. 2023

Manuscrito preparado para submissão na Revista Zoologia (Curitiba) (<https://www.scielo.br/j/zool/>). O capítulo produzido seguiu as normas da revista supracitada, porém para facilitar a leitura e compreensão dos avaliadores foram inseridas na parte textual figuras e tabelas.

ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DE MARIPOSAS ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ, BRAZIL

Danúbia Marcela Pereira Valente¹, José Augusto Teston¹

¹ Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais, Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede Bionorte, 68040-255, Santarém, PA, Brasil.

Autor correspondente: Danúbia M. P. Valente (danubiavalente@ymail.com)

Resumo

A estratificação vertical de Arctiini foi analisada em uma área de Floresta Ombrófila Densa na Amazônia. As mariposas foram capturadas por meio de armadilhas luminosas com lâmpadas ultravioleta F15 T12 LN instaladas em três estratos (dossel, intermediário e sub-bosque) no horário compreendido das 18h às 7h, no período de lua nova/minguante, em três noites consecutivas mensais durante maio de 2019 a fevereiro de 2020, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil (02°51'23.3"S e 54°57'31.0"W). A estratificação vertical foi verificada utilizando os parâmetros de abundância, riqueza, diversidade e dominância, e análises de variância (ANOVA), análise de variância permutacional multivariada (PERMANOVA) e análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Um total de 180 espécies e 1.653 espécimes de Arctiini foram amostradas. A fauna de Arctiini teve maior agregação no estrato intermediário apresentando maiores parâmetros de riqueza ($S=137$), abundância ($N=828$) e diversidade de espécies ($H'=4,01$). As análises ANOVA e PERMANOVA mostraram diferenças significativas da abundância e composição de espécies entre os estratos e formação de três grupos distintos em relação a composição de espécies. Portanto, nosso estudo forneceu informações importantes sobre a distribuição vertical de Arctiini, mostrando que a riqueza, abundância e composição de espécies foram distintas entre os estratos com prevalência de maior atividade da fauna no intermediário.

Palavras-chaves: Gradiente vertical, mariposas-tigre, floresta ombrófila densa, Amazônia oriental.

Introdução

As florestas tropicais estruturalmente se distribuem no espaço em estratos horizontal e vertical (Puig 2008). A estratificação vertical compreende desde o solo até a copa das árvores de uma variedade de habitats, constituída de componentes biológicos e físicos diferenciados (Dias - Lima et al. 2002). A notável complexidade da fauna e flora exibida no gradiente vertical são temas centrais discutidos em ecologia florestal (Smith 1973).

A estratificação vertical da fauna em florestas tropicais encontra-se documentada para mamíferos, aves, répteis (Prevedello et al. 2008; Chmel et al. 2016; Gonzalez et al. 2020) e artrópodes (Hilton e Japyassú 2001; Morato 2001; Tissot e Navarro-Silva 2002; Gonçalves e Louzada 2005; Ribeiro et al. 2016; Nice et al. 2019; Araújo et al. 2020; Valente e Teston, no prelo). A distribuição da artropofauna em gradientes verticais florestais majoritariamente está representada por insetos herbívoros (Basset et al. 2001), sendo regulada por condições abióticas, disponibilidade de recursos, fisionomia da floresta, arquitetura de plantas e comportamento dos organismos (Basset et al. 2003).

Os estudos de estratificação vertical têm indicado em geral, maior abundância de insetos nos estratos superiores, porém este padrão varia entre os grupos taxonômicos (Shulze et al. 2001; Amorim et al. 2022), visto que nestes estratos o ambiente diversificado contribui com

vários nichos ecológicos (Puig 2008). Já os lepidópteros, como mariposas, o padrão de distribuição vertical em florestas tropicais de áreas montanhosas a predominância no dossel se confirma para algumas famílias (Shulze e Fiedler 1997; Shulze et al. 2001), mas em alguns casos as mariposas não preferem estratos específicos (Beck et al. 2002). Ao contrário, das florestas tropicais de terra firme em que o sub-bosque tem se demonstrado mais rico para determinadas famílias (Brehm 2006; Intachat e Holloway 2000; Freitas 2014; Campelo et al. 2020).

As mariposas da subfamília Arctiinae apresentam alta capacidade de dispersão (Hilt 2005), algumas espécies são polinizadoras (Singer et al. 2007), miméticas, tóxicas devido ao sequestro de compostos químicos e emitem sons ultrassônicos, ambos utilizados para o comportamento de corte ou defesa contra predadores (Weller et al. 2000; Jacobson e Weller 2002). A tribo Arctiini (Erebidae, Arctiinae) são as mais diversas, nos aspectos de morfologia, biologia e riqueza com maior parte das espécies da subfamília Arctiinae (Weller et al. 2009). A maioria são noturnas, com exceções de algumas espécies de hábitos crepusculares e diurnos (Scoble 1995).

Arctiini é composta pelas subtribos Arctiina, Callimorphina, Ctenuchina, Euchromiina, Pericopina, Phaegopterina e Spilosomina (Lafontaine e Schmidt 2010). As espécies distribuem-se por todo o planeta (Scoble 1995), porém com expressiva representatividade na região Neotropical que registra 4.761 espécies (Heppner 1991), destas são reconhecidas 1.225 espécies para o Brasil (Ferro e Diniz 2010) e 1.062 na Amazônia brasileira (Valente e Teston 2023).

Arctiini é um táxon bastante estudado, devido a riqueza de espécies (Brown Jr. e Freitas 1999), ser significativo em coleções brasileiras, e ter taxonomia relativamente de fácil identificação (Ferro e Teston 2009). No entanto, tema mais específico como estratificação vertical ainda é pouco pesquisado em virtude do difícil acesso a estratos superiores (Basset et al. 2001), ressaltando a importância de ampliar as informações com trabalhos que focam esta abordagem.

Considerando que estudos anteriores sobre estratificação vertical de mariposas em florestas tropicais tenham sido documentados e contribuídos com dados pertinentes de aspectos biológicos, os esforços ainda carecem de subsídios consistentes para a determinação de um padrão de distribuição vertical. Desta forma, o presente estudo teve por objetivo conhecer a estratificação vertical de Arctiini em uma área de floresta ombrófila densa na Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós), Pará, Brasil; e espera-se que de acordo com as premissas a abundância, riqueza e composição de espécies de Arctiini diferem entre os estratos analisados.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na FLONA do Tapajós (02°51'23,3"S e 54°57'31,0"O), Base Terra Rica, no quilômetro 67 da rodovia federal BR-163 (sentido Santarém-Cuiabá), município de Belterra, na região oeste do Pará (Fig. 1A). A unidade amostral (UA) utilizada foi a torre de plataforma de 45 m de altura (Fig. 1B) pertencente ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) que fica a uma distância de 6 km em linha reta do interior até a rodovia.

A FLONA do Tapajós caracteriza-se pela cobertura vegetal predominante de Floresta Ombrófila Densa, composta por árvores de grande porte, lianas lenhosas, palmeiras e epífitas (Cordeiro 2005). De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo Am (quente e úmido), com temperatura média anual de 25,5°C e precipitação média anual de 1.892 mm conforme dados obtidos entre 1971 a 2016 da estação climatológica de Belterra (ICMBio 2019).

A amostragem foi realizada mensalmente de maio de 2019 a fevereiro de 2020, no período de lua minguante e/ou nova em três noites consecutivas e em três estratos verticais, totalizando 90 amostras, sendo 30 amostras por estrato. As mariposas foram capturadas com armadilhas luminosas, modelo Pensilvânia (Frost 1957), equipadas com lâmpadas fluorescentes ultravioletas F15 T12 LN (a luz possui comprimento de onda que varia entre 290

a 450 nanômetros (Delfina e Teston 2010) ligadas ao anoitecer (18 horas) e desligadas ao amanhecer (7 horas). Na extremidade da armadilha há um funil conectado a um recipiente com capacidade para 3,5 litros, contendo álcool 92° GL para fixação dos insetos capturados. As armadilhas foram instaladas em estratos de 2 m (sub-bosque), 23 m (intermediário) e 45 m (dossel) de altura.

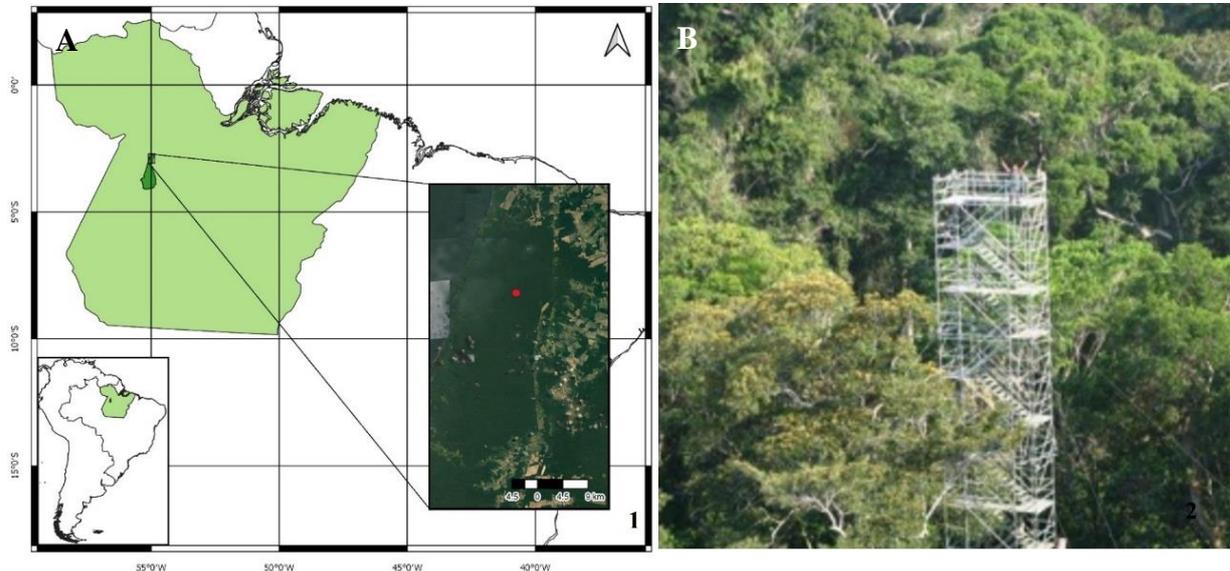


Figura 1. Mapa de localização da unidade amostral (círculo vermelho): (A) Floresta Nacional do Tapajós, oeste do Pará (imagem de satélite Google Earth); (B) Torre da plataforma LBA localizada na Floresta Nacional do Tapajós. Foto: Genilson Rego, 2009.

No dia seguinte, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais (LELN) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Após serem quantificadas dois exemplares por espécie foram montados com alfinetes entomológicos e secos em uma estufa a 40°C por 48h, e a outra parte mantida em envelopes entomológicos. As identificações das espécies foram realizadas com comparações feitas com os espécimes da coleção do LELN e o auxílio de bibliografia especializada para Arctiini. O material testemunha foi depositado na coleção do LELN anexo ao Museu de Zoologia (MZSTM) do Programa de Ciências Naturais (PCNAT) da UFOPA.

A fauna de Arctiini foi analisada usando as seguintes métricas: composição, abundância (N), riqueza (S), índices de diversidade e uniformidade de Shannon (H' e J'), e dominância de Berger-Parker (BP) (Magurran 2011). Perfis de diversidade foram usados para avaliar a diversidade de espécies entre estratos, com base na série de Rényi (Tóthmérész 1995) considerando os seguintes índices: riqueza total ($\alpha = 0$), diversidade de Shannon-Weiner ($\alpha = 1$) e dominância de Simpson ($\alpha = 2$). O programa PAST versão 4.08 (Hammer et al. 2001) foi utilizado para fazer estas análises.

As estimativas de riqueza de espécies foram calculadas usando o programa “ESTIMATES” (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples) (Colwell 2013), aplicando os métodos não paramétricos Chao 2 e Jackknife 1, usando 100 randomizações com uma abundância de classes igual a 10 (Colwell e Coddington 1994). Curvas de rarefação foram feitas para comparar a riqueza entre os estratos (Magurran 2011).

A análise de variância (ANOVA) foi realizada para testar (teste t: LSD) se havia uma diferença significativa da abundância entre estratos (dossel, intermediário e sub-bosque), utilizando amostras (n= 30) com diferentes variações de abundância usando o programa BIOESTAT 5.3 (Ayres et al. 2007).

A PERMANOVA (Análise de Variância Multivariada Permutacional) foi realizada para testar a existência de diferenças significativas na composição dos esfingídeos entre os

estratos (n= 30 amostras por estrato), com 9.999 permutações, utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis usando o PAST.

A análise NMDS (Escalonamento Multidimensional Não-Métrico) foi feita no PAST e utilizada para verificar o ordenamento dos estratos através da composição faunística em função da abundância de espécies, aplicando-se o índice de Bray-Curtis, segundo as dissimilaridades dos padrões observados para os estratos.

Resultados

Um total de 180 espécies e 1.653 espécimes de Arctiini foram coletados nos três estratos (Tabela 1), com representantes para as sete subtribos (Arctiina, Callimorphina, Ctenuchina, Euchromiina, Pericopina, Phaegopterina e Spilosomina). No estrato intermediário foi registrado 47 espécies exclusivas (Tabela 2), 76% das espécies (S= 137) e 50% dos espécimes (N= 828), sendo que estes parâmetros foram mais similares entre os demais estratos (Tabela 1).

Tabela 1. Riqueza (S), número de espécimes (N), índice de diversidade (H'), uniformidade (J') de Shannon e dominância de Berger-Parker (BP) de mariposas Arctiini coletadas em três estratos verticais (dossel, intermediário e sub-bosque) na FLONA do Tapajós, Pará, Brasil, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020.

Estrato	S	N	H'	J'	BP
D	72	411	3,41	0,79	0,13
I	137	828	4,01	0,81	0,17
SB	94	414	3,82	0,84	0,16
Total	180	1.653	4,23	0,81	0,10

Dentre as subtribos, Phaegopterina se sobressaiu em riqueza (S= 88) e abundância (N= 966) de espécies na maioria dos estratos (Fig. 2 A, B). Nos estratos predominaram a riqueza de espécies dos gêneros *Calonotos* e *Macrocneme* no dossel, *Trichromia* no intermediário e *Virbia* no sub-bosque (Tabela 2). Ao nível de espécies, *Melese incertus* (Walker, 1855), *Trichromia leucoplaga* (Hampson, 1905), *Trichromia onytes* (Cramer, [1777]), *Nyearctia leucoptera* (Hampson, 1920) e *Virbia epione* (Druce, 1911) seguem em ordem crescente de maiores abundâncias 172, 85, 85, 77 e 75 (Tabela 2). Destas *M. incertus*, *T. onytes* e *N. leucoptera* foram dominantes no intermediário, *T. leucoplaga* no dossel e *V. epione* no sub-bosque (Tabela 2).

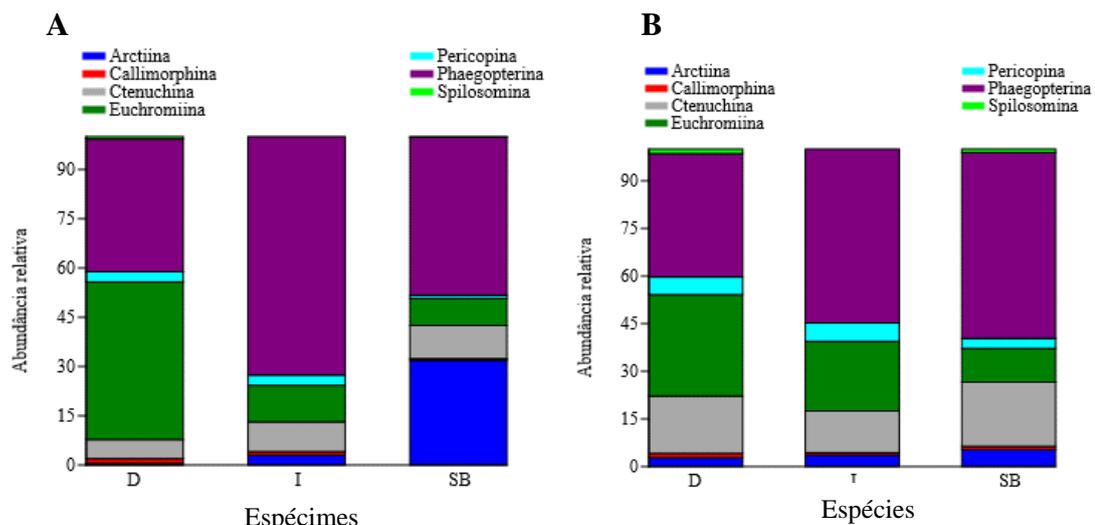


Figura 2. Proporção da composição faunística de Arctiini nos estratos dossel (D), intermediário (I) e sub-bosque (SB) de Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil, de maio de 2019 a fevereiro de 2020. As análises foram baseadas em (A) abundância e (B) riqueza.

Tabela 2. Riqueza e abundância de Arctiini coletados em três estratos verticais dossel (D), intermediário (I) e sub-bosque (SB) na FLONA do Tapajós, Pará, Brasil, entre maio 2019 a fevereiro de 2020.

Subtribo/Espécie	D	I	SB	Total
Arctiina	2	25	132	159
<i>Virbia epione</i> Druce, 1911		7	68	75
<i>Virbia medarda</i> (Stoll, [1781])		1	6	7
<i>Virbia subapicalis</i> (Walker, 1854)		11	31	42
<i>Virbia</i> sp.1	1	1	23	25
<i>Virbia</i> sp.2	1	5	4	10
Callimorphini	6	9	2	17
<i>Utetheisa ornatrix</i> (Linnaeus, 1758)	6	9	2	17
Ctenuchina	24	75	42	141
<i>Aclytia gynamorpha</i> Hampson, 1898		2	1	3
<i>Aclytia heber</i> (Cramer, 1780)	1	3	1	5
<i>Androcharta meones</i> (Cramer, 1780)		3		3
<i>Autochloris</i> sp.	1			1
<i>Correbia lycoides</i> (Walker, 1854)	3	12		15
<i>Correbidia assimilis</i> (Rothschild, 1912)	1	5		6
<i>Correbidia calopteridia</i> (Butler, 1878)	9	27	11	47
<i>Correbidia</i> sp.1		2	5	7
<i>Correbidia</i> sp.2			1	1
<i>Delphyre dizona</i> (Druce, 1898)			3	3
<i>Delphyre flaviceps</i> (Druce, 1905)			4	4
<i>Ecdemus carmania</i> (Druce, 1883)			1	1
<i>Ecdemus obscuratus</i> Schaus, 1911			1	1
<i>Epidesma parva</i> (Rothschild, 1912)		1		1
<i>Epidesma ursula</i> (Cramer, 1782)	1			1
<i>Episcepsis luctuosa</i> (Möschler, 1877)		1	1	2
<i>Episcepsis venata</i> Butler, 1877		1		1
<i>Episcepsis</i> sp.		1		1
<i>Eucereon aoris</i> Möschler, 1877		1	1	2
<i>Eucereon obscura</i> (Möschler, 1872)		4	2	6
<i>Heliura excavata</i> (Dognin, 1910)		2		2
<i>Heliura perexcavatum</i> (Rothschild, 1912)			1	1
<i>Heliura suffusa</i> (Lathy, 1899)	1			1
<i>Heliura tetragramma</i> (Walker, 1854)			1	1
<i>Hyaleucerea erythotela</i> (Walker, 1854)			2	2
<i>Hyaleucerea vulnerata</i> Butler, 1875	1	2		3
<i>Pseudaclytia opponens</i> (Walker, [1865])		1		1
<i>Ptychotricos zeus</i> Schaus, 1894	1		2	3
<i>Telioneura glaucopis</i> R. Felder, 1869	1			1
<i>Theages</i> sp.	2	4	2	8
<i>Timalus leucomela</i> (Walker, 1856)	1	3		4
<i>Tipulodes rubriceps</i> Dognin, 1912			1	1
<i>Uranophora walkeri</i> (Druce, 1889)			1	1
<i>Xanthopleura perspicua</i> (Walker, 1856)	1			1

Continuação

	197	92	34	323
Euchromiina				
<i>Autochloris proterva</i> (Draudt, 1916)		4	1	5
<i>Calonotos acutipennis</i> Zerny, 1931	1			1
<i>Calonotos aequimaculatus</i> Zerny, 1931	55	1	1	57
<i>Calonotos angustipennis</i> Zerny, 1931	6	1		7
<i>Calonotos helymus</i> (Cramer, [1775])	1			1
<i>Calonotos aterrima tripunctata</i> Druce, 1898	52	1	1	54
<i>Cosmosoma achemon</i> (Fabricius, 1781)		1		1
<i>Cosmosoma admota</i> (Herrich-Schäffer, [1854])		2		2
<i>Cosmosoma consolata</i> (Walker, 1856)	1			1
<i>Cosmosoma metallescens</i> (Ménétriés, 1857)			1	1
<i>Dycladia lucetius</i> (Stoll, [1781])	1			1
<i>Histioea cepheus</i> (Cramer, 1779)		1		1
<i>Hypocharis albicincta</i> Cerda, 2008		4	2	6
<i>Hypocharis</i> sp.1		1		1
<i>Hypocharis</i> sp.2		2		2
<i>Hypocharis</i> sp.3		1		1
<i>Isanthrene porphyria</i> (Walker, 1854)	5			5
<i>Leucotmemis torrida</i> (Walker, 1854)		1	2	3
<i>Leucotmemis varipes</i> (Walker, 1854)	4	32	19	55
<i>Macrocneme adonis</i> Druce, 1884	27	2	1	30
<i>Macrocneme lades</i> (Cramer, [1775])	3			3
<i>Macrocneme</i> sp.1	12	3		15
<i>Macrocneme</i> sp.2	1	1		2
<i>Macrocneme thyra</i> Möschler, 1883	2	1		3
<i>Metaloba argante</i> (Druce, 1897)	7			7
<i>Orcynia calcarata</i> (Walker, 1854)	4			4
<i>Pheia albisigna</i> (Walker, 1854)	1			1
<i>Pheia gaudens</i> (Walker, 1856)		1		1
<i>Phoenicoprocta corvica</i> (Dognin, 1910)	1			1
<i>Phoenicoprocta vacillans</i> (Walker, 1856)	2	3	2	7
<i>Poliopastea anthracina</i> (Klages, 1906)		1		1
<i>Polipastea</i> sp.	1	1		2
<i>Pompiliodes aliena</i> (Walker, 1854)		2		2
<i>Pseudomya</i> sp.		1		1
<i>Sarosa acutior</i> (R. Felder, 1869)	8	16	4	28
<i>Sarosa</i> sp.		2		2
<i>Saurita cassandra</i> (Linnaeus, 1758)	1	1		2
<i>Saurita concisa</i> (Walker, 1854)		1		1
<i>Saurita</i> sp.		1		1
<i>Saurita temenus</i> (Stoll, [1781])		2		2
<i>Saurita tipulina</i> (Hübner, [1812])	1	1		2
Pericopina	13	26	4	43
<i>Calodesma albiapex</i> Hering, 1925	4	3	2	9
<i>Calodesma collaris</i> (Drury, 1782)	6	12	1	19
<i>Calodesma dioptis</i> (C. Felder & R. Felder, 1874)		3		3
<i>Dysschema tricolora</i> (Sulzer, 1776)		3		3

Continuação

<i>Hyalurga fenestra</i> (Linnaeus, 1758)		1		1
<i>Hyalurga lauronoides</i> Hering, 1925		1	1	2
<i>Hyalurga leucophlebia</i> Hering, 1925	2	2		4
<i>Hyalurga misys</i> (Erichson, 1848)		1		1
<i>Notophyson heliconides</i> (Swainson, 1833)	1			1
Phaegopterina	166	601	199	966
<i>Amaxia consistens</i> Schaus, 1905		4		4
<i>Amaxia erythrophleps</i> Hampson, 1901		2	1	3
<i>Amaxia kennedyi</i> (Rothschild, 1909)		2		2
<i>Amaxia lepida</i> (Schaus, 1912)		3	2	5
<i>Amaxia pandama</i> (Druce, 1893)	1			1
<i>Amaxia</i> sp.			1	1
<i>Ammalo helops</i> (Cramer, [1776])	3	1	3	7
<i>Apiconoma opposita</i> (Walker, 1854)		3		3
<i>Baritius eleutheroides</i> Rothschild, 1909		2	1	3
<i>Carathis</i> sp.			1	1
<i>Cratoplastis barrosi</i> (Almeida, [1968])		12	5	17
<i>Cratoplastis diluta</i> Felder & Rogenhofer, 1874		2	1	3
<i>Cratoplastis rectiradia</i> (Hampson, 1901)	1	2		3
<i>Pseudepimolis flavonotata</i> (Rothschild, 1909)		3	1	4
<i>Pseudepimolis incarnata</i> (Hampson, 1901)	1	20	8	29
<i>Euplesia sphingidea</i> (Perty, [1833])	3	9	2	14
<i>Eupseudosoma involuta involuta</i> (Sepp, [1855])	3	5		8
<i>Evius albicoxae</i> (Schaus, 1905)		9	1	10
<i>Evius hippia</i> (Stoll, [1790])		7		7
<i>Glaucostola flavida</i> Schaus, 1905		3	4	7
<i>Glaucostola guttipalpis</i> (Walker, 1856)		2		2
<i>Gorgonidia buckleyi</i> (Druce, 1883)		1		1
<i>Haemaphlebiella</i> sp.		1		1
<i>Halysidota underwoodi</i> (Rothschild, 1909)			1	1
<i>Himerarctia docis</i> (Hübner, [1831])		4		4
<i>Himerarctia griseipennis</i> (Rothschild, 1909)	1	5	1	7
<i>Himerarctia laeta</i> Watson, 1975			1	1
<i>Hyperandra novata</i> (Dognin, 1924)		6	4	10
<i>Hyperthaema</i> sp.		1		1
<i>Hypidalia sanguirena</i> Schaus, 1905			1	1
<i>Hyponerita lavinia</i> (Druce, 1890)		3	1	4
<i>Hyponerita persimilis</i> Rothschild, 1909			1	1
<i>Idalus admirabilis</i> (Cramer, [1777])		1		1
<i>Idalus aleteria</i> (Schaus, 1905)	4	8	1	13
<i>Idalus carinosa</i> (Schaus, 1905)	1			1
<i>Idalus critheis</i> Druce, 1884		4		4
<i>Idalus vitrea</i> (Cramer, [1780])	1	9	1	11
<i>Ischnognatha semiopalina</i> Felder & Rogenhofer, 1874	1	10	1	12
<i>Lepidokirbyia venigera</i> Toulgoët, [1983]		2	2	4
<i>Leucanopsis</i> sp.		1	1	2
<i>Lophocampa catenulata</i> (Hübner, [1812])		1		1

Continuação

<i>Lophocampa citrina</i> (Sepp, [1852])	1	14	14	29
<i>Lophocampa modesta</i> Kirby, (1892)			1	1
<i>Machaeraptenus crocopera</i> (Schaus, 1905)	1	2		3
<i>Melese incertus</i> (Walker, 1855)	23	138	11	172
<i>Melese ocellata</i> Hampson, 1901		6	23	29
<i>Melese</i> sp.		1		1
<i>Neidalia</i> sp.		2		2
<i>Neonerita dorsipuncta</i> Hampson, 1901		3	7	10
<i>Nezula grisea</i> Schaus, 1896		9	7	16
<i>Nyearctia leucoptera</i> (Hampson, 1920)	30	42	5	77
<i>Oodoptera guianensis</i> Laguerre, 2019		2	1	3
<i>Ormetica contraria contraria</i> (Walker, 1854)	1			1
<i>Ormetica packardi</i> (Buter, 1876)		1		1
<i>Ormetica sypilus</i> (Cramer, [1777])		7		7
<i>Parathyris cedonulli</i> (Stoll, [1781])		1		1
<i>Pareuchaetes aurata</i> (Butler, 1875)	1		2	3
<i>Phaeomolis acailandia</i> Laguerre, 2019		2	3	5
<i>Phaeomolis polystria</i> (Schaus, 1905)		34	13	47
<i>Pryteria alboatra alboatra</i> (Rothschild, 1909)	3	2	1	6
<i>Psychophasma erosa</i> (Herrich-Schäffer, [1858])	12	3	1	16
<i>Regobarrosia flavescens</i> (Walker, 1856)	1	3	1	5
<i>Rhipha albiplaga</i> (Schaus, 1905)		3		3
<i>Rhipha strigosa</i> (Walker, 1854)			1	1
<i>Rhipha uniformis</i> Rothschild, 1909		4		4
<i>Scaptius asteroides</i> (Schaus, 1905)		2	1	3
<i>Scaptius sanguistrigata</i> (Dognin, 1910)		1		1
<i>Scaptius</i> sp.		17	2	19
<i>Sutonocrea reducta</i> (Walker, 1856)	2	1		3
<i>Symphlebia</i> sp.		3	2	5
<i>Trichromia albicollis</i> (Hampson, 1905)		1		1
<i>Trichromia aurantiipennis</i> (Rothschild, 1909)		1	1	2
<i>Trichromia declivis</i> (Schaus, 1905)		1	2	3
<i>Trichromia gaudialis</i> (Schaus, 1905)	16	11	4	31
<i>Trichromia leucoplaga</i> (Hampson, 1905)	41	35	9	85
<i>Trichromia lophosticta</i> (Schaus, 1911)	1	3		4
<i>Trichromia onytes</i> (Cramer, [1777])	8	66	11	85
<i>Trichromia phaeocrota</i> (Dognin, 1911)		3	2	5
<i>Trichromia rosacea occidentalis</i> (Rothschild, 1909)		2	3	5
<i>Trichromia sorex sorex</i> (Druce, 1902)		5	12	17
<i>Trichromia</i> sp.1		8	4	12
<i>Trichromia</i> sp.2		1	6	7
<i>Trichromia</i> sp.3	1	3		4
<i>Trichromia</i> sp.4			1	1
<i>Trichromia</i> sp.5		3		3
<i>Viviennea moma</i> (Schaus, 1905)	3	5	1	9
<i>Viviennea zonana</i> (Schaus, 1905)	1	1		2
<i>Viviennea superba</i> (Druce, 1883)		1		1

Continuação				
Spilosomina	3		1	4
<i>Hypercompe cunigunda</i> (Stoll, [1781])	3			3
<i>Paracles laboulbeni</i> (Bar, 1873)			1	1
Abundância	411	828	414	1.653
Espécies	72	137	94	180
Espécies exclusivas	19	47	21	87

Considerando a comunidade como um todo foram calculados os índices de diversidade ($H' = 4,23$) e uniformidade ($J' = 0,81$) de Shannon, e dominância de Berger Parker ($BP = 0,10$). Nos estratos os valores máximos obtidos para os índices de diversidade ($H' = 4,01$) foi observado no estrato intermediário e a uniformidade de Shannon ($J' = 0,84$) no sub-bosque e o valor mínimo para dominância de Berger Parker ($BP = 0,13$) no dossel (Tabela 1).

Os perfis de diversidade de espécies evidenciaram que até um determinado intervalo da escala α o estrato intermediário foi superior em termos de riqueza ($\alpha = 0$), diversidade de Shannon-Weiner ($\alpha = 1$) e dominância de Simpson ($\alpha = 2$), tendo em vista que estes resultados parcialmente contribui com que foi atribuído anteriormente pelos índices de diversidade (Fig. 3).

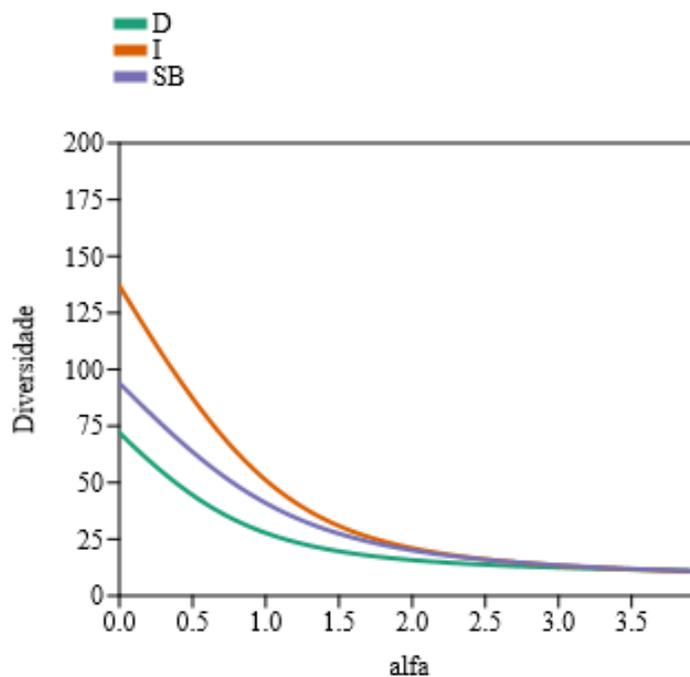


Figura 3. Perfis de diversidade de espécies nas amostras da série Rényi nos três estratos do dossel (D), intermediário (I) e sub-bosque (SB), na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil, de maio de 2019 a fevereiro de 2020.

A riqueza estimada por “Chao 2” foi de $250 (\pm 24,11)$ e “Jackknife 1” 238 espécies ($\pm 11,96$) que convertida para valores de 72% e 75%, respectivamente, representam os percentuais de espécies coletadas em relação as esperadas (Tabela 2). Estes dados confirmam que mais espécies podem ser encontradas em cada estrato, pois as amostras do estrato intermediário quando rarefeita em 412 a riqueza de espécies por número de espécimes continua em ascensão em relação aos demais estratos observados na curva de rarefação de espécies (Fig.4).

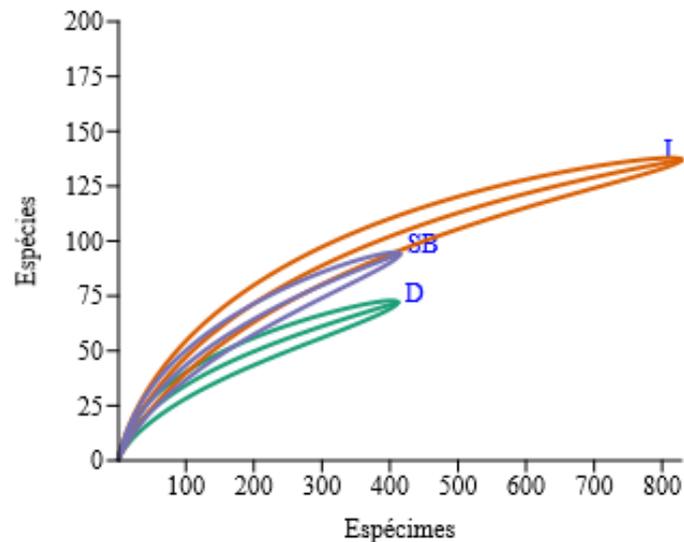


Figura 4. Curvas de rarefação da riqueza de espécies observadas de Arctiini com base no número de espécimes, coletados com armadilhas luminosas, nos três estratos dossel (D, linhas laranjas), intermediário (I, linhas azuis) e sub-bosque (SB, linhas verdes), no Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil, de maio de 2019 a fevereiro de 2020.

Os resultados da ANOVA mostram que a abundância observada difere significativamente entre os estratos ($F= 17, 55$; $BF= 2$; $p < 0,0001$). O intermediário (média = 27,6) mostrou diferenças com o dossel (média = 13,7) ($t = 5,1506$; $p < 0,001$) e sub-bosque (média = 13,8) ($t = 5,1136$; $p < 0,001$), porém não ocorreu diferenças nas abundâncias de espécies do dossel com o sub-bosque ($t = 0,0371$; $p > 0,05$).

A análise PERMANOVA verificou que a composição de espécies de Arctiini foi significativamente diferente entre os estratos ($F= 9,411$; $p < 0,0001$) atestada pelo pairwise (dossel x intermediário x sub-bosque, $p = 0,0003$). Posteriormente, a análise de ordenação (NMDS) com valor de stress de 0,45 foi possível visualizar a formação de três grupos distintos (Fig. 5).

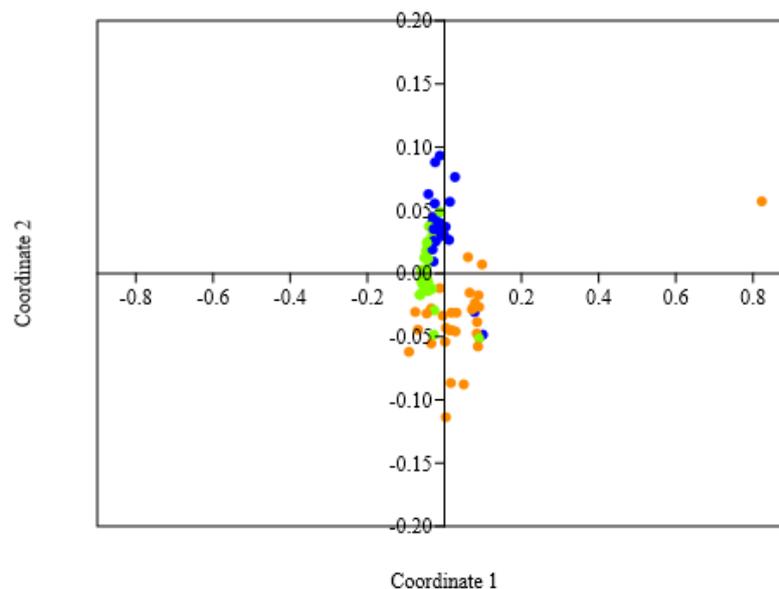


Figura 5. Análise de escala multidimensional não métrica (NMDS) baseada no índice de Bray-Curtis para espécies de Arctiini coletadas com armadilha luminosa na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil, de maio de 2019 a fevereiro de 2020. Dossel (pontos laranjas), intermediário (pontos verdes) e sub-bosque (pontos azuis).

Discussão

A fauna de Arctiini na FLONA do Tapajós representa 16% das 1.062 espécies conhecidas para a Amazônia brasileira (Valente e Teston 2023). Nesta unidade de conservação Freitas (2014) avaliou dois estratos (dossel e sub-bosque) em duas noites amostrais ao longo de um ano com registros de 111 espécies e predomínio de Arctiini no sub-bosque. Já em comparação ao presente estudo foi adicionado mais um estrato (intermediário) e um aumento de 69 espécies, com maior riqueza e abundância de Arctiini nos estratos intermediário e sub-bosque. Os trabalhos sobre estratificação vertical de mariposas Arctiini analisaram dois estratos (sub-bosque e dossel) e encontraram maior riqueza no sub-bosque na Flona Tapajós (Freitas 2014) e no dossel de outras florestas tropicais (Schulze et al. 2001, Brehm 2007). Outros trabalhos com lepidópteros relatados para a Flona do Tapajós a riqueza foi relativamente maior no sub-bosque para borboletas (Lopes 2013) e mariposas da família Saturniidae (Campelo et al. 2020), e Shingidae no dossel (Valente e Teston, no prelo). De acordo com Brehm (2009), os estratos superiores das florestas tropicais em via de regra abriga comunidades vegetais distintas e diversas, incluindo epífitas e lianas que potencialmente podem servir como alimento para as larvas (Brehm 2007) ou como fontes de néctar para os adultos de Arctiini (Schulze et al. 2001). Logo, a oferta de fontes alimentares torna-se um elemento atrativo condicionante para o voo de mariposas em determinadas alturas (Brehm 2009) que apresentam grande capacidade de dispersão (Hilt 2005).

Phaegopterina se destacou com as maiores métricas faunísticas, tal como os resultados para a maioria das espécies mais abundantes pertencentes a esta subtribo. Estas mariposas apresentam grande diversidade na região Neotropical (Vincent e Laguerre 2014), são polípagas e geralmente estão associados a ambientes perturbados (Hilt e Fiedler 2006). A ocorrência e preferência de espécies do gênero *Macrocneme* (Euchromiina) amostradas no presente estudo foram mais ricas no dossel e já foram registradas em outros trabalhos de estratificação (Brehm 2007, Brehm 2009), e embora as informações sobre suas plantas hospedeiras sejam escassas, Janzen e Hallwachs (2023) registraram que as larvas desses gêneros são especialistas em lianas (Apocynaceae e Asclepiadaceae) cujas folhas e inflorescências estão distribuídas sobretudo no dossel. A preferência de *Virbia* (Arctiina) pelo sub-bosque pode ser explicada em virtude das florestas oferecerem poucos recursos alimentares de néctar no sub-bosque (Schulze et al. 2001, Brehm 2007), considerando que este gênero possui aparelho bucal reduzido (Jacobson e Weller 2002) tornando possível apenas a alimentação disponível na superfície (Brehm 2007).

A comunidade de Arctiini no estrato intermediário não somente se sobressaiu em abundância, riqueza e exclusividade de espécies, mas também pela expressiva diversidade de espécies que foi ponderada pela baixa dominância de *M. incertus*, a espécie mais abundante da comunidade. No entanto, os valores de diversidade do dossel e sub-bosque obtidos por Freitas (2014) na FLONA do Tapajós tiveram diferenças mínimas entre eles, o que de fato corrobora com o presente estudo que encontrou resultados semelhantes para estratos supracitados.

As amostras obtidas a partir de gradientes verticais distintos amplia a possibilidade de gerar uma lista de espécies bem representativa da fauna local (Ribeiro et al. 2016), assim como as amostragens repetitivas nas mesmas unidades amostrais produzem maior riqueza e integram as espécies raras (Dobyins 1997). Neste contexto, a riqueza de espécies de Arctiini na FLONA do Tapajós pode ser maior do que foi mensurada neste estudo, considerando as interpretações das análises de estimativas e da não estabilização das curvas em todos os estratos. Esta suposição é pertinente, em virtude de Freitas (2014) ter utilizado os mesmos parâmetros que previram entre 186 e 168 espécies poderiam ser coletadas nesta área, sendo que o quantitativo de espécies observadas neste trabalho está dentro do universo das estimativas supracitadas.

A abundância de Arctiini não foi distribuída de forma homogênea ao longo do gradiente vertical, tendo como destaque o estrato intermediário que deteve 50% dos espécimes da comunidade. Estes resultados corrobora com o estudo de Schulze et al. (2001) que mostraram esta diferença desproporcional de indivíduos entre os estratos, porém outros parâmetros como riqueza e diversidade também são fortemente influenciados pela estratificação com preferência

pelo estrato superior (Brehm 2007).

A estratificação vertical contribui para diversidade de espécies ao oferecer microclimas distintos em termos de umidade relativa, temperatura e radiação solar (Dias - Lima et al. 2002, Puig 2008,), e por gerar faunas adaptadas a explorar diferentes tipos de recursos (Basset et al. 2003, Thiel et al. 2021, Amorim et al. 2022, Basham et al. 2023). Nas comunidades de Lepidoptera, o amplo espectro de plantas hospedeiras facilita o sucesso no estabelecimento de uma população em um novo hábitat, pois a chance de um indivíduo encontrar uma fonte alimentar nesse novo hábitat é maior (Ferro e Teston 2009). As mariposas Arctiini podem ser generalistas ou especialistas dependendo da especificidade e quantidade de suas plantas hospedeiras (Hilt e Fiedler 2005, 2006, Diniz et al. 2013, Braga et al. 2014), e também dos padrões de utilização dos recursos florais associados a funcionalidade de suas probóscides (Shulze et al. 2001), sendo algumas espécies polinizadoras de plantas específicas da Mata Atlântica (Singer et al. 2007).

Nosso estudo mostrou que a estrutura e a composição das comunidades de mariposas Arctiini diferiu entre os estratos, e apresentou maior abundância e riqueza de espécies no estrato intermediário. Embora os fatores abióticos e as interações ecológicas não tenham sido investigados em nosso estudo, eles configuram juntamente com a história de vida das mariposas Arctiini entre as possíveis explicações plausíveis que determinam o padrão de estratificação. Portanto, nosso trabalho contribui com informações relevantes a respeito da importância da estratificação de mariposas e das unidades de conservação em florestas tropicais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela bolsa concedida (edital 09/2019), a UFOPA pelo Programa de Fomento à Elaboração de Teses (PROTESE – edital 01/2020 e 01/2021) pelo apoio financeiro as atividades de pesquisa, ao Programa de Apoio a Pós - Graduação (PROAP - 0889/2018), ao Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA), Núcleo de Apoio à Pesquisa no Pará (NAPPA – Núcleo Regional de Santarém) e Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) pelo apoio e permissão para realização da pesquisa na torre de plataforma, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio – nº 67377) pela autorização para atividades de pesquisa, a Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros (RedeLep) pelo apoio logístico e o Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte. A todos os auxiliares de campo que contribuíram com as coletas.

Literatura citada

Amorim DS, Brown BV, Boscolo D, Ale-Rocha R, Alvarez-Garcia DM, Balbi MI, Barbosa AM, Capellari RS, de Carvalho CJB, Couri MS, Dios RVP, Fachin DA, Ferro GB, Flores HF, Frare LM, Gudin FM, Hauser M, Lamas CJE, Lindsay KG, Marinho MAT, Marques DWA, Marshall SA, Mello-Patiu C, Menezes MA, Morales MN, Nihei SS, Oliveira SS, Pirani G, Ribeiro GC, Riccardi PR, de Santis MD, Santos D, dos Santos JR, Silva VC, Wood EM, Rafael JA (2022) Vertical stratification of insect abundance and species richness in na Amazonian tropical forest. *Scientific reports* 2(1): 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05677-y>

Araujo PF, Freitas AVL, Goncalves, GADS, Ribeiro DB (2021). Vertical stratification on a small scale: The distribution of fruit-feeding butterflies in a semi-deciduous Atlantic Forest in Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 56(1): 10-39.

- Ayres M, Ayres Jr M, Ayres DL, Santos, AAS (2007) Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. IDSM, Belém, 364p.
- Basham EW, Baecher JA, Klinges DH, Scheffers BR (2023) Vertical stratification patterns of tropical forest vertebrates: a meta-analysis. *Biological Reviews*, 98(1), 99-114.
- Basset Y, Hammond P, Barrios H, Holloway JD, Miller SE (2003) Vertical stratification of arthropod assemblages. In: Basset Y, Novotny V, Miller SE, Kitching RL (Eds.). *Arthropods of tropical forests spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. Cambridge, 17-27.
- Basset Y, Aberlenc H P, Barrios H, Curletti G, Bérenger J M, Vesco JP, Causse P, Haug A, Hennion AS, Lesobre L, Marquès F, O'Meara R (2001). Stratification and diel activity of arthropods in a lowland rainforest in Gabon. *Biological Journal of the Linnean Society* 72(4), 585-607.
- Beck J, Linsenmair KE, Fiedler K (2002) From forest to farmland: Diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 17: 33–51.
- Braga L, Lapesqueur C, Silva NA, Harterreiten-Souza ÉS, Tepedino KP, Freire G., Neis M, Scherrer S (2014). Immature stages and ecological characteristics of *Idalus lineosus* Walker (Erebidae: Arctiinae). *The Journal of the Lepidopterists' Society* 68(1): 45-53.
- Brehm G (2007) Contrasting patterns of vertical stratification in two moth families in a Costa Rican lowland rain forest. *Basic and Applied Ecology* 8(1): 4-54. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.02.002>
- Brehm G (2009) Patterns of arctiid diversity. In: Conner E (Ed.). *Tiger moths and woolly bears: behaviour, ecology, and evolution of the Arctiidae*. University Press, Oxford, New York, 223-232.
- Brown Jr KS, Freitas AVL (1999) Lepidoptera. In: Brandão CRF, Canello EM (Eds.) *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Invertebrados terrestres*. FADESP, São Paulo, 227-243.
- Campelo JC, Corrêa JCSL, Freitas RS, Teston JA (2020) Estratificação vertical de Saturniidae (Insecta, Lepidoptera) em área de floresta ombrófila densa na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil. *Biota Amazônia* 10(3): 29-35. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n3p29-35>
- Chmel K, Riegert J, Paul L, Novotný V (2016) Vertical stratification of an avian community in New Guinean tropical rainforest. *Population Ecology* 58(4) 535-547.
- Colwell RK (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. User's Guide and application. <http://purl.oclc.org/estimates>. 337 pp
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 345 (1311): 101-118.
- Cordeiro A (2005) Plano de Manejo Floresta Nacional do Tapajós: A transformação para conservar está em nossas mãos. IBAMA, Rio de Janeiro: MMA, 200 pp.

Dias-Lima A, Bermúdez EC, Medeiros JFD, Sherlock I (2002) Estratificação vertical da fauna de flebótomos (Diptera, Psychodidae) numa floresta primária de terra firme da Amazônia Central, Estado do Amazonas, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública* 18(3): 823-832.

Diniz IR, Braga L, Lepesqueur C, Silva N, Morais H (2013) *Lagartas do Cerrado: guia de campo*. Technical Books Editora.

Dobyins JR (1997) Effects of sampling intensity on the collection of spider (Araneae) species and the estimation of species richness. *Environmental Entomology* 26(2): 150-162.

Ferro VG, Teston JA (2009) Composição de espécies de Arctiidae (Lepidoptera) no sul do Brasil: relação entre tipos de vegetação e entre a configuração espacial do hábitat. *Revista Brasileira de Entomologia* 53(2): 278-286. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000200010>

Ferro VG, Diniz IR (2010) Riqueza e composição das mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado. In: Diniz IR, Marinho-Filho J, Machado RB, Cavalcanti R (Eds.). *Cerrado: conhecimento quantitativo como subsídio para as ações de conservação*. Editora Thesaurus, Brasília, 255-313.

Freitas MP de (2014) Estratificação vertical de Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) na Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. MSc. Dissertação, Universidade Federal do Oeste do Pará, Brazil.

Gonçalves TT, Louzada JNC (2005) Estratificação vertical de coleópteros carpófilos (Insecta: Coleoptera) em fragmentos florestais do sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Ecología austral* 15(1): 101-110.

Gonzalez JCT, De Guia APO, Dimalibot JC, Pantua KV, Gustilo WO, Bantayan NC (2020) Understorey to canopy vertebrate fauna of a lowland evergreen forest in Mt. Makiling Forest Reserve, Philippines. *Biodiversity Data Journal* 8.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 1-9.

Heppner, J. B. 1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera* 2: 1-85.

Hilt, N. 2005. Diversity and species composition of two different moth families (Lepidoptera: Arctiidae vs. Geometridae) along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. PhD Thesis, University of Bayreuth, German.

Hilt N, Fiedler K (2005) Diversity and composition of Arctiidae moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. *Diversity and Distributions* 11: 387–398.

Hilt N, Fiedler K (2006) Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *Journal of Biogeography* 33: 108-120.

Hilton DRSE, Japyassú F (2001) Coexistência entre predadores: Estratificação vertical de teias em duas espécies de aranhas congêneras (Araneae: Theridiidae). *Revista de Etologia* 3(2): 137-144.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2019) Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós. Volume II. Brasília, 14 pp.

Intachat J, Holloway JD (2000) Is there stratification in diversity or preferred flight height of geometroid moths in Malaysian lowland tropical forest? *Biodiversity and Conservation*. 9: 1417-1439. <https://doi.org/10.1023/A:1008926814229>

Jacobson NL, Weller SJ (2002) A cladistic study of the Arctiidae (Lepidoptera) by using characters of immatures and adults. Entomological Society of America, Thomas Say Publication in Entomology, Lanhan, 98 pp.

Janzen D, Hallwachs W (2023). Philosophy, navigation and use of a dynamic database (ACG Caterpillars SRNP) for an inventory of the macrocaterpillar fauna, and its foodplants and parasitoids, of the Area de Conservacion Guanacaste (ACG), north-western Costa Rica (<http://janzen.sas.upenn.edu>).

Lafontaine JD, Schmidt BC (2010) Annotated check list of the Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) of North America north of Mexico. *ZooKeys* 40: 1-239.

Lopes, AL (2013) Borboletas frugívoras em dois estratos verticais na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil. MSc. Dissertação, Universidade Federal do Oeste do Pará, Brazil.

Magurran AE (2011) Medindo a diversidade biológica. Tradução: Dana Moiana Viana. UFPR, Curitiba – PR: 216 pp.

Morato EF (2001) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação vertical. *Revista Brasileira de Zoologia* 18: 737-747.

Nice, CC, Fordyce JA, Bell KL, Forister ML, Gompert Z, DeVries PJ (2019). Vertical differentiation in tropical forest butterflies: a novel mechanism generating insect diversity? *Biology letters* 15(1): 20180723.

Prevedello JA, Ferreira P, Papi BS, Loretto D, Vieira MV (2008) Uso do espaço vertical por pequenos mamíferos no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ: um estudo de 10 anos utilizando três métodos de amostragem. *Revista Espaço e Geografia* 11(1): 35-58.

Puig H (2008) A floresta tropical úmida. UNESP, São Paulo, 496 pp.

Ribeiro DB, Williams, M R, Specht A, Freitas AV (2016). Vertical and temporal variability in the probability of detection of fruit-feeding butterflies and moths (Lepidoptera) in tropical forest. *Austral Entomology* 55(1): 112-120.

Schulze CH, Fiedler K (1997) Patterns of diversity and vertical stratification in hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of a Bornean rain forest. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 11: 767-770.

Schulze CH, Linsenmair KE, Fiedler K (2001) Understorey versus canopy: Patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rain forest. In: Linsenmair KE, Davis J, Fiala B, Speight MR (Eds) *Tropical Forest Canopies: Ecology and Management*. Forestry Sciences, vol 69. Springer, Dordrecht, 133–152. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3606-0_11

Scoble MJ (1995) *The Lepidoptera: form, function and diversity*. Oxford University Press, New York, 404 pp.

Singer RB, Breier TB, Flach A, Farias-Singer R (2007) The Pollination Mechanism of *Habenaria pleiophylla* Hoehne & Schlechter (Orchidaceae: Orchidinae). *Functional Ecosystems and Communities* 1: 10–14.

Smith A (1973) Stratification of temperature and tropical forests. *The American Naturalist* 107 (957): 671-683.

Teston JA, Delfina MC (2010) Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) em área alterada em Altamira, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. *Acta Amazonica* 40(2): 387-396. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200017>

Thiel S, Tschapka M, Heymann EW, Heer K (2021) Vertical stratification of seed-dispersing vertebrate communities and their interactions with plants in tropical forests. *Biological Reviews*, 96(2), 454-469. <https://doi.org/10.1111/brv.12664>

Tissot AC, Navarro-Silva MA (2004) Preferência por hospedeiro e estratificação de Culicidae (Diptera) em área de remanescente florestal do Parque Regional do Iguazu, Curitiba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21: 877-886.

Tóthmérész B (1995) Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science* 6: 283-290.

Valente DMP, Teston JA (no prelo) Vertical stratification of Sphingidae moths (Insecta, Lepidoptera) in the Tapajós National Forest, Pará, Brazil.

Valente DMP, Teston JA (2023) Influência da temperatura na distribuição horária de voo noturno de Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) em uma área da floresta nacional do tapajós, amazônia oriental. *Revista Agroecossistemas* 15 (1).

Vincent B, Laguerre M (2014). Catalogue of the Neotropical Arctiini Leach, [1815](except *Ctenuchina* Kirby, 1837 and *Euchromiina* Butler, 1876)(Insecta, Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae). *Zoosystema* 36(2): 137-533.

Weller SJ, Simmons RB, Boada R, Conner WE (2000) Abdominal modifications occurring in wasp mimics of the Ctenuchine - Euchromiine clade (Lepidoptera: Arctiidae). *Annual Entomology Society America* 93: 920-928

Weller S, Costa M, Simmons R, Dittmar K, Whiting M (2009) Evolution and taxonomic confusion and Arctiidae. In: Conner WE (Eds.). *Tiger moths and woolly bears: behaviour, ecology and evolution of Arctiidae*. Oxford University Press, Oxford, 11-30.

3.3 CAPÍTULO 03 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DE VOO NOTURNO DE ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) EM UMA ÁREA DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, AMAZÔNIA ORIENTAL

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. 2023

Artigo publicado na Revista Agroecossistemas (<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>) em julho de 2023. O capítulo está seguindo as normas da revista supracitada.



Danúbia Marcela Pereira Valente
 Universidade Federal do Oeste do Pará
 danubiavalente@ymail.com

José Augusto Teston
 Universidade Federal do Oeste do Pará
 jateston@gmail.com

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DE VOO NOTURNO DE ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) EM UMA ÁREA DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: Este estudo analisou o horário de atividade de voo de Arctiini em uma área da Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. As mariposas foram mensalmente capturadas no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020, durante três noites consecutivas, na fase de lua minguante/nova, utilizando armadilha luminosa modelo Pensilvânia. Avaliou-se a composição de espécies, a riqueza e a abundância foram utilizadas para realizar a análise circular e relacioná-las com a temperatura através da correlação. Foram capturados 412 indivíduos pertencentes a 94 espécies distribuídas em todas as sete tribos de Arctiini. A maior parte das espécies ($S = 72$ ou 76,6%) ocorreram em um e dois horários. Os horários de pico, para a riqueza ($S = 27$) e abundância ($N = 101$) foram registrados nas primeiras horas (20h) e nas finais (5h) de coleta, respectivamente, corroborados pela análise circular. Desta forma, recomenda-se que a captura seja realizada ao longo da noite, com a finalidade de representar o máximo possível a composição faunística de Arctiini. A correlação obtida mostra que a riqueza sofreu influência da temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Armadilha luminosa, Floresta Ombrófila Densa, Mariposas-tigre, Voo.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE HOURLY DISTRIBUTION OF THE NOCTURNAL FLIGHT OF ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) IN AN AREA OF THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST, EASTERN AMAZON.

ABSTRACT: The nocturnal flight patterns of the Arctiini moths from Tapajós National Forest, Belterra, Pará, Brazil, are analyzed. The moths were captured each month from May 2019 to February 2020, during three consecutive nights, during the waning/new moon phase, using the Pennsylvania model light trap. Species' composition was evaluated. Richness and abundance were used in a circular analysis and correlated with temperature. A total of 412 individuals belonging to 94 species, distributed in all seven tribes of Arctiini, were collected. Most species ($S = 72$ or 76.6%) occurred in one and two sampling scheduled times. The peak for richness ($S = 27$) and abundance ($N = 101$) were recorded in the first (8 p.m.) and last (5 a.m.) scheduled sampling times, respectively. These findings were corroborated by the

circular analysis. Our results indicate that sampling should be conducted throughout the night to obtain an accurate representation of fauna of Arctiini at an area. The correlation obtained shows that the richness was influenced by the temperature.

KEYWORDS: Light trap, Dense Ombrophilous Forest, Tiger-moths, Flight.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA DISTRIBUCIÓN HORARIA DEL VUELO NOCTURNO DE ARCTIINI (LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE) EN UN ÁREA DEL BOSQUE NACIONAL DE TAPAJÓS, AMAZONÍA ORIENTAL

RESUMEN: Este estudio analizó el horario de actividad de vuelo de Arctiini en un área de la Floresta Nacional Tapajós, Belterra, Pará. Las polillas fueron capturadas mensualmente desde mayo de 2019 hasta febrero de 2020, durante tres noches consecutivas, en la fase de luna nueva/menguante, utilizando una trampa de luz modelo Pensilvania. Se evaluó la composición de especies, se utilizó la riqueza y la abundancia para realizar el análisis circular y relacionarlas con la temperatura mediante correlación. Contamos 412 individuos pertenecientes a 94 especies distribuidas en las siete tribus de Arctiini. La mayoría de las especies ($S=72$ o 76,6%) se presentaron en uno y dos momentos. Los momentos pico de riqueza ($S=27$) y abundancia ($N=101$) se registraron en las primeras horas (20:00h) y al final (5:00h) de recolección, respectivamente, y fueron corroborados por el análisis circular. Por lo tanto, se recomienda que la captura se realice durante la noche, para representar lo más posible la composición faunística de Arctiini. La correlación obtenida muestra que la riqueza fue influenciada por la temperatura.

PALABRAS CLAVES: Trampa de luz, Bosque Ombrófilo Denso, Polillas tigre, Vuelo.

INTRODUÇÃO

Os insetos constituem um grupo dominante no globo terrestre, e dentre os atributos para este sucesso se deve a habilidade de voar (GRIMALDI; ENGEL, 2005), de perceber e interpretar o ambiente (GULLAN; CRANSTON, 2017).

As pesquisas sobre este táxon carecem de grandes esforços a fim de fornecer subsídios a respeito dos padrões de riqueza, diversidade e distribuição, especialmente quando este conhecimento vem acompanhado de informações dos aspectos biológicos e taxonômicos das espécies (GOMES et al., 2010). Entretanto, alguns fatores ambientais atuam de forma direta e indireta na flutuação populacional e distribuição dos insetos, tais como temperatura, umidade relativa, luminosidade, vento, tempo, radiação, alimento e relações ecológicas (GALLO et al., 2002). A temperatura tem ação direta, afetando o desenvolvimento e comportamento, e indireta interferindo sobre a alimentação dos insetos (COSTA et al., 2011).

Em termos de conhecimento quantitativo e qualitativo da fauna, a armadilha luminosa tem sido um dos métodos de coletas mais empregados na área de entomologia para acessar e monitorar certos grupos (BARRETO; PEZZINI, 2015; ZENKER et al., 2020), que se caracterizam pelo fototropismo positivo devido a atração pela luz (COELHO et al., 2021).

Os lepidópteros, especialmente as mariposas, em sua maioria possuem o hábito noturno, apresentam estímulos quando expostas a fonte de luz e são expressivamente bem representadas nas capturas que utilizam armadilhas luminosas (DUARTE et al., 2012; RABL et al., 2019; BREHM et al., 2019).

As mariposas Arctiinae são potencialmente coletadas neste tipo de armadilha com diversas finalidades de estudos, dentre as quais podemos ressaltar a sua importância como bioindicadoras em monitoramento ambiental (HILTY; MERLENDER, 2000).

Arctiini é uma das tribos que juntamente com Amerilini, Lithosiini e Syntomini (ZENKER et al., 2017) compõem a subfamília Arctiinae que integra a família Erebidae (ZAHIRI et al., 2012). Destas somente Arctiini e Lithosiini são encontradas na região Neotropical (HEPPNER, 1991). Arctiini (mariposas-tigre) contém a maioria das espécies (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011), sendo conhecidas 4.761 na região Neotropical (HEPPNER, 1991), 1.225 para o Brasil (FERRO; DINIZ, 2010) e 1.060 espécies na Amazônia (VALENTE; TESTON, 2022).

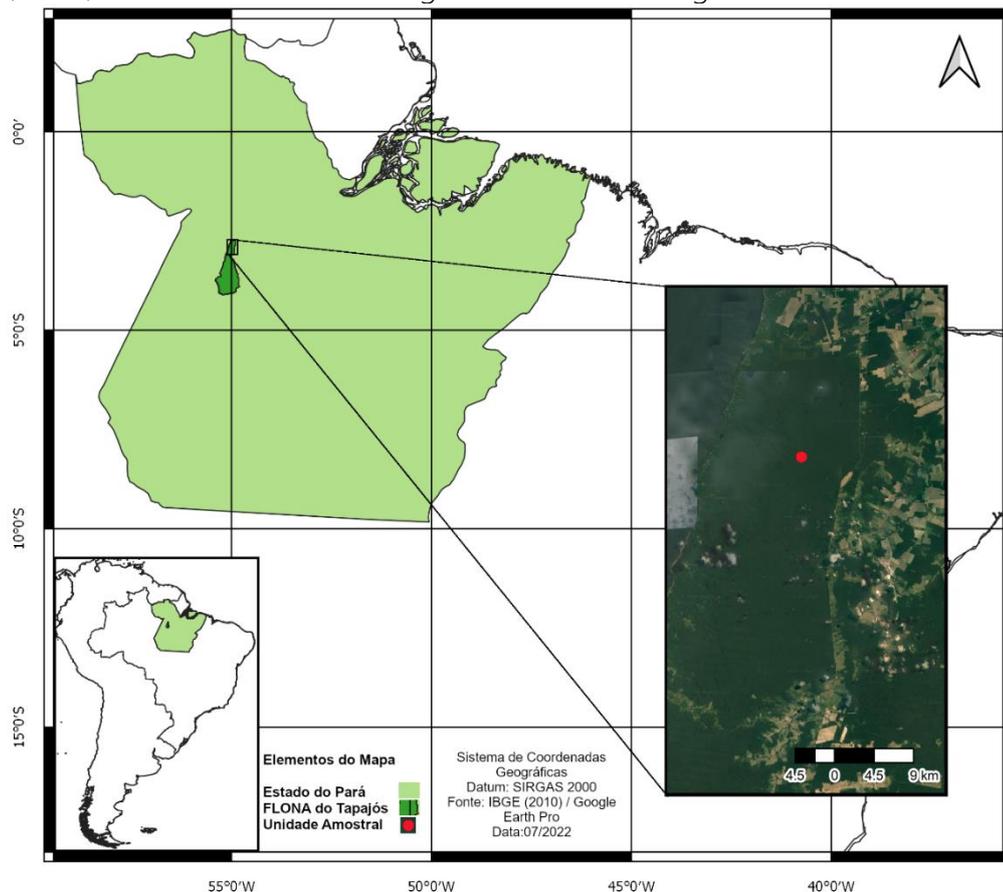
Os estudos que abordam o horário da atividade de voo de lepidópteros ainda são insuficientes (SILVEIRA NETO et al., 1975; LOURIDO et al., 2008; SCHERRER et al., 2013; CAMARGO et al., 2016), principalmente quando envolvem conjuntamente os parâmetros meteorológicos, como a temperatura que é mencionada como um fator de influência no voo de lepidópteros (MARINONI et al., 1997; MARINONI et al., 1999; MONTERO-MUNHOZ et al., 2013). Dentre as pesquisas que já contribuíram sobre o tema em questão, destacam-se as recentemente realizadas no Parque Nacional das Emas no Cerrado (MORENO et al., 2021), Parque Nacional da Serra do Pardo (TESTON, 2021a) e Parque Nacional da Amazônia (TESTON, 2021b), ambos na Amazônia.

Desta forma, o presente estudo objetiva: i) analisar a composição, abundância, riqueza e o padrão de distribuição horária de voo noturno de Arctiini na Floresta Nacional do Tapajós, Pará; ii) relacionar a abundância e riqueza com a temperatura ao longo da noite.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA Tapajós), município de Belterra, Pará. A FLONA Tapajós caracteriza-se pela cobertura vegetal predominante de Floresta Ombrófila Densa, composta por árvores de grande porte, lianas lenhosas, palmeiras e epífitas (CORDEIRO, 2005). No interior da FLONA Tapajós, o Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) dispõe de uma torre de plataforma de 45 m de altura (coordenadas geográficas 02°51'23,3"S e 54°57'31,0"W) (Figura 1) que foi utilizada como unidade amostral (UA), localizada no km 67 da rodovia federal BR - 163 (sentido Santarém-Cuiabá) (ICMBio, 2019) e nas proximidades da área de exploração de manejo florestal (BEZERRA et al., 2018).

Figura 1. Localização da unidade amostral (círculo vermelho) na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia Oriental. Imagem de satélite Google Earth.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As trinta noites de amostragens foram efetuadas mensalmente durante maio de 2019 a fevereiro de 2020, no período de lua minguante e/ou nova, em três noites consecutivas.

As mariposas foram capturadas com armadilha luminosa, modelo Pensilvânia (FROST, 1957), equipada com lâmpada fluorescente ultravioleta F15 T12 LN e um recipiente coletor contendo fixador (álcool 96° GL), sendo ligada ao anoitecer (19 horas) e desligada ao amanhecer (7 horas) (VALENTE et al., 2018). A armadilha foi instalada na torre de plataforma a 2 m de altura, e os insetos recolhidos por horário de captura no intervalo a cada uma hora e posteriormente armazenados em potes plásticos.

As amostras coletadas foram transportadas para o Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais (LELN) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), onde as mariposas foram triadas e quantificadas. No mínimo um ou dois exemplares por espécies foram montados com alfinetes entomológicos e secos em uma estufa a 40°C por dois dias, e a outra parte mantida em envelopes entomológicos. O material testemunha foi depositado na coleção do LELN anexo ao Museu de Zoologia (MZSTM) do Programa de Ciências Naturais da UFOPA.

A fauna de mariposas foi analisada através das seguintes métricas: composição, abundância (N) e riqueza (S).

A análise circular foi utilizada para avaliar a distribuição horária de voo de Arctiini levando em consideração suas abundâncias e a riquezas de espécies capturadas de hora em hora aplicando o teste de Rayleigh (ZAR, 2010) através do software ORIANA 4.20 (KOVACH, 2013).

A riqueza e abundância das espécies foram correlacionadas com as médias noturnas da variável meteorológica temperatura do ar (°C), utilizando a correlação de Pearson pelo software PAST (HAMMER et al., 2001). A temperatura do ar foi obtida junto a Estação Meteorológica do Programa LBA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total coletou-se 94 espécies (S) e 412 indivíduos (N) com representação para todas as sete subtribos de Arctiini: Arctiina, Callimorphina, Ctenuchina, Euchromiina, Pericopina, Phaegopterina e Spilosomina (Tabela 1). Duas espécies são novos registros para a Amazônia Brasileira: *Trichromia phaeocrota* (Dognin, 1911) e *Oodoptera guianensis* Laguerre, 2019 (Tabela 1), sendo que a segunda é a primeira vez catalogada para o Brasil. As espécies

Virbia epione Druce, 1911 (N= 68), *Virbia subapicalis* (Walker, 1854) (N= 31) e *Virbia* sp. 1 (N= 23) foram as mais abundantes e pertencentes a Arctiina (Tabela 1).

A riqueza de espécies (S= 94) coletada na Flona Tapajós representa 8,9% das 1.060 espécies listadas para a Amazônia (VALENTE; TESTON, 2022) e, 42,5% das 221 espécies reportadas anteriormente para esta unidade de conservação (FREITAS, 2014), sendo, que os dois novos registros pertencem a Phaegopterina que é a subtribo dominante em diversidade de espécies nos trabalhos realizados na Amazônia Brasileira, com armadilhas luminosas (TESTON et al., 2012; TESTON; CORREA, 2015; TESTON et al., 2020). Já Arctiina representada pelo gênero *Virbia* foi bastante expressiva em abundância de espécies, este predomínio segundo Brehm (2006) pode ser atribuído ao aparelho bucal já que as espécies deste gênero apresentam probóscide curta (JACOBSON; WELLER, 2002), que permitem apenas a absorção de fluidos da superfície e isso pode ser uma adaptação de vida no sub-bosque potencialmente pobre em néctar (Brehm, 2006).

Tabela 1. Número de indivíduos de Arctiini coletados à noite (19h às 6h), com armadilhas luminosas, na Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Oriental, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020. Novo registro para Amazônia (*) e Brasil (**).

Subtribo/Espécie	Horas												Total
	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	
Arctiina													
<i>Virbia epione</i> Druce, 1911									1	15	47	5	68
<i>Virbia medarda</i> (Stoll, [1781])										1	4	1	6
<i>Virbia subapicalis</i> (Walker, 1854)	4	2		1					2	12	9	1	31
<i>Virbia</i> sp.1										1	18	4	23
<i>Virbia</i> sp.2	1	1		1	1								4
Callimorphina													
<i>Utetheisa ornatix</i> (Linnaeus, 1758)			1							1			2
Ctenuchina													
<i>Aclytia gynamorpha</i> Hampson, 1898											1		1
<i>Aclytia heber</i> (Cramer, 1780)			1										1
<i>Correbidia calopteridia</i> (Butler, 1878)	1	7	1	1						1			11
<i>Correbidia</i> sp.1	1	1	1	1						1			5
<i>Correbidia</i> sp.2			1										1
<i>Delphyre dizona</i> (Druce, 1898)	1			1						1			3
<i>Delphyre flaviceps</i> (Druce, 1905)			1	1	1		1						4
<i>Ecdemus carmania</i> (Druce, 1883)			1										1
<i>Ecdemus obscuratus</i> Schaus, 1911			1										1
<i>Episcepsis luctuosa</i> (Möschler, 1877)	1												1

Continua

Continuação

Subtribo/Espécie	Horas												Total
	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	
<i>Eucereon aoris</i> Möschler, 1877		1											1
<i>Eucereon obscura</i> (Möschler, 1872)	1	1											2
<i>Heliura perexcavatum</i> (Rothschild, 1912)							1						1
<i>Heliura tetragramma</i> (Walker, 1854)	1												1
<i>Hyaleucerea erythrotela</i> (Walker, 1854)	1		1										2
<i>Ptychotricos zeus</i> Schaus, 1894	1				1								2
<i>Theages</i> sp.		1	1										2
<i>Tipulodes rubriceps</i> Dognin, 1912		1											1
<i>Uranophora walkeri</i> (Druce, 1889)				1									1
Euchromiina													
<i>Autochloris proterva</i> (Draudt, 1916)									1				1
<i>Calonotos aequimaculatus</i> Zerny, 1931		1											1
<i>Calonotos aterrima tripunctata</i> Druce, 1898					1								1
<i>Cosmosoma metallescens</i> (Ménétriés, 1857)								1					1
<i>Hypocharis albicincta</i> Cerda, 2008			1							1			2
<i>Leucotmemis torrida</i> (Walker, 1854)											2		2
<i>Leucotmemis varipes</i> (Walker, 1854)		2	9	2	4	1		1					19
<i>Macrocneme adonis</i> Druce, 1884											1		1
<i>Phoenicoprocta vacillans</i> (Walker, 1856)	1	1											2
<i>Sarosa acutior</i> (R. Felder, 1869)				1	3								4
Pericopina													
<i>Calodesma albiapex</i> Hering, 1925											2		2
<i>Calodesma collaris</i> (Drury, 1782)											1		1
<i>Hyalurga lauronoides</i> Hering, 1925											1		1
Phaegopterina													
<i>Amaxia erythrophleps</i> Hampson, 1901			1										1
<i>Amaxia lepida</i> (Schaus, 1912)	1			1									2
<i>Amaxia</i> sp.1									1				1
<i>Ammalo helops</i> (Cramer, [1776])											3		3
<i>Baritius eleutheroides</i> Rothschild, 1909	1												1
<i>Carathis</i> sp.	1												1
<i>Cratoplastis barrosi</i> (Almeida, [1968])			4	1									5
<i>Cratoplastis diluta</i> Felder & Rogenhofer, 1874					1								1
<i>Evius albicoxae</i> (Schaus, 1905)											1		1
<i>Glaucostola flavida</i> Schaus, 1905					1	1				2			4
<i>Haemanota holophaea</i> (Hampson, 1905)	1								1				2
<i>Halysidota underwoodi</i> (Rothschild, 1909)								1					1
<i>Himerarctia griseipennis</i> (Rothschild, 1909)			1										1
<i>Himerarctia laeta</i> Watson, 1975		1											1
<i>Hyperandra novata</i> (Dognin, 1924)	2	2											4
<i>Hypidalia sanguirena</i> Schaus, 1905										1			1
<i>Hyponerita lavinia</i> (Druce, 1890)							1						1
<i>Hyponerita persimilis</i> Rothschild, 1909			1										1

Continua

Continuação

Subtribo/Espécie	Horas												Total
	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	
<i>Idalus aleteria</i> (Schaus, 1905)										1			1
<i>Idalus vitrea</i> (Cramer, [1780])									1				1
<i>Ischnognatha semiopalina</i> Felder & Rogenhofer, 1874										1			1
<i>Lepidokirbyia venigera</i> Toulgoët, [1983]			1						1				2
<i>Leucanopsis</i> sp.			1										1
<i>Lophocampa citrina</i> (Sepp, [1852])		1	1	1		2	2	1		4	1		13
<i>Lophocampa modesta</i> Kirby, (1892)					1								1
<i>Melese incertus</i> (Walker, 1855)							2	6	1	1	1		11
<i>Melese ocellata</i> Hampson, 1901				1		1		3	16	2			23
<i>Neonerita dorsipuncta</i> Hampson, 1901		1	1	1	4								7
<i>Nezula grisea</i> Schaus, 1896	1	1	2	1					2				7
<i>Nyearctia leucoptera</i> (Hampson, 1920)			1							3	1		5
<i>Oodoptera guianensis</i> Laguerre, 2019 **										1			1
<i>Euplesia sphingidea</i> (Perty, [1833])										1	1		2
<i>Pareuchaetes aurata</i> (Butler, 1875)			1						1				2
<i>Phaeomolis acailandia</i> Laguerre, 2019				1		1							2
<i>Phaeomolis polystria</i> (Schaus, 1905)	1		1	2	7	2							13
<i>Pryteria alboatra alboatra</i> (Rothschild, 1909)												1	1
<i>Pseudepimolis flavonotata</i> (Rothschild, 1909)					1								1
<i>Pseudepimolis incarnata</i> (Hampson, 1901)	1	1	2	2	1				1				8
<i>Psychophasma erosa</i> (Herrich-Schäffer, [1858])									1				1
<i>Regobarrosia flavescens</i> (Walker, 1856)										1			1
<i>Rhipha strigosa</i> (Walker, 1854)	1												1
<i>Scaptius asteroides</i> (Schaus, 1905)											1		1
<i>Symphlebia</i> sp.										1	1		2
<i>Trichromia aurantiipennis</i> (Rothschild, 1909)				1									1
<i>Trichromia declivis</i> (Schaus, 1905)		2											2
<i>Trichromia gaudialis</i> (Schaus, 1905)			2		2								4
<i>Trichromia leucoplaga</i> (Hampson, 1905)			1	4	3	1							9
<i>Trichromia onytes</i> (Cramer, [1777])		1	6	3		1							11
<i>Trichromia phaeocrota</i> (Dognin, 1911) *			1				1						2
<i>Trichromia rosacea occidentalis</i> (Rothschild, 1909)			3										3
<i>Trichromia sorex sorex</i> (Druce, 1902)										6	6		12
<i>Trichromia</i> sp. 1		3						1					4
<i>Trichromia</i> sp. 2		2	3				1						6
<i>Trichromia</i> sp. 3	1												1
<i>Viviennea moma</i> (Schaus, 1905)							1						1
Spilosomina													
<i>Paracles laboulbeni</i> (Bar, 1873)										1			1
Abundância Total (N)	25	40	50	28	31	11	9	16	32	57	101	12	412
Riqueza Total (S)	21	27	27	20	14	9	7	9	15	20	18	5	94

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação a distribuição horária verificou-se que a maioria das espécies ($S= 72$; 76,6%) ocorreram exclusivamente em um e dois horários e, 10 espécies (10,6%) foram observadas com frequência maior igual a cinco horários (Tabela 1). Duas espécies estiveram ativas de sete a oito horas no decorrer da noite.

As maiores abundâncias foram observadas no final da noite (4h) e no início do período crepuscular (5h) conforme evidencia a análise circular ($r= 0,25$; $Z= 25,673$; $p < 0,001$). Foram registrados mais indivíduos nos horários das 4h e 5h (Tabelas 1 e 2), respectivamente ($N=57$ e $N=101$) correspondendo a 38,3% dos exemplares coletados com destaque para *V. epione* ($N= 62$). A riqueza foi acentuada nas horas iniciais da noite ($r = 0,201$; $Z = 7,739$; $p < 0,001$). Os horários das 20h e 21h foram os que obtiveram os picos de atividades de voo de espécies ($S=27$), representando 57,4% das espécies amostradas (Tabelas 1 e 2).

A distribuição horária para as máximas obtidas de abundância nos horários finais (1h às 6h) e de riqueza nas horas iniciais (19h às 0h) foram opostas ao longo da coleta e diferiram em parte dos estudos realizados no Cerrado por Scherrer et al. (2013) e Moreno et al. (2021) e na Amazônia por Teston (2021a, b) que encontraram um padrão de atividade horária elevada para ambas as métricas supracitadas nos horários iniciais da noite. Porém, ressalta-se que este é o primeiro estudo que empregou a armadilha luminosa "Pensilvânia" para analisar a atividade horária, sendo que os trabalhos anteriormente citados utilizaram a armadilha tipo pano iluminado e lâmpadas mais potentes (250 W), exceto Moreno et al. (2021) que usou uma lâmpada fluorescente de potência semelhante a este estudo, porém de bulbo negro. Este estudo, também diferiu do padrão encontrado para outras famílias, como Hedylidae que apresentou as maiores abundância e riqueza entre as 19h e 21h (LOURIDO et al., 2008) e, Sphingidae que mostrou uma riqueza contínua ao longo da noite e variação nos picos de abundância registradas entre os intervalos das 19h às 21h, 0h às 2h, e das 4h às 5h (CAMARGO et al., 2016).

A atividade horária nos horários iniciais (19h às 0h) e finais (1h às 6h), foi representativa em termos de riqueza e abundância, respectivamente. Porém, notou-se comportamentos distintos para algumas espécies. *Delphyre flaviceps* (Druce, 1905), *Neonerita dorsipuncta* Hampson, 1901, *Phaeomolis polystria* (Schaus, 1905), *Trichromia leucoplaga* (Hampson, 1905) e *Trichromia onytes* (Cramer, [1777]) foram encontradas nas primeiras seis horas. Já *V.*

epione, *Virbia medarda* (Stoll, [1781]), *Virbia* sp.1 e *Melese incertus* (Walker, 1855) apresentaram atividade de voo nas últimas seis horas (Tabela 1). *V. subapicalis* e *Lophocampa citrina* (Sepp, [1852]) foram registradas em quase todos os horários (Tabela 1). A composição de espécies sofreu variação do início ao fim da coleta, esta flutuação também foi observada por Scherrer et al. (2013), Moreno et al. (2021) e Teston (2021 a, b), constatando a importância de manter regularmente a coleta até o final do período para alcançar uma maior quantidade e ampla variedade de espécies. Ao invés de considerar apenas um período de coleta, já que no presente estudo relativamente mais da metade das espécies foram coletadas seja nas horas iniciais ou finais.

Tabela 2. Temperatura média horária em °C (T), Abundância (N) e Riqueza (S) de Arctiini coletados à noite, das 19h às 6h, com armadilhas luminosas, na Floresta Nacional do Tapajós, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020.

Parâmetros	Horário											
	19	20	21	22	23	12	1	2	3	4	5	6
T	27.1	26.7	26.1	25.4	25.0	24.7	24.4	24.2	24.0	23.8	23.7	23.5
N	25	40	50	28	31	11	9	16	32	57	101	12
S	21	27	27	20	14	9	7	9	15	20	18	5

Fonte: Elaborado pelos autores.

A temperatura (T) média por hora oscilou entre 23,5 a 27,1 °C no decorrer das 30 noites de amostragens, com média de 24,9 °C e declínio de 3,6 °C até o alvorecer (Tabela 2). Desta forma, a correlação entre abundância e temperatura foi negativa e fraca (-0,105) e, a riqueza e temperatura foi positiva e moderada (0,670).

Assim, os dados apontam que a elevação da temperatura aumenta a ocorrência de Arctiini, isto é, a temperatura exerce influência na riqueza. Tal fato, tem se confirmado nos estudos de atividade de voo noturno de Arctiini realizado no Parque Nacional Serra do Pardo (TESTON, 2021a), no Parque Nacional da Amazônia (TESTON, 2021b) e no Cerrado (MORENO et al., 2021). Segundo Costa et al. (2011) os insetos estão amplamente distribuídos nas mais variadas condições de temperatura e apresentam faixas características de temperatura adequadas para a atividade deles. Oliveira (2005) relata em seu trabalho que o comportamento de mariposas difere em relação a temperatura, quando perturbadas a 25°C, mariposas menores tenderam a voar e as maiores correram; a 20°C, quase todos os animais correram, incluindo os menores, evidenciando possível limitação térmica ao voo.

Logo, a construção de uma base de conhecimento voltado para os efeitos das condições climáticas na composição e incidência de espécies, visam contribuir para a conservação da biodiversidade de mariposas (MONTERO-MUNHOZ et al., 2013; MOLINA; DI MARE, 2018).

CONCLUSÃO

Portanto, este estudo vem incrementar, juntamente com os demais trabalhos desta natureza um padrão de distribuição horária de voo noturno de *Arctiini*, permitindo assim prover de informações mais consistentes a respeito do comportamento deste táxon sob influência de variáveis meteorológicas na região Neotropical.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela bolsa concedida (edital 09/2019), a UFOPA pelo Programa de Fomento à Elaboração de Teses (PROTESE – edital 01/2020) pelo apoio financeiro as atividades de pesquisa, ao Programa de Apoio a Pós - Graduação (PROAP - 0889/2018), ao Núcleo de Apoio à Pesquisa no Pará (NAPPA – Núcleo Regional de Santarém) e o Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) pelo apoio e permissão para realização da pesquisa na torre de plataforma, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio – nº 67377) pela autorização para atividades de pesquisa, a Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros (RedeLep) pelo apoio logístico e o Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte.

REFERÊNCIAS

BARRETO, M. R.; PEZZINI, L.A. Diversidade de insetos capturados com armadilha luminosa. In: RODRIGUES, D.J.; NORONHA, J.C.; VINDICA, V.F.; BARBOSA, F.R. **Biodiversidade do Parque Estadual Cristalino**. Sinop: Attema Editorial, 2015. p. 110-123.

BEZERRA, T. G.; DE SOUSA LIMA, A. O.; DE ARAÚJO, J. T. R.; DOS SANTOS, M. G. S.; NEVES, R. L. P.; MORAES, G. C.; DE OLIVEIRA MELO, L. Estrutura e dinâmica de uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 94-112, 2018.

BREHM, G. Contrasting patterns of vertical stratification in two moth families in a Costa Rican lowland rain forest. **Basic and Applied Ecology**, v. 8, p. 44-54, 2006.

BREHM, G.; ZEUSS, D.; COLWELL, R.K. Moth body size increases with elevation along a complete tropical elevational gradient for two hyperdiverse clades. *Ecography*, v. 42, p. 632-642, 2019.

CAMARGO, J.A.; CAMARGO, N.F.; CORRÊA, D.C.V.; CAMARGO, W.R.F.; VIEIRA, E.K.M.; MARINI-FILHO, O.; AMORIM, F.W. Diversity patterns and chronobiology of hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) in the Brazilian Amazon rainforest. *Journal of Insect Conservation*, v. 20, p. 629–641, 2016.

COELHO, M.S.; Rodrigues, V.S.; Barboza, J.B.; Xavier, L.M.S.; Araújo, J.R.E.S.; Cartaxo, P.H.A.; Silva, J.H.B.; Bulhões, L.E.L.; Santos, J.P.O. Ecologia, monitoramento populacional e análise faunística de insetos: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, p. 82-88, 2021.

CORDEIRO, A. (Coord). **Plano de Manejo Floresta Nacional do Tapajós: A transformação para conservar está em nossas mãos**. Rio de Janeiro: MMA, 2005. 580 p.

COSTA, E.C.; D'ÁVILA, M.; CANTARELLI, E.B.; MURARI, A.B. *Entomologia Florestal*. 2 ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 244 p.

DUARTE, M.; MARCONATO, G.; SPECHT, A.; CASAGRANDE, M.M. Lepidoptera. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G.A.R.; CARVALHO, C.J.B.; CASARI, S.A.; CONSTATINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 625-682.

FERRO, V.G.; DINIZ, I.R. Riqueza e composição das mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado. In: DINIZ, I.R.; MARINHO-FILHO, J.; MACHADO, R.B.; CAVALCANTI, R. (Ed.) **Cerrado: conhecimento quantitativo como subsídio para as ações de conservação**. Brasília: Thesaurus, 2010. p. 255-313.

FREITAS, M.P. **Estratificação vertical de Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) na Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Oriental, Pará, Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, 2014.

FROST, S.W. The Pennsylvania insect light trap. *Journal of Economic Entomology*, v. 50, p. 287-292, 1957.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.; BERTI FILHO, E.; VENDRAMIM, J. *Entomologia Agrícola*. São Paulo: Ceres, 2002. 920 p.

GOMES, G.; DESUÓ, I.C.; MORLIN JR, J.J.; MURAKAMI, A.S.N.; GOMES, L. Insetos, entomologia e ciência forense. In: GOMES, L. **Entomologia forense: novas tendências e tecnologias criminais**.1 ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. p. 17-86.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. **Evolution of the Insects**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 755 p.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Insetos - Fundamentos da Entomologia**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. 400 p.

- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, p. 1-9, 2001.
- HEPPNER, J.B. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. **Tropical Lepidoptera**, v. 2, p. 1-85, 1991.
- HILTY, J.; MERENLENDER, A. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biological Conservation**, v. 92, p. 85-197, 2000.
- ICMbio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Plano de Manejo Floresta Nacional do Tapajós**. Volume I - Diagnóstico. MMA, 2019. 316 p.
- JACOBSON, N.L.; WELLER, S.J. Cladistic study of the Arctiidae (Lepidoptera) using characters of immatures and adults. **Entomological Society of America**, 2002.
- KOVACH, W.L. **Oriana for windows, version 4.02**. Pentraeth: Kovach Computing Services, 2013. 175 p.
- LOURIDO, G.M.; MOTTA, C.D.S.; RAFAEL, J.A.; MORAIS, J.W.D.; XAVIER FILHO, F.F. Hedyliidae (Lepidoptera: Hedyloidea) coletados à luz a 40 metros de altura no dossel da floresta da Estação Experimental de Silvicultura Tropical em Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 329-332, 2008.
- MARINONI, R.C.; DUTRA, R.R.C.; CASAGRANDE, M.M. Levantamento da fauna entomológica no estado do Paraná III: Saturniidae (Lepidoptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 473-495, 1997.
- MARINONI, R.C.; DUTRA, R.R.C.; MIELKE, O.H.H. Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. IV. Sphingidae (Lepidoptera): diversidade alfa e estrutura de comunidade. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 223-240, 1999.
- MOLINA, T.F.; DI MARE, R.A. Variabilidade espaço-temporal de Lepidoptera em duas localidades da região central do Rio Grande do Sul, Brasil (Insecta: Lepidoptera). **SHILAP Revista de Lepidopterología**, v. 46, p. 181-198, 2018.
- MONTERO-MUÑOZ, J.L.; POZO, C.; CEPEDA-GONZÁLEZ, M.F. Recambio temporal de especies de lepidópteros nocturnos en función de la temperatura y la humedad en una zona de selva caducifolia en Yucatán, México. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 29, p. 614-628, 2013.
- MORENO, C.; BARBOSA, A.S.; FERRO, V.G. Abundance and richness of Arctiinae moths throughout the night in a Cerrado area. **Biota Neotropica**, v. 21, e2020104, 2021.
- OLIVEIRA, F.B. Body-size influence on defensive behavior of Amazonian moths: an ecophysiological approach. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, p. 101-106, 2005.

RABL, D.; GOTTSBERGER, B.; BREHM, G.; HOFHANSL, F.; FIEDLER, K. Moth assemblages in Costa Rica rain forest mirror small-scale topographic heterogeneity. **Biotropica**, v. 52, p. 288-301, 2020.

SCHERRER, S.; FERRO, V.G.; RAMOS, M.N.; DINIZ, I.R. Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two Cerrado vegetation types. **Zoologia**, v. 30, p. 200-210, 2013.

SILVEIRA NETO, S.O., LARA, F.M.; IGUE, T.; CARRÃO, C.A.B. Periodicidade de vôo de alguns noctuídeos praga determinada com armadilha luminosa automática. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 4, p. 3-11, 1975.

TESTON, J.A. Padrão de atividade de voo noturno de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Noctuoidea, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Serra do Pardo. **Biodiversidade**, v. 20, p. 31-41, 2021a.

TESTON, J.A. Atividade de voo de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Amazônia. **Biodiversidade**, v. 20, p. 149-167, 2021b.

TESTON, J.A.; CORREA, D.C.V. The Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) fauna of the Serra do Pardo National Park, Pará, Brazil. **Check List**, v. 11, p. 1-9, 2015.

TESTON, J.A.; FREITAS, M.P.; CONCEIÇÃO, A.C.W.; VALENTE, D.M.P. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) do Parque Nacional da Amazônia, Pará, Brasil. **Biotemas**, v. 33, p. 1-14, 2020.

TESTON, J.A.; NOVAES, J.B.; ALMEIDA JÚNIOR, J.O.B. Abundância, composição e diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) em um fragmento de floresta na Amazônia Oriental em Altamira, PA, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 105-114, 2012.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learn, 2011. 816 p.

VALENTE, D.M.P.; ZENKER, M.M.; TESTON, J.A. Tiger-moths in savannas in Eastern Amazon: first assessment of diversity and seasonal aspects. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 842-851, 2018.

VALENTE, D.M.P.; TESTON, J.A. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) in a savanna areas of the Environmental Protection Area Alter do Chão, Santarém, Pará, Brazil. **Ciência e Natura**, v. 44, e54, 2022.

ZAHIRI, R.; HOLLOWAY, J.D.; KITCHING, I.J.; LAFONTAINE, J.D.; MUTANEN, M.; WAHLBERG, N. Molecular phylogenetics of Erebidae (Lepidoptera, Noctuoidea). **Systematic Entomology**, v. 37, p. 102-124, 2012.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 944 p.

ZENKER, M.M.; SPECHT, A.; FONSECA, V.G. Assessing insect biodiversity with automatic light traps in Brazil: Pearls and pitfalls of metabarcoding samples in preservative ethanol. **Ecology and Evolution**, v. 10, p. 2352-2366, 2020.

ZENKER, M.M.; WAHLBERG, N.; BREHM, G.; TESTON, J.A.; PRZYBYLOWICZ, L.; PIE, M.R. FREITAS, A.V.L. Systematics and origin of moths in the subfamily Arctiinae (Lepidoptera, Erebidae) in the Neotropical region. **Zoologica Scripta**, v. 46, p. 348-362, 2017.

3.4 CAPÍTULO 04 - ATIVIDADE HORÁRIA DE VOO DE MARIPOSAS SPHINGIDAE (LEPIDOPTERA, BOMBYCOIDEA) NO DOSSEL DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ, BRASIL

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. 2023

Manuscrito preparado para submissão na Revista Acta Amazonica (<https://acta.inpa.gov.br/>). O capítulo produzido seguiu as normas da revista supracitada, porém para facilitar a leitura e compreensão dos avaliadores foram inseridas na parte textual figuras e tabelas.

Atividade horária de voo de mariposas Sphingidae (Lepidoptera, Bombycoidea) no dossel da Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil

Danúbia Marcela Pereira VALENTE ^{1*}, José Augusto TESTON ²

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia Rede Bionorte (PPGBionorte), Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais (LELN). Rua Vera Paz, s/n, Bairro Salé, CEP 68.040-255, Santarém, PA, Brasil.

² Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Instituto de Ciências da Educação (ICED), Programa de Ciências Naturais (PCNAT), Museu de Zoologia (MZSTM), Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais (LELN). Rua Vera Paz, s/n, Bairro Salé, CEP 68.040-255, Santarém, PA, Brasil.

* Corresponding author: danubiavalente@ymail.com

Atividade horária de voo de mariposas Sphingidae (Lepidoptera, Bombycoidea) no dossel da Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil

Resumo

As amostragens de Sphingidae foram realizadas com armadilha luminosa no dossel de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Oriental. As amostras foram coletadas na Floresta Nacional do Tapajós, a 45 m de altura na torre de plataforma do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), Base Terra Rica, Belterra, Pará, Brasil. As mariposas foram coletadas de hora em hora, das 18:00 às 06:00h, em três noites consecutivas de lua minguante/nova, mensalmente entre maio de 2019 a fevereiro de 2020, utilizando armadilha luminosa tipo “Pensilvânia”. A composição, abundância (N) e riqueza (S) de espécies foram verificadas por horário de captura utilizando as análises circular (teste de Rayleigh) e regressão linear com as variáveis meteorológicas temperatura, umidade relativa e velocidade do vento. Foram registrados 687 espécimes (N) pertencentes a 28 espécies (S) e 15 gêneros. *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) foi a espécie mais abundante e presente em todos os horários. Nove espécies (32%) foram registradas apenas em um horário. A atividade de voo teve maior riqueza no horário noturno das 3h (S= 14) e abundância no crepuscular matutino das 5h (N= 119), ambos nos horários finais. As variáveis meteorológicas analisadas (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) foram relacionadas significativamente com a abundância de esfingídeos, mas não com a riqueza.

Palavras-chave: Esfingídeos, Flona Tapajós, Amazônia Oriental, *Erinnyis ello*, vento.

Introdução

O sucesso de um organismo dentro de uma comunidade depende do seu desempenho em realizar os processos vitais (Costa et al. 2011). Neste sentido, a atividade de voo compreende

uma das principais características de sucesso biológico dos insetos, sendo de fundamental importância para sua dispersão, fuga de inimigos naturais, busca por alimento, entre outras (Costa et al. 2011).

De acordo com Silveira Neto et al. (1976) o horário de voo dos insetos classifica-se em: noturnos (voo das 19 às 5h) e crepusculares matutinos (voo 5 às 7h) e vespertinos (voo das 17 às 19h). No entanto, os padrões de comportamentos dos insetos podem ser impactados por fatores ambientais ou ecológicos (Costa et al. 2011), tais como temperatura, umidade relativa, luminosidade, vento, tempo, radiação, alimento e relações ecológicas (Gallo et al. 2002).

O dossel de uma floresta constitui por sua natureza características microclimáticas (luz, vento, temperatura e variação da umidade relativa), estrutura e dinâmica inerentes que condiciona a presença de muitos animais em virtude de habitats numerosos e variados (folhagem, epífitas, cipós, cavidades dos galhos, troncos e galhos ocos) e recursos alimentares diversificados e abundantes (folhas, flores e frutos) (Puig 2008).

Os lepidópteros (borboletas e mariposas) são encontrados em diversos sistemas que vão desde o florestal ao agrícola, nos quais desempenham funções em processos ecológicos e constituem de importantes indicadores biológicos utilizados para pesquisas de monitoramento ambiental (Duarte et al. 2012). A maioria dos estudos envolvendo lepidópteros focam em inventários, análises faunísticas, aspectos sazonais e climáticos (Duarte et al. 2008; Specht et al. 2008; Câmara et al., 2018; Ferro et al. 2014; Zenker et al. 2015; Valente et al. 2018; Campelo e Teston 2021). Neste último caso, os fatores físicos da atmosfera são geralmente relacionados com abundância, riqueza e composição de espécies (Montero-Munhoz et al. 2013).

Outras abordagens como atividade de voo ainda são timidamente exploradas (Silveira Neto et al. 1975; Lourido et al. 2008; Scherrer et al. 2013; Lamarre et al. 2015; Camargo et al. 2016a; Moreno et al. 2021; Teston 2021a,b), porém este padrão comportamental é considerado primordial para que um determinado organismo possa ditar a sua distribuição na comunidade e a interação com os demais organismos (Costa et al. 2011).

As mariposas da família Sphingidae evolutivamente apresentam relações ecológicas e adaptações morfológicas fundamentais na alimentação através da nectarivoria dos adultos com as flores de diversas espécies de plantas esfingófilas, e na fase larval exercem a fitofagia com suas plantas hospedeiras (Oliveira et al. 2014). Os esfingídeos são predominantemente noturnos e considerados importantes polinizadores de plantas com antese noturna em florestas tropicais (Avila Jr et al. 2011).

Os esfingídeos distribuem-se em todo o mundo (exceto Antártida) com aproximadamente 1.700 espécies (Kitching 2023), porém nos trópicos da América, África e Ásia concentram a maior biodiversidade (Powell 2009; Duarte et al. 2012). Na região Neotropical as estimativas apontam a ocorrência de 400 espécies (Duarte et al. 2012), das quais 196 ocorrem no Brasil (Haxaire e Mielke 2019) e 128 são atualmente registradas para a Amazônia Brasileira (Camargo et al. 2016a).

Embora os esfingídeos sejam bem estudados e inventariados em comparação aos outros lepidópteros (Kitching e Cadiou 2000), quando se trata de atividade horária as raras informações disponíveis tem contribuído para a construção do estado do conhecimento dos aspectos biológicos da esfingofauna (Motta et al. 1998; Camargo et al. 2016 a,b; Lourido et al. 2018), porém ainda necessitam de mais trabalhos desta natureza para gerar dados consistentes e padronizados para a Amazônia.

O presente estudo tem por objetivo: i) analisar a composição, abundância, riqueza e o padrão de atividade horária de voo noturno de Sphingidae na Floresta Nacional do Tapajós, Pará; ii) relacionar a abundância e riqueza com a temperatura, umidade relativa e velocidade do vento ao longo da noite.

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado na torre de plataforma (02°51'23,3"S e 54°57'31,0"O) do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). A torre de plataforma

de 45m de altura foi utilizada como unidade amostral (UA), localizada a uma distância de 6 km em linha reta do interior da FLONA do Tapajós até a rodovia federal BR–163 do quilômetro 67 (sentido Santarém-Cuiabá), Base Terra Rica, na região Oeste do Pará (Figura 1).

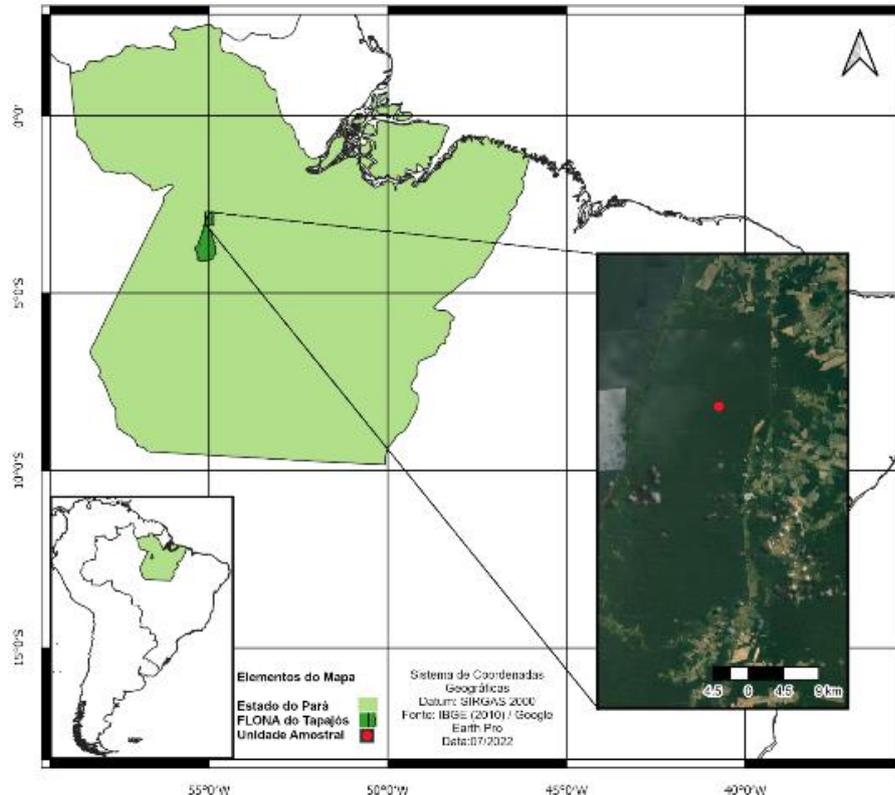


Figura 1. Localização da unidade amostral (círculo vermelho) na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia Oriental. Fonte: Valente e Teston (2023)

A FLONA do Tapajós apresenta cobertura vegetal predominante de Floresta Ombrófila Densa, composta por árvores de grande porte, lianas lenhosas, palmeiras e epífitas (Cordeiro 2005). De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo Ami (quente e úmido), com temperatura média anual de 25,5°C e precipitação média anual de 1.892 mm conforme dados obtidos entre 1971 a 2016 da estação climatológica de Belterra (ICMBio 2019).

As amostras foram coletadas no dossel (45 m de altura), utilizando armadilha luminosa “Pensilvânia”, em escala de hora em hora, em três noites seguidas, mensalmente nas fases de lua minguante e/ou nova, entre maio de 2019 a fevereiro de 2020, totalizando 30 amostragens. A metodologia de coleta e procedimentos de laboratório segue Valente e Teston (2023). A

identificação das espécies foi realizada com consulta a literatura especializada e a confirmação por um especialista.

Para avaliar a atividade de voo de esfingídeos foi utilizada a composição, abundância (N) e riqueza (S) de espécies por horário de captura. A análise cicular (teste de Rayleigh) foi realizada para testar a existência de um padrão de concentração nos picos de abundância e riqueza de esfingídeos no decorrer da noite (Zar 1996) com o auxílio do programa ORIANA 4.20 (Kovach Computing Services 2013). Os horários de captura (total de 12 horários) foram convertidos em ângulos, sendo que o período das 19:00 às 20:00 equivale ao ângulo de 0°, e assim sucessivamente.

A regressão linear (com níveis de significância de 1% e 5%) foi aplicada para verificar a relação entre a abundância e riqueza de espécies com as variáveis meteorológicas temperatura (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m/s) usando o programa BioEstat versão 5.3 (Ayres 2007). Os dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento com base nas 30 noites de amostragens foram extraídos do banco de dados “NASA Power” (<https://power.larc.nasa.gov/>), que fornece os registros climáticos globais. As medidas de temperatura e umidade relativa foram filtradas da altura de 2 m e a velocidade do vento de 50 m a cada uma hora, e posteriormente calculadas os valores das médias horárias referentes as 30 noites.

Resultados

Foram coletados no dossel 687 espécimes (N) distribuídos em 28 espécies (S), 15 gêneros e três subfamílias (Tabela 1). A atividade de voo dos esfingídeos foi contínua ao longo da noite, assim como foi observada para subfamília de maior destaque *Macroglossinae*, que esteve presente em todos os horários com máxima riqueza observada no horário das 2h (S= 9) e abundância as 5h (N= 117), sendo a maioria representada pela espécie *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (N= 113) (Tabela 1). Os gêneros *Manduca* Hübner (S= 5), *Erinnyis* Hübner (S= 4) e

Eumorpha Hübner (S= 3) foram mais numerosos em espécies e *Erinnyis* (N= 576) em espécimes. As espécies do gênero *Erinnyis* teve a distribuição de voo em pelo menos três ou mais horários.

As espécies mais abundantes foram *Agrius cingulata* (Fabricius, 1775) (N= 20), *Cocytius duponchel* (Poey, 1832) (N= 35), *Erinnyis alope* (Drury, 1770) (N= 26), *E. ello* (N= 492) e *Pseudophinx tetrio* (Linnaeus, 1771) (N= 24) (Tabela 1). A peridiocidade de voo de *E. ello* foi constante e presente entre os intervalos de hora em hora, com maior atividade de voo entre 0 h e 5 h e pico às 5 h (N = 113) (Tabela 1). Na sequência *A. cingulata* (N= 4, 22h), *C. duponchel* (N = 6, 2h), *E. alope* (N = 6, 3h) e *P. tetrio* (N = 6, 23h) foram as que tiveram atividade de voo na maioria dos horários (exceto três horários não estiveram presentes), porém em horários de picos diferentes (Tabela 1). A composição de espécies teve variação em intervalos curtos de uma hora, dentre elas oito espécies singletons e uma espécie doubletons tiveram registro de atividade de voo em apenas um horário (Tabela 1).

A análise circular constatou que a riqueza de espécies foi agregada ao longo da noite ($r= 0,24$, $Z= 6,76$, $p< 0,001$) com uma maior tendência de espécies entre 0h e 1h (Figura 2 A). No horário das 0 h (S= 13) e 3 h (S= 14) foram os períodos de maiores atividades de espécies (Tabela 2). Já a abundância foi crescente no final da noite e a distribuição agregada, conforme comprova a análise circular ($r= 0,20$, $Z= 28,67$, $p< 0,001$) (Figura 2 B). A abundância se concentrou às 2 h (N= 53) seguida com maior atividade de voo às 5h (N= 119) (Tabela 2).

A temperatura (T) variou de 24,6 a 27,8°C em 30 noites de amostragem, com média horária de 25,9°C, apresentando diminuição da temperatura no decorrer da noite (Tabela 2). Quanto a umidade relativa do ar (UR) variou de 80 a 94%, com média horária de 89,1% e aumentou conforme a noite avançou (Tabela 2). Já, a velocidade do vento oscilou de 2,07 a 3,00 m/s, com média horária de 2,56 m/s, e incrementou gradualmente ao longo da noite (Tabela 2).

Tabela 1. Número de indivíduos de Sphingidae coletados no dossel, das 19h às 6h, com armadilha luminosa na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA, Brasil.

Subfamília/Espécies	Horários												Total
	19h	20h	21h	22h	23h	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	
Macroglossinae	9	38	30	32	40	54	55	45	62	79	117	23	584
<i>Callionima parce</i> (Fabricius, 1775)	1												1
<i>Enyo lugubris</i> (Linnaeus, 1771)		1	1					1	2	1			6
<i>Enyo ocypte</i> (Linnaeus, 1758)									1				1
<i>Erinnyis alope</i> (Drury, 1770)	3	3		2	2	3		3	6	2	2		26
<i>Erinnyis crameri</i> (Schaus, 1898)				1	1	1							3
<i>Erinnyis ello</i> (Linnaeus, 1758)	4	32	26	25	30	41	50	31	48	69	113	23	492
<i>Erinnyis oenotrus</i> (Cramer, 1782)						2			1	1			4
<i>Eumorpha anchemolus</i> (Cramer, 1780)			2	2		1	2	4	1	1	1		14
<i>Eumorpha fasciatus</i> (Sulzer, 1776)	1												1
<i>Eumorpha satellitia</i> (Linnaeus, 1771)								1					1
<i>Madoryx plutonius</i> (Hübner, [1819])						1				1			2
<i>Oryba achemenides</i> (Cramer, 1779)		1											1
<i>Pachylia darceta</i> Druce 1881								1					1
<i>Pachylia ficus</i> (Linnaeus, 1758)						1							1
<i>Pseudophinx tetrio</i> (Linnaeus, 1771)			1	1	6	4	3	2	3	3	1		24
<i>Xylophanes chiron</i> (Cramer, 1777)		1		1				1		1			4
<i>Xylophanes tersa</i> (Linnaeus, 1771)					1			1					2
Smerinthinae		1	1		5	4	4	1	3				19
<i>Adhemarius palmeri</i> (Boisduval, [1875])					4	2	1	1	1				9
<i>Protambulyx eurycles</i> (Herrich-Schäffer, [1854])		1	1				1						3
<i>Protambulyx strigilis</i> (Linnaeus, 1771)					1	2	2		2				7

Continua

Continuação

Subfamília/Espécies	Horários												Total
	19h	20h	21h	22h	23h	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	
Sphinginae	3	7	9	10	9	12	11	7	11	3	2		84
<i>Agrius cingulata</i> (Fabrcius, 1775)	3	2	3	4	1	2			2	1	2		20
<i>Cocytius duponchel</i> (Poey, 1832)		5	4	5	3	4	3	6	3	2			35
<i>Manduca florestan</i> (Cramer, 1782)			1										1
<i>Manduca hannibal</i> (Cramer, 1779)							1	1					2
<i>Manduca lucetius</i> (Cramer, 1780)					3	6	3		4				16
<i>Manduca prestoni</i> (Gehlen, 1926)					1		1		1				3
<i>Manduca sexta</i> (Linnaeus, 1763)							2						2
<i>Neococytius cluentius</i> (Cramer, 1775)			1	1	1		1		1				5
Abundância	12	46	40	42	54	70	70	53	76	82	119	23	687
Riqueza	5	8	9	9	12	13	12	12	14	10	5	1	28

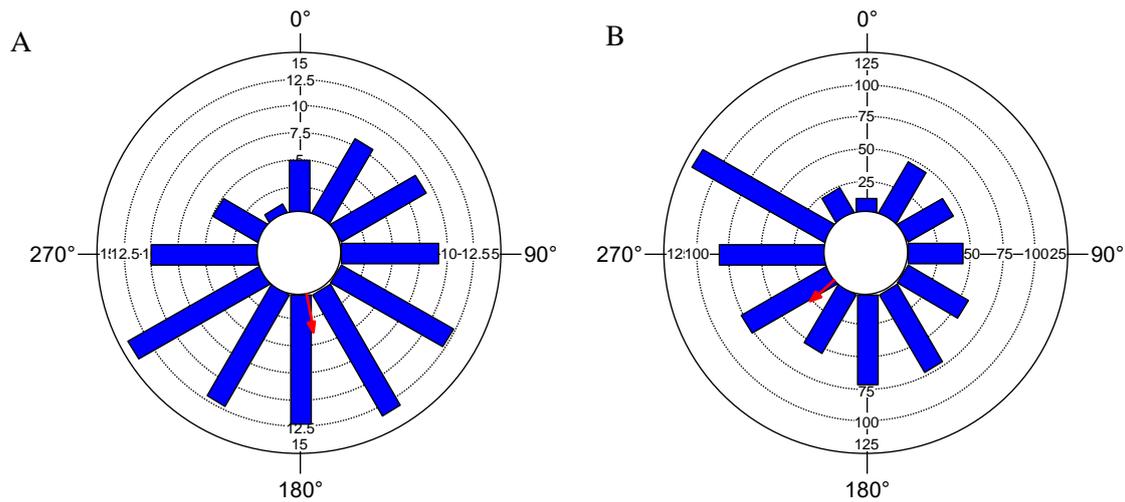


Figura 2. Histograma de riqueza (A) e abundância (B) horária de Sphingidae coletados no dossel, das 18h às 6h, com armadilha luminosa na FLONA do Tapajós, Pará, Brasil, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020. As setas representam o vetor médio (r).

Tabela 2. Horário de captura (H), Ângulo ($^{\circ}$), Riqueza (S), Abundância (N), Temperatura ($^{\circ}$ C), Umidade Relativa (%) e Velocidade do Vento (V, m/s) de Sphingidae coletados à noite, das 18h às 6h, com armadilha luminosa na FLONA do Tapajós, Pará, Brasil, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020.

H	Ângulo	S	N	T	UR	V
19	0	5	12	27,8	80,0	2,07
20	30	8	46	27,3	82,0	2,20
21	60	9	40	26,9	84,2	2,34
22	90	9	42	26,5	86,3	2,45
23	120	12	54	26,1	88,1	2,50
0	150	13	70	25,8	89,7	2,50
1	180	12	70	25,5	91,1	2,56
2	210	12	53	25,2	92,4	2,70
3	240	14	76	24,9	93,4	2,86
4	270	10	82	24,7	94,2	2,97
5	300	5	119	24,6	94,9	3,00
6	330	1	23	25,1	93,2	2,58

Na análise de regressão linear a relação da riqueza de espécies de esfingídeos não foi significativa para a temperatura ($R^2= 0,02$, $F= 0,17$, $p= 0,6868$), umidade relativa ($R^2= 0,02$, $F= 0,19$, $p= 0,6689$) e velocidade do vento ($R^2= 0,03$, $F= 0,36$, $p= 0,5638$). Ao contrário, da abundância de esfingídeos cuja relação foi positiva e significativa com a temperatura ($R^2= 0,48$,

F= 9,39, p= 0,0116), umidade relativa ($R^2= 0,45$, F= 8,42, p= 0,0152) e velocidade do vento ($R^2= 0,64$, F= 18,32, p= 0,001).

Discussão

Os esfingídeos encontrados no dossel da FLONA do Tapajós representam 21% das espécies inventariadas para a Amazônia e 14% em relação a fauna brasileira de Sphingidae (Camargo et al. 2016a). Estas mariposas naturalmente apresentam alta mobilidade com grande capacidade de migrar entre habitats e biomas adjacentes conforme observado no Cerrado (Amorim et al. 2009), sendo esta característica uma possível explicação para considerável ocorrência no dossel de florestas tropicais (Lourido et al. 2018). Além disso, os esfingídeos são voadores ativos em busca de acasalamento, oviposição, forrageamento e fuga de predadores (Janzen 1984; Kitching e Cadiou 2000; Beck e Linsenmair 2006; Lourido et al. 2018). O fato da maioria das espécies pertencer a subfamília mais diversa Macroglossinae, supostamente poderia ser um indício para uma tendência mais ampla de atividade de voo do início ao fim do período de coleta. Já a atividade de voo registrada nos horários finais neste estudo corroboram com Camargo et al. (2016a) que mostraram resultados de maior ocorrência no período das 21h às 5h para abundância e riqueza de espécies. Em vista disso, os gêneros *Manduca* e *Erinnyis* configuram-se entre os mais comuns na Amazônia, corroborando com os dados apresentados por Motta e Xavier-Filho (2005), Lourido et al. (2018), Conceição e Teston (2020). A espécie *E. ello* foi frequentemente ativa no dossel e bastante adaptada as condições ambientais na Flona Tapajós, já que anteriormente nesta unidade conservação Valente e Teston (no prelo) verificaram o predomínio desta espécie em outros estratos verticais.

De modo geral, os dados obtidos neste estudo seguem um padrão já observado por Janzen (1984) de que alguns esfingídeos são atraídos por um longo período de tempo, enquanto outros ficam ativos por apenas algumas horas. Lourido et al. (2018) verificaram em uma floresta ombrófila na Amazônia Central a ocorrência de esfingídeos com mudanças na composição de

espécies em quatro períodos: ao anoitecer (18h -19h), antes da meia-noite (19h - 0h), após a meia-noite (0h - 4h) e de madrugada (4h - 6h). Neste trabalho, as espécies mais abundantes e frequentes ao longo da noite exibiram picos de atividade de voo distintos, não coincidindo entre elas um horário preferencial, tais diferenças podem estar associadas à competição por recursos alimentar devido a eventos fenológicos específicos de floração noturna (Lamarre et al. 2015) ou estratégia defensiva contra predadores (Camargo et al. 2016a; Camargo et al. 2016b). Além disso, reforçamos a importância de amostragens com maior amplitude de horários para fornecer informações representativas da riqueza e abundância de mariposas (Moreno et al. 2021; Teston 2021 a,b), principalmente de espécies registradas somente em um determinado horário e do qual constatamos no presente estudo.

A distribuição temporal da abundância e a riqueza de espécies de esfingídeos não foi uniforme, com agrupamento a partir das 23 h até os horários finais. Esses resultados estão próximos dos intervalos que foram observados por Camargo et al. (2016a) que registrou os picos de riqueza e abundância de esfingídeos no intervalo entre 21h às 5h no Parque Nacional Serra do Pardo, e de Lourido et al. (2018) que verificaram o pico de abundância de esfingídeos entre 0h e 2h, e a riqueza de espécies não variou consideravelmente entre os intervalos de hora em hora. Ao contrário do que foi verificado por Lamarre et al. (2015) em que a abundância e riqueza foram das 19h às 20h com maior densidade de esfingídeos entre 21h às 0h ocorrentes em uma área com vários tipos de vegetação na Guiana Francesa, e Beck e Linsenmair (2006) observaram abundância elevada por volta da meia noite na Ásia. Assim, estes estudos têm indicado que o padrão de atividade de voo de esfingídeos parece ser mais complexo e heterogêneo.

No que se refere a temperatura e umidade relativa, ambas não tiveram relação com riqueza, mas apresentaram com a abundância de espécies, isto possivelmente se deve as mínimas variações das variáveis microclimáticas que ocorreram ao longo da noite. Este padrão foi parcialmente observado nos esfingídeos da savana amazônica que apresentou relação

significativa entre a abundância e umidade relativa ao longo de um ano (Conceição e Teston 2020). Em linhas gerais, os estudos têm registrados um padrão em que a riqueza e abundância tem sido estreitamente positivamente relacionada principalmente com o aumento da temperatura (Laroka e Mielke 1975; Ferreira et al., 1986; Varela-Freire 2004). Vale ressaltar, que a temperatura é um importante fator para a locomoção de insetos, especialmente os que apresentam grande tamanho corporal como os esfingídeos, que precisam de mais tempo para se aquecer e com isso ficam mais expostos aos predadores, mas em compensação eles exibem uma variedade de comportamentos defensivos (Oliveira 2005). No entanto, Beck e Linsenmair (2006) destacam que os esfingídeos possuem a habilidade de aquecer as asas por meio de movimentos trêmulos da musculatura o que lhes dá a capacidade de realizar a sua atividade de voo relativamente independente da temperatura ambiente, pelo menos a noite nos trópicos sob as mudanças de temperaturas moderadas.

Já a velocidade do vento teve relação com o aumento da abundância de esfingídeos, dado que resultados semelhantes foi encontrado para os esfingídeos da Serra do Mar, no Paraná (Laroka e Mielke 1975). Desta forma, podemos supor que o vento seja uma importante variável meteorológica para a ocorrência deste táxon na Flona do Tapajós, e uma possível explicação para este desempenho de voo atribui-se a musculatura do corpo e as asas fortes e aerodinâmicas que os tornam excelentes voadores (Janzen 1984; Kawahara et al. 2009), permitindo a sua resistência a velocidade de vento mais intensa no dossel. Além disso, o vento pode até interferir no acasalamento em virtude dos feromônios sexuais serem perceptíveis em quantidade mínima e a grandes distâncias por sensilas olfativas antenais, dependendo da velocidade do vento, que deve ser de no máximo 3m/s (Gallo et al. 2002).

Os fatores microclimáticos podem influenciar na abundância e riqueza de esfingídeos, mas não somente eles. Os esfingídeos dependem das plantas como base de sua dieta alimentar para larvas e adultos, e assim a atividade de adultos também são afetadas pela atração de plantas

noturnas que oferecem como recurso alimentar flores esfingófilas (Darrault e Schlindwein 2002) e em antese noturna (Azevedo Costa et al. 2013).

Conclusão

A composição, abundância e riqueza de espécies de Sphingidae diferiram ao longo da noite, assim como as variáveis microclimáticas mostraram relação positiva com a abundância. Sugerimos que outros estudos sobre os aspectos biológicos como a interação com a fonte alimentar sejam viabilizados para complementar as informações da atividade horária de Sphingidae noturnos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela bolsa concedida (edital 09/2019), a UFOPA pelo Programa de Fomento à Elaboração de Teses (PROTESE – edital 01/2020 e 01/2021) pelo apoio financeiro as atividades de pesquisa, ao Programa de Apoio a Pós - Graduação (PROAP - 0889/2018), ao Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA), Núcleo de Apoio à Pesquisa no Pará (NAPPA – Núcleo Regional de Santarém) e Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) pelo apoio e permissão para realização da pesquisa na torre de plataforma, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio – nº 67377) pela autorização para atividades de pesquisa, a Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros (RedeLep) pelo apoio logístico e o Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte. Ao Dr. Amábilio José Aires de Camargo pela confirmação e/ou identificação das espécies. A todos os auxiliares de campo que contribuíram com as coletas.

Referências

- Amorim, F.W.; Ávila Jr, R.S. de; Camargo, A. J. A. de; Vieira, A. L.; Oliveira, P. E. 2009. A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. *Journal of Biogeography* 36: 662–674.
- Avila Jr, R.S.; Oliveira, R.; Pinto, C.E.; Amorin, F.W.; Schlindwein, C. 2012. Relações entre esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e flores no Brasil: panorama e perspectivas de uso de polinizadores. Imperatriz-Fonseca, V.L. (ed.) In: *Polinizadores e polinização no Brasil*. Edusp, São Paulo, 2012. p. 143-152
- Ayres M.; Ayres, Jr. M.; ayres, D.L.; Santos, A.A.S. 2007. *Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas*. IDSM, Belém, 2007. 364p.
- Azevedo Costa, C. C. de; Oliveira, F. L. de. 2013. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 8 (3): 1-10.
- Beck, J.; Linsenmair, K. E. 2006. Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight times and seasonality of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). *Journal of Research on the Lepidoptera* 39: 18-37.
- Câmara, J.T.; Rocha, J.R.B.; Pereira, S. 2018. Sphingidae (Lepidoptera) ocorrentes no leste do Maranhão, Brasil. *EntomoBrasilis* 11: 209-215.doi.org/10.12741/ebrasilis.v11i3.793

Camargo, J.A.; Camargo, N.F.; Corrêa, D.C.V.; Camargo, W.R.F.; Vieira, E.K.M.; Marini-Filho, O.; Amorim, F.W. 2016a. Diversity patterns and chronobiology of hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) in the Brazilian Amazon rainforest. *Journal of Insect Conservation* 20: 629–641.doi.org/10.1007/s10841-016-9894-6

Camargo, N. F. de; Camargo, W.R.F. de; Corrêa, D.C.V; Camargo, A.J.A. de; Vieira, E.M. 2016b. Adult feeding moths (Sphingidae) differ from non-adult feeding ones (Saturniidae) in activity-timing overlap and temporal niche width. *Oecologia* 180: 313-324.

Campelo, J.C.; Teston, J.A. 2021. Sazonalidade de Saturniidae (Lepidoptera, Bombycoidea) em dois estratos florestais na Floresta Nacional do Tapajós. *Biodiversidade* 20: 49-67.

Conceição, A.C.W.; Teston, J.A. 2020. Temporal variation and ecological parameters of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in savannahs in the Alter do Chão protection area, Santarém, Pará, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 42: 1-12.
doi.org/10.4025/actascibiolsci.v42i2.49064

Cordeiro, A (Coord.). 2005. *Plano de Manejo Floresta Nacional do Tapajós: A transformação para conservar está em nossas mãos*. IBAMA, Rio de Janeiro: MMA. 200p

Costa, E.C.; D'Ávila, M.; Cantarelli, E.B.; Murari, A.B. 2011. *Entomologia Florestal*. 2 ed. UFSM, Santa Maria, 2011. 244p.

Darrault, R. O.; Schlindwein, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingofilas. *Revista*

Brasileira de Zoologia 19: 429-443.

Duarte, M.; Carlin L. F.; Marconato, G. 2008. Light-attracted hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of Boracéia, municipality of Salesópolis, state of São Paulo, Brazil. *Check List* 4: 123-136.

Duarte, M.; Marconato, G.; Specht, A.; Casagrande, M.M. Lepidoptera. 2012. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B.; CasarI, S.A.; Constatino, R. *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. 1 ed. Holos Editora, Ribeirão Preto. p. 625-682.

Ferreira, P.S.F.; Martins, D.S.; Hübner, N. 1986. Levantamento, flutuação e análise entomofaunística em mata remanescente da Zona da Mata, Viçosa, Minas Gerais. I. Sphingidae: Lepidoptera. *Revista Ceres* 33: 516-527.

Ferro, V.G.; Lemes, P.; Melo, A.S.; Loyola, R. 2014. The reduced effectiveness of protected areas under climate change threatens Atlantic Forest tiger moths. *PLoS One* 9: e107792. doi.org/10.1371/journal.pone.0107792

Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Batista, G.; Berti Filho, E.; Vendramim, J. 2002. *Entomologia Agrícola*. Ceres, São Paulo. 920p.

Haxaire, J; Mielke, C.G.C. 2019. A revised and annotated checklist of the Brazilian Sphingidae with new records, taxonomical notes, and description of one new species (Lepidoptera Sphingidae). *The European Entomologist* 11: 101-188.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2019. *Plano de Manejo*

da Floresta Nacional do Tapajós. Volume II. Brasília. 144p.

Janzen, D. 1984. "Two Ways to Be a Tropical Big Moth: Santa Rosa Saturniids and Sphingids. In: Dawkins, R.; Ridley, M. (Eds.). *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*. Oxford University Press, Oxford. p. 85-140.

Kawahara, A.; Mignault, A.; Regier, J.; Kitching, I.; Mitter, C. 2009. Phylogeny and Biogeography of Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae): Evidence from Five Nuclear Genes. *PLoS One* 4: 1-11.

Kitching, I.J. 2023. *Sphingidae Taxonomic Inventory*. (<http://sphingidae.myspecies.info/>). Acesso em 11/11/2023.

Kitching, I.J.; Cadiou, J.M. 2000. *Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae)*. Cornell University Press, New York. 256p.

Kovach Computing Services. 2011. *Oriana-circular statistics for windows*. Pentraeth, Kovach Computing Services.

Lamarre, G.P.A., Mendoza, I., Rougerie, R., DecaënS, T., Hérault, B.; Beneluz, F. 2015. Stay out (almost) all night: contrasting responses in flight activity among tropical moth assemblages. *Neotropical Entomology* 44: 109-115. doi.org/10.1007/s13744-014-0264-3

Laroca, S.; Mielke, O.H.H. 1975. Ensaios sobre Ecologia de comunidades em Sphingidae da Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera). *Revista Brasileira de Biologia* 35: 1-9.

Lourido, G.M., Motta, C.D.S., Rafael, J.A., Morais, J.W.D. Xavier Filho, F. F. 2008. Hedyliidae (Lepidoptera: Hedyloidea) coletados à luz a 40 metros de altura no dossel da floresta da Estação Experimental de Silvicultura Tropical em Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 38: 329-332. doi.org/10.1590/S0044-59672008000200017

Lourido, G.M.; Motta, C.D.S.; Graca, M.B.; Rafael, J.A. 2018. Diversity patterns of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in the canopy of an ombrophilous forest in Central Amazon, Brazil. *Acta Amazonica* 48: 117-125. doi.org/10.1590/1809-4392201704721

Montero-Muñoz, J.L.; Pozo, C.; Cepeda-González, M. F. 2013. Recambio temporal de especies de lepidópteros nocturnos en función de la temperatura y la humedad en una zona de selva caducifolia en Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana* 29: 614-628.

Moreno, C.; Barbosa, A.S.; Ferro, V.G. 2021. Abundance and richness of Arctiinae moths throughout the night in a Cerrado area. *Biota Neotropica* 21: e20201041. doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1041

Motta, C. S.; Xavier Filho, F. F. 2005. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do município de Beruri, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 35: 457-462.

Motta, C.S.; Aguilera-Peralta, F.J.; Andreazze, R. 1998. Aspectos da Esfingiofauna (Lepidoptera, Sphingidae), em área de terra-firme, no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 28: 75-92./doi.org/10.1590/1809-43921998281092

Oliveira, R.; Duarte Junior, J.A.; Rech, A.R.; Avila Jr, R.S. 2014. Polinização por lepidópteros. In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E.; Machado, I.C. (Orgs.) *Biologia da Polinização*.

Projeto Cultural, Rio de Janeiro. p. 235-258

Oliveira, R.; Duarte Junior, J.A.; Rech, A.R.; Avila Jr, R.S. 2014. Polinização por lepidópteros. In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E.; Machado, I.C. (Orgs.) *Biologia da Polinização*. Projeto Cultural, Rio de Janeiro. p. 235-258

Oliveira, F.B. 2005. Body-size influence on defensive behavior of Amazonian moths: an ecophysiological approach. *Brazilian Journal of Biology* 65: 101-106.

Powell, J.A. 2009. Lepidoptera (Moths, Butterflies). In: Resh, V.H.; Cardé, R.T. *Encyclopedia of Insects*. Oxford Elsevier, California. p. 559-58.

Puig, H. 2008. *A floresta tropical úmida*. UNESP, São Paulo. 496p.

Scherrer, S.; Ferro, V.G.; Ramos, M.N.; Diniz, I.R. 2013. Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two Cerrado vegetation types. *Zoologia*, Curitiba 30: 200-210. doi.org/10.1590/S1984-46702013000200010

Silveira Neto, S.O.; Lara, F.M.; Igue, T.; Carrão, C.A.B. 1975. Periodicidade de vôo de alguns noctuídeos praga determinada com armadilha luminosa automática. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 4: 3-11.

Silveira Neto, S.O.; Nakano, O.; Barbosa, D.; Vila Nova, N.A. 1976. *Manual de ecologia dos insetos*. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo.

Specht, A.; Benedetti, A. J.; Corseuil, E. 2008. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) Registrados no Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 16: 15-18.

Teston, J.A. 2021a. Padrão de atividade de voo noturno de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Noctuoidea, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Serra do Pardo. *Biodiversidade* 20: 31-41.

Teston, J.A. 2021b. Atividade de voo de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Amazônia. *Biodiversidade* 20: 149-167.

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. no prelo. Vertical stratification of Shingidae moths (Insecta, Lepidoptera) in the Tapajós National Forest, Pará, Brazil.

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. 2023. Influência da temperatura na distribuição horária de voo noturno de Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) em uma área da Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Oriental. *Revista Agroecossistemas*. 15.

Valente, D.M.P.; Zenker, M.M.; Teston, J.A. 2018. Tiger-Moths in Savannas in Eastern Amazon: First Assessment of Diversity and Seasonal Aspects. *Neotropical Entomology* 47: 842-851. doi.org/10.1007/s13744-017-0579-y

Varela-Freire, A.A. 2004. *Atividade de vôo de esfingídeos (Lepidoptera: Bombycoidea, Sphingidae) em área protegida de caatinga, Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte/RN*. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Brasil, 93p. (<https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/12419>)

Zar, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5^a ed. Pearson, New Jersey.

Zenker, M.M.; DeVries, P.J.; Penz, C.M.; Teston, J.A.; Freitas, A.V.L.; Pie, M.R. 2015. Diversity and composition of Arctiinae moth assemblages along elevational and spatial dimensions in Brazilian Atlantic Forest. *Journal Insect Conservation* 19 (129-140).

3.5 CAPÍTULO 05 - ATIVIDADE HORÁRIA DE VOO DE MARIPOSAS SATURNIIDAE (LEPIDOPTERA, BOMBYCOIDEA) COLETADOS NO ESTRATO INTERMEDIÁRIO NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ, BRASIL

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. 2023

Manuscrito preparado para submissão na Revista Acta Amazonica (<https://acta.inpa.gov.br/>). O capítulo produzido seguiu as normas da revista supracitada, porém para facilitar a leitura e compreensão dos avaliadores foram inseridas na parte textual figuras e tabelas.

Atividade horária de voo de mariposas Saturniidae (Lepidoptera, Bombycoidea) coletados no estrato intermediário na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil

Danúbia Marcela Pereira VALENTE ^{1*}, José Augusto TESTON ²

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia Rede Bionorte (PPGBionorte), Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais (LELN). Rua Vera Paz, s/n, Bairro Salé, CEP 68.040-255, Santarém, PA, Brasil.

² Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Instituto de Ciências da Educação (ICED), Programa de Ciências Naturais (PCNAT), Museu de Zoologia (MZSTM), Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais (LELN). Rua Vera Paz, s/n, Bairro Salé, CEP 68.040-255, Santarém, PA, Brasil.

* Corresponding author: danubiavalente@ymail.com

Atividade horária de voo de mariposas Saturniidae (Lepidoptera, Bombycoidea) coletados no estrato intermediário na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil

Resumo

O estudo de atividade de voo de Saturniidae foi realizado utilizando armadilha luminosa em uma área de Floresta Ombrófila Densa, na Amazônia Oriental. As amostras foram coletadas na Floresta Nacional do Tapajós, no estrato intermediário, na torre de plataforma do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), Base Terra Rica, Belterra, Pará, Brasil. As mariposas foram capturadas em escala intervalar de uma hora, das 19 h às 7 h, em três noites consecutivas de lua minguante/nova, mensalmente entre maio de 2019 a fevereiro de 2020, utilizando armadilha luminosa tipo “Pensilvânia”. Foram capturados 562 espécimes (N) pertencentes a 47 espécies (S) e 22 gêneros. A maioria das espécies (57,4%) foram ativas por mais de três horários. *Hylesia* sp. 1 e *Cicia pelota* (Schaus, 1905) estiveram presentes em quase todos os horários. A atividade de voo de saturnídeos teve pico de riqueza e abundância nos horários das 4h (S= 21) e 21h (N= 74), respectivamente. A velocidade do vento foi a única variável microclimática que relacionou significativamente com a abundância e riqueza de Saturniidae.

Palavras-chave: Armadilha luminosa, saturnídeos, Flona Tapajós, Amazônia Oriental, vento.

Introdução

Os insetos são os únicos grupos de invertebrados que adquiriram habilidade de voar, e isto provavelmente compreende a inovação morfológica mais importante para seu sucesso adaptativo (Grimaldi e Engel 2005; Matthews e Matthews 2010). Além da locomoção, o voo permite expandir a sua área de dispersão, explorar novos espaços, fugir de predadores, localizar parceiros e alimentos (Grimaldi e Engel 2005; Resh e Cardé 2009).

Estudos sobre a atividade diária das espécies são importantes para responder questões a respeito do melhor período de amostragem de uma determinada espécie, a partição temporal de nicho e os padrões de co-ocorrência (Moreno et al. 2021). Porém, uma melhor investigação sobre o horário de voo dos insetos se faz necessário, e com base nesta ideia, Silveira Neto et al. (1976) agruparam eles em: diurnos (das 7 às 17h), noturnos (19 às 5h) e crepusculares (matutinos das 5 às 7h; e vespertinos das 17 às 19h).

Dentre os insetos, as mariposas (Lepidoptera) em sua maioria de hábito noturno, voo variado e adaptadas às condições locais de clima e vegetação (Duarte et al. 2012), são organismos potenciais em estudos voltados para a atividade horária de voo (Silveira Neto et al. 1975; Lourido et al. 2008; Scherrer et al. 2013; Lamarre et al. 2015; Camargo et al. 2016a; Lourido et al. 2018; Moreno et al. 2021; Teston 2021a,b; Valente e Teston, 2023) considerando a sua importância e atuação em processos ecológicos na ciclagem de nutrientes, herbívoros, polinização, predação e parasitismo (Duarte et al. 2012).

Para efeito de uma análise complementar da atividade de voo de mariposas deve-se também ser levada em consideração os fatores ecológicos que interferem no seu comportamento, tais como temperatura, umidade relativa, vento e alimento (Janzen 1984; Xing et al. 2023). Os fatores meteorológicos podem influenciar na dinâmica dessas populações em termos de abundância, riqueza e composição de espécies (Janzen 1984; Montero-Munhoz et al. 2013).

As mariposas da família Saturniidae são sensíveis as perturbações causadas pela atividade humana (Camargo et al. 2016b; Correa-Carmona et al. 2021). Em decorrência de sua resposta as mudanças climáticas são consideradas modelos promissores entre os insetos tropicais em estudos a longo (Basset et al. 2017) e curto prazo (Camargo et al. 2016b). Saturniidae são cosmopolitas (Duarte et al. 2012) e inclui 2.349 espécies e 169 gêneros, considerada a mais numerosa dentro de Bombycoidea (Van Nieukerken et al. 2011). Na região

Neotropical são bem representadas com 860 espécies (Heppner, 2008), destas 466 são encontradas no Brasil (Camargo et al. 2022) e 147 na Amazônia (Camargo et al. 2012).

Segundo Camargo e Schmidt (2009) por se tratar de um grupo predominante nos trópicos, apresenta um dos mais pertinentes em estudos ecológicos e biogeográficos. Contudo, o conhecimento da atividade de voo dos saturnídeos se desenvolve gradativamente (Lamarre et al. 2015; Camargo et al. 2016a), e é fundamental para a compreensão dos padrões biológicos dessas mariposas, assim como, para a fornecer subsídios como bioindicadoras de clima e vegetação em programas de monitoramento ambiental (Braga e Diniz 2018).

O presente estudo tem por objetivo: i) analisar a composição, abundância, riqueza e o padrão de distribuição horária de voo noturno de Saturniidae na Floresta Nacional do Tapajós, Pará; ii) relacionar a abundância e riqueza com a temperatura, umidade relativa e velocidade do vento ao longo da noite.

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido na Base Terra Rica, quilômetro 67 da rodovia federal BR-163 (sentido Santarém-Cuiabá), FLONA do Tapajós, Belterra, na região Oeste do Pará. Neste local, a torre de plataforma de 45 metros de altura (02°51'23,3"S e 54°57'31,0"O) pertencente ao Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) foi utilizada como unidade amostral fixa para a instalação da armadilha (Figura 1).

A FLONA do Tapajós apresenta característica de floresta primária Ombrófila Densa (Veloso et al. 1991), com predomínio de árvores de grande porte, lianas lenhosas, palmeiras e epífitas (Cordeiro 2005). De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo Ami (quente e úmido), com temperatura média anual de 25,5°C e precipitação média anual de 1.892 mm conforme dados obtidos entre 1971 a 2016 da estação climatológica de Belterra (ICMBio 2019).

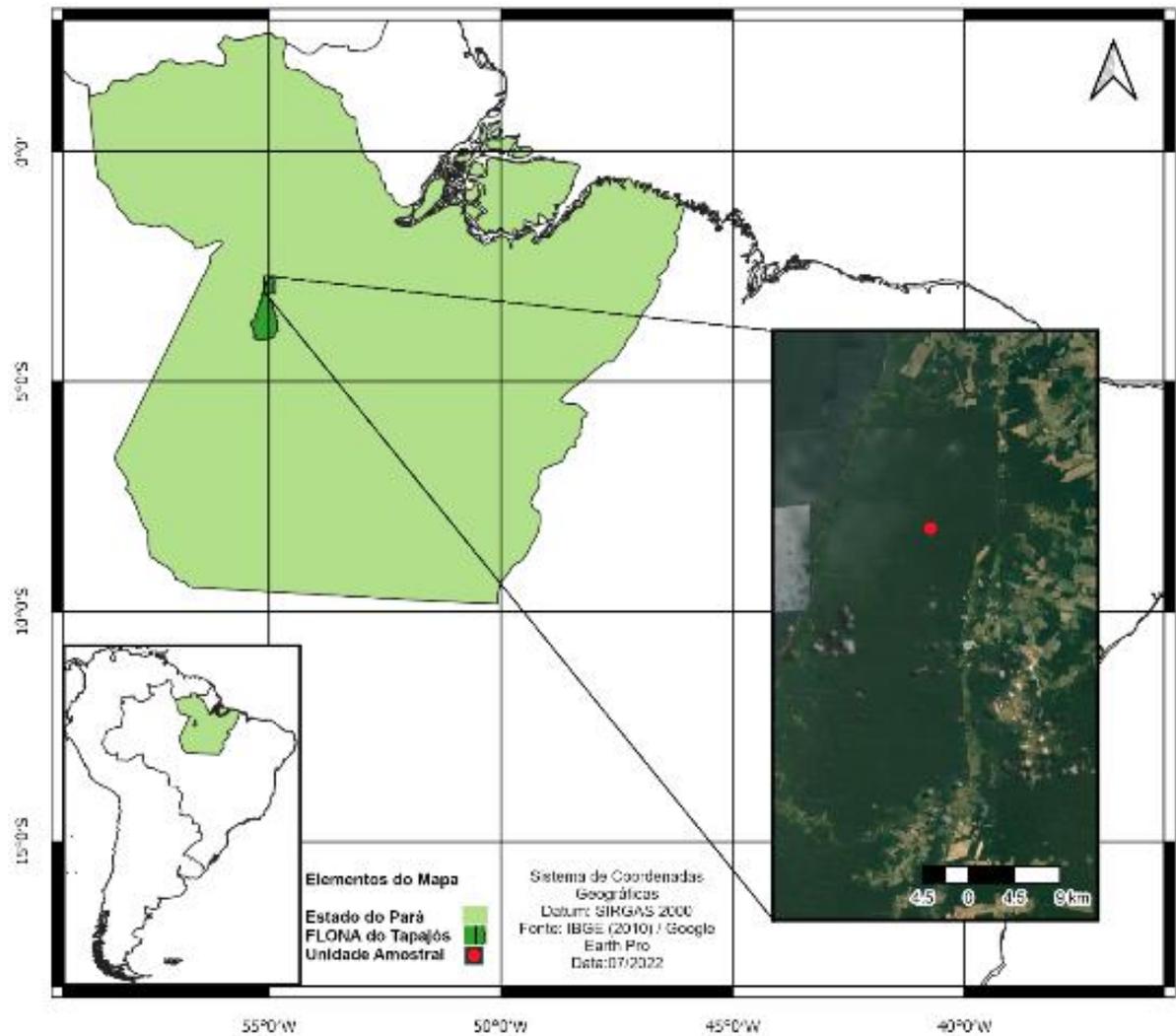


Figura 1. Localização da unidade amostral (círculo vermelho) na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia Oriental. Fonte: Valente e Teston (2023)

As mariposas foram coletadas a 23 metros de altura (estrato intermediário), utilizando armadilha luminosa “Pensilvânia”, em escala intervalar de uma hora, em três noites seguidas, mensalmente nas fases lunares minguante e/ou nova, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020, totalizando 30 amostragens. A metodologia de coleta e procedimentos de laboratório segue Valente e Teston (2023). A identificação das espécies foi realizada com consulta a literatura especializada e a confirmação por um especialista.

Para avaliar a atividade de voo de saturnídeos no estrato intermediário foi utilizada a composição, abundância (N) e riqueza (S) de espécies por horário de captura. A análise circular

(teste de Rayleigh) foi realizada para testar a existência de um padrão de concentração nos picos de abundância e riqueza de saturnídeos no decorrer da noite (Zar 1996) com o auxílio do programa ORIANA 4.20 (Kovach Computing Services 2013). Os horários de captura (total de 12 horários) foram convertidos em ângulos, sendo que o período das 19:00 às 20:00 equivale ao ângulo de 0°, e assim sucessivamente.

A regressão linear (níveis de significância de 1% e 5%) foi aplicada para verificar a relação entre a abundância e riqueza de espécies com as variáveis meteorológicas temperatura (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m/s) usando o programa BioEstat versão 5.3 (Ayres 2007). Os dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento com base nas 30 noites de amostragens foram extraídos do banco de dados “NASA Power” (<https://power.larc.nasa.gov/>), que fornece os registros climáticos globais. As medidas de temperatura e umidade relativa foram filtradas da altura de 2 m e a velocidade do vento de 10 m a cada uma hora, e posteriormente calculadas os valores das médias horárias referentes as 30 noites .

Resultados

Foram amostrados no estrato intermediário 562 espécimes (N) pertencentes a 47 espécies (S), 22 gêneros e quatro subfamílias (Tabela 1). Os saturnídeos tiveram atividade de voo do início ao fim do horário de amostragem, cujo padrão semelhante também foram verificadas nas subfamílias Ceratocampinae e Hemileucinae. As maiores riquezas e abundâncias para Ceratocampinae (S= 19, N= 356) foram às 1h (S= 11) e 2h (N= 52), e Hemileucinae (S= 18, N= 174) às 4h (S= 8, N= 36) (Tabela 1). Os gêneros *Hylesia* Hübner (S= 8, Hemileucinae), *Automeris* Hübner (S= 5, Hemileucinae) e *Adeloneivaia* Travassos (S= 4, Ceratocampinae), foram bem representativos e apresentaram atividade de voo em quase todos os horários, exceto *Automeris* que foram predominantemente observados nas horas finais. Já que *A. annulata* e *A. godartii* foram observadas nas horas iniciais.

Tabela 1. Número de indivíduos de Saturniidae coletados no estrato intermediário (23 m), das 19h às 6h, com armadilha luminosa na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA, Brasil.

Subfamília/Espécies	Horários												Total
	19h	20h	21h	22h	23h	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	
Arsenurinae	0	0	0	1	5	0	5	3	7	8	1	0	30
<i>Arsenura albopicta</i> Jordan, 1922									3	7	1		11
<i>Dysdaemonia boreas</i> (Cramer, 1775)					1		2	1					4
<i>Rhescyntis hermes</i> (Rothschild, 1907)								1	1				2
<i>Rhescyntis hippodamia</i> (Cramer, 1777)								1	1				2
<i>Paradaemonia terrena</i> Jordan, 1922				1	2		1						4
<i>Titaea lemoulti</i> (Schaus, 1905)							1		2				3
<i>Titaea tamerlan</i> (Maassen, 1869)					2		1			1			4
Ceratocampinae	17	58	55	7	23	41	43	52	20	24	15	0	356
<i>Adeloneivaia boisduvalii</i> (Doûmet, 1859)	1	1			17	4	1	1	1				26
<i>Adeloneivaia catoxantha</i> (Rothschild, 1907)		15	6		1		1				1		24
<i>Adeloneivaia jason</i> (Boisduval, 1872)							9	7	1	1	1		19
<i>Adeloneivaia subangulata</i> (Herrich-Schäffer, [1855])	1	15	24		1	1				1			43
<i>Adelowalkeria plateada</i> (Schaus, 1905)			1		2	31	16	6		2	1		59
<i>Cicia pelota</i> (Schaus, 1905)	6	8	18	5		1			3	4	3		48
<i>Citheronia hamifera</i> Rothschild, 1907						1	1	7		1	1		11
<i>Citheronia phoronea</i> (Cramer, 1779)		1					1	1					3
<i>Citioica anthonilis</i> (Herrich-Schäffer, [1854])					2		1						3
<i>Eacles adoxa</i> Jordan, 1910								1					1
<i>Eacles imperialis</i> (Drury, 1773)							1	1	3	1	1		7
<i>Othorene hodeva</i> (Druce, 1904)	1	3				1	8	21	7		1		42
<i>Othorene purpurascens</i> (Schaus, 1905)									4	10	5		19
<i>Psilopygoides oda</i> (Schaus, 1905)								1					1
<i>Ptiloscola photophila</i> (Rothschild, 1907)	6	13	6	1									27
<i>Schausiella polybia</i> (Stoll, 1781)						1							1

Continuação

Subfamília/Espécies	Horários												Total
	19h	20h	21h	22h	23h	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	
<i>Schausiella subochreatea</i> (Schaus, 1904)							1						1
<i>Scolesa</i> sp.	2	1		1						1			5
<i>Syssphinx molina</i> (Cramer, 1780)		1				1	3	6	1	1	1		14
Hemileucinae	7	8	19	25	14	3	5	5	12	36	35	5	174
<i>Automerina caudatula</i> (R. Felder & Rogenhofer, 1874)										4	6	2	12
<i>Automeris annulata</i> Schaus, 1906					3					1			4
<i>Automeris arminia</i> (Stoll, 1781)										3	5		8
<i>Automeris curvilinea</i> Schaus, 1906							1						1
<i>Automeris godartii</i> (Boisduval, 1875)			2						2	1			5
<i>Automeris</i> sp.		1											1
<i>Dirphia panamensis</i> (Schaus, 1921)		1		1			2		4	24	21	2	55
<i>Hylesia gyrex</i> Dyar, 1913				4	1	1							6
<i>Hylesia melanostigma</i> (Herrich-Schäffer, [1855])									1				1
<i>Hylesia</i> sp.1	5		17	19	6	1	1	4	2	1	1	1	58
<i>Hylesia</i> sp.2		1			1	1							3
<i>Hylesia</i> sp.3	1	4					1	1					7
<i>Hylesia</i> sp.4	1												1
<i>Hylesia</i> sp.5					1				1	1			3
<i>Hylesia</i> sp.6		1							2				3
<i>Lonomia achelous</i> (Cramer, 1777)				1	1								2
<i>Lonomia</i> sp.					1								1
<i>Molippa flavodiosiana</i> Brechlin & Meister, 2011										3	2		5
Saturniinae	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3
<i>Rothschildia aurota</i> (Cramer, 1775)						1							1
<i>Rothschildia hesperus</i> (Linnaeus, 1758)									1	1			2
Abundância	24	66	74	33	42	45	53	60	40	69	51	5	563
Riqueza	9	14	7	8	15	12	19	15	19	21	15	3	47

As espécies mais abundantes foram *Adelowalkeria plateada* (Schaus, 1905), com 59 indivíduos, seguido por *Hylesia* sp.1 (N= 58) e *Dirphia panamensis* (Schaus, 1921) (N= 55) (Tabela 1). Todas estas espécies tiveram registros de ocorrência antes e após a meia-noite, mas as maiores abundâncias tenderam para apenas um período assim como observado também para as espécies menos abundantes.

A maioria das espécies (57,4%) foram ativas por mais de três horários e as demais espécies (18 espécies, 38,3%) em um ou dois horários, e apenas duas espécies (4,3%) estiveram ativas por oito ou dez horas durante a coleta. Assim as espécies diferiram quanto a atividade de voo como observado para as espécies *Hylesia* sp.2, *Hylesia gyrex* Dyar, 1913 e *Ptiloscola photophila* (Rothschild, 1907) que foram observadas antes da meia-noite (Tabela 1). *Adeloneivaia jason* (Boisduval, 1872), *Arsenura albopicta* Jordan, 1922, *Automerina caudatula* (R. Felder & Rogenhofer, 1874), *Citheronia hamifera* Rothschild, 1907, *Eacles imperialis* (Drury, 1773) e *Othorene purpurascens* (Schaus, 1905) ocorreram após a meia-noite (Tabela 1). *Hylesia* sp.1 e *Cicia pelota* (Schaus, 1905) foram encontradas com frequência nos dois períodos (Tabela 1).

A abundância de saturnídeos foi bem distribuída ao longo da noite. Os horários com picos de abundância foram antes da meia-noite às 20h (N= 66) e 21h (N= 74), e após a meia-noite às 2h (N= 60) e 4h (N= 69) (Tabela 2). A análise circular confirmou que a abundância foi uniforme no decorrer da noite ($r= 0,068$, $Z= 2,56$, $p > 0,05$) (Figura 2A).

A riqueza de espécies também foi expressiva após a meia-noite, cujos horários com maior riqueza foram às 4h (S= 21), seguido de 1h e 3h (S= 19), 2h e 5h (S= 15) (Tabela 2). Estes dados corroboram com a análise análise circular ($r= 0,27$, $Z= 6,27$, $p < 0,01$) que apresentou agregação de mariposas em torno do vetor médio entre 2h e 3h (218,18°) (Figura 2B).

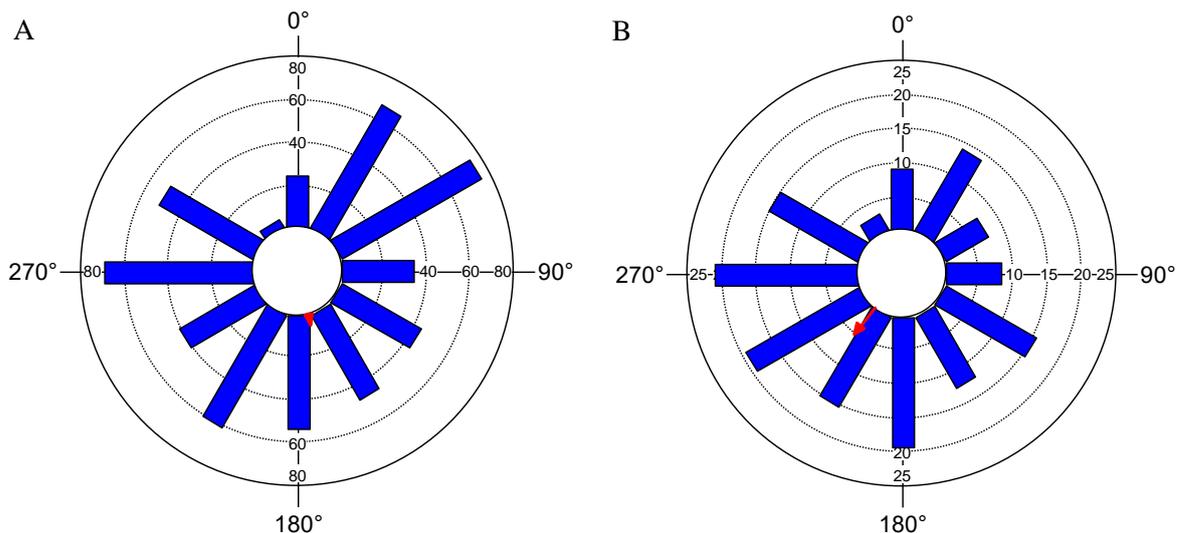


Figura 2. Histograma de abundância (A) e riqueza (B) e horária de Saturniidae coletados no estrato intermediário (23 m), à noite, das 18h às 6h, com armadilha luminosa na FLONA do Tapajós, Pará, Brasil, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020. As setas representam o vetor médio (r).

A temperatura (T) variou de 24 a 27°C em 30 noites de amostragens, com média horária de 25,9°C, apresentando diminuição da temperatura no decorrer da noite (Tabela 2). Quanto a umidade relativa do ar (UR) variou de 80 a 94%, com média horária de 89,1% e aumentou de forma conforme a noite avançou (Tabela 2). Já, a velocidade do vento oscilou de 1,15 a 1,32 m/s, com média horária de 1,26 m/s, e manteve-se contante ao longo da noite (Tabela 2).

A análise de regressão verificou que não houve significância estatística entre a riqueza de espécies de saturnídeos e temperatura ($R^2 = 0,19$, $F = 2,35$, $p = 0,1561$) e umidade relativa ($R^2 = 0,17$, $F = 2,13$, $p = 0,1745$), mas foi significativo com a velocidade do vento ($R^2 = 0,033$, $F = 5,12$, $p = 0,0452$). A relação entre a abundância de saturnídeos com a temperatura ($R^2 = 0$, $F = 0,001$, $p = 0,9909$) e umidade relativa ($R^2 = 0,0006$, $F = 0,0056$, $p = 0,9417$) não foi significativa, porém apresentou significância estatística com a velocidade do vento ($R^2 = 0,42$, $F = 7,43$, $p = 0,0204$).

Tabela 2. Horário de captura (H), Ângulo (°), Riqueza (S), Abundância (N), Temperatura (°C), Umidade Relativa (%) e Velocidade do Vento (V, m/s) de Saturniidae coletados no estrato intermediário (23 m), à noite, das 18h às 6h, com armadilha luminosa na FLONA do Tapajós, Pará, Brasil, no período de maio de 2019 a fevereiro de 2020.

H	Ângulo	S	N	T	UR	V
19	0	9	24	27,8	80,0	1,15
20	30	14	66	27,4	81,9	1,24
21	60	7	74	26,9	84,2	1,30
22	90	8	33	26,5	86,3	1,29
23	120	15	42	26,1	88,1	1,29
0	150	12	45	25,8	89,7	1,29
1	180	19	53	25,5	91,1	1,29
2	210	15	60	25,2	92,4	1,29
3	240	19	40	24,9	93,4	1,30
4	270	21	69	24,7	94,2	1,32
5	300	15	51	24,6	94,9	1,30
6	330	3	5	25,1	93,2	1,19

Discussão

A fauna de Saturniidae (S= 47) no estrato intermediário da FLONA do Tapajós foi inferior ao amostrado por Campelo et al. (2020) registraram para esta unidade de conservação de 76 espécies, porém com diferenças no esforço amostral que foi de 12 meses, duas noites, dois pontos amostrais e dois estratos, inclusive, um deles sendo no mesmo ponto amostral do presente estudo. A atividade de voo constante de saturnídeos ao longo da noite está em conformidade com Janzen (1984) e Lamarre et al. (2015) que destacaram também o comportamento bastante ativo destas mariposas no Parque Nacional de Santa Rosa na Costa Rica e em fitofisionomias da Guiana Francesa, respectivamente. Segundo Kitching e Cadiou (2000), os saturnídeos adultos são voadores ativos para acasalamento e oviposição. A frequente atividade de voo de Ceratocampinae em alturas elevadas pode estar relacionada com as características morfológicas da subfamília que exhibe asas e corpos aerodinâmicos semelhantes aos esfingídeos (Balcázar-Lara e Beutelspacher-Baigts 2000). Já, *Hylesia* se destacou em riqueza de espécies entre os Hemileucinae, considerando que se trata de um gênero bastante

representativo na região Neotropical (Lemaire 2002), de taxonomia complexa e problemática na família em virtude da homogeneidade fenotípica (Albetoni et al. 2018), tendo em vista que na FLONA do Tapajós sua considerável incidência ressalta o potencial desta unidade de conservação para pesquisas mais detalhadas a respeito deste táxon de grande importância médica em virtude de suas larvas possuírem efeitos urticantes e os adultos causarem dermatites (Specht 2006).

A atividade de voo de saturnídeos foi observada em sua maioria em horas de curta duração, assim como observado para os saturnídeos no estudo de Lamarre et al. (2015), além de outras famílias de mariposas como Erebidae (Arctiinae) (Teston 2021 a,b), Sphingidae (Lamarre et al. 2015) e Hedilydae (Lourido et al. 2008) na Amazônia. A composição de espécies de saturnídeos variou ao longo da noite, com ocorrência de determinadas espécies antes da meia-noite, após a meia noite e a noite inteira, com maior intensidade de atividade de espécies de saturnídeos após a meia-noite do qual supomos que seja uma estratégia de fuga de predadores como morcegos, que voam nas primeiras horas após pôr-do-sol (Presley et al. 2009). Além disso, podemos apontar que as diferenças na atividade de voo também podem estar relacionadas aos aspectos morfológicos, fisiológicos, climáticos, busca por parceiros e alimento (Janzen 1984; Beck e Linsenmair 2006; Lamarre et al. 2015; Correa-Carmona et al. 2021).

Em termos de abundância os saturnídeos da FLONA do Tapajós tiveram atividade de voo homogênea durante a noite toda, enquanto que a riqueza de espécies foi concentrada após a meia noite. Em fitofisionomias da Guiana Francesa, Lamarre et al. (2015) registraram com certa frequência a atividade de saturnídeos durante a noite toda, e pico de abundância e riqueza próximo a meia-noite. Em se tratando de outros grupos de mariposas Valente e Teston (2023) encontraram um padrão de voo para Arctiini em períodos opostos com pico de riqueza as 20h e abundância as 5h, e para os esfingídeos no segundo período entre 0h às 3h (Danúbia M.P. Valente, dados não publicados), ambos estudos foram realizados no mesmo local do presente trabalho.

A pequena variação da temperatura e a elevada umidade relativa no decorrer da noite podem ser uma das explicações para não serem apontadas como fatores de influência na fauna de Saturniidae no presente estudo. Isto de fato comprova-se visto que a umidade relativa é considerada uma variável climática indispensável para os saturnídeos (Braga e Diniz 2018). Além disso, Braga e Diniz (2018) ressaltam a forte ligação destas mariposas com as florestas devido as características morfológicas desta família preferir habitats com maior umidade para manter o corpo hidratado e prolongar o seu tempo de vida. Por outro lado, o vento é sobretudo o mais instável dos fatores climáticos, de modo que tende a permanecer contínuo ou variar rapidamente (Hilário et al. 2007), e consiste em um dos parâmetros que sofre oscilação em alturas elevadas de florestas tropicais (Puig 2008). A velocidade do vento foi a que relacionou-se positivamente com a abundância e riqueza de espécies de saturnídeos, embora esta não tenha variado acentuadamente durante a noite pode ser um fator limitante para o voo de certas subfamílias de saturnídeos com poder limitado de deslocamento e desprovidas de formas aerodinâmicas (Braga e Diniz 2018; Barcellos et al. 2022).

Conclusão

No presente estudo os resultados indicaram que a atividade de voo de saturnídeos no estrato intermediário mostram particularidades que refletem na composição, abundância e riqueza de espécies no decorrer da noite, podendo ser influenciada de fato por alguns fatores meteorológicos. Devido a determinadas espécies apresentar preferências por horários específicos sugerimos que a amostragem seja realizada durante a noite toda para representar o máximo possível de espécies de saturnídeos. Além do mais recomendamos que outros aspectos comportamentais sejam estudados para que as bases de informações sejam mais precisas e padronizadas para o grupo em florestas tropicais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela bolsa concedida (edital 09/2019), a UFOPA pelo Programa de Fomento à Elaboração de Teses (PROTESE – edital 01/2020 e 01/2021) pelo apoio financeiro as atividades de pesquisa, ao Programa de Apoio a Pós - Graduação (PROAP - 0889/2018), ao Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA), Núcleo de Apoio à Pesquisa no Pará (NAPPA – Núcleo Regional de Santarém) e Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) pelo apoio e permissão para realização da pesquisa na torre de plataforma, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio – nº 67377) pela autorização para atividades de pesquisa, a Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros (RedeLep) pelo apoio logístico e o Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte. Ao Dr. Amábilio José Aires de Camargo pela confirmação e/ou identificação das espécies. A todos os auxiliares de campo que contribuíram com as coletas.

Referências

Albertoni, F.F.; Mielke, C.G.C.; Duarte, M. 2018. Saturniid moths (Lepidoptera: Bombycoidea) from an Atlantic Rain Forest fragment in southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 90: 2827-2844.

Ayres M.; Ayres, Jr. M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A.S. 2007. *Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas*. IDSM, Belém. 364p.

Balcázar-Lara, M.A; Beutelspacher-Baigts, C.R. 2000. Saturniidae (Lepidoptera). In: Llorente, J.E.; Gonzalez, E.; Papavero, N. (Eds.) *Biodiversidad taxonomia y biogeografia de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. UNIAM, Conabio. p.501-513.

Barcellos, B.D.; Mielke, C.; Souza, F.D.; Ferreira, L.; Martins, D.D.S.; Ferreira, P.S.F.; Nogueira, B.C.F. 2022. Seasonal analysis of Saturniidae (Insecta: Lepidoptera: Bombycoidea) in a remaining Atlantic Forest in the State of Espírito Santo, Brazil. *Revista Chilena de Entomología* 48: 107-123. doi.org/10.35249/rche.48.1.22.10

Basset, Y.; Lamarre, G.P.A.; Ratz, T.; Segar, S.T.; Decaëns, T.; Rougerie, R.; Miller, S.E.; Perez, F.; Bobadilla, R.; Lopez, Y.; Ramirez, J.A.; Aiello, A.; Barrios, H. 2017. The Saturniidae of Barro Colorado Island, Panama: a model taxon for studying the long-term effects of climate change? *Ecology and Evolution* 7: 9991–1000.

Beck, J.; Linsenmair, K. E. 2006. Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight times and seasonality of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). *Journal of Research on the Lepidoptera* 39: 18-37.

Braga, L.; Diniz, I.R. 2018. Can Saturniidae moths be bioindicators? Spatial and temporal distribution in the Brazilian savannah. *Journal of Insect Conservation* 22: 487-497. doi.org/10.1007/s10841-018-0076-6

Camargo, A.J.A.; Camargo, W.R.F.; Corrêa, D.C.V. 2012 Saturniidae (Lepidoptera): Panorama geral sobre o esforço amostral, biodiversidade e compartilhamento de espécies entre biomas brasileiros. In: Encuentro de Lepidoptera Neotropicales, 4., 2012, Montevideo. *Resúmenes IV Encuentro de Lepidoptera Neotropicales*. Montevideo: Facultad de Ciencias - Udelar, p. 3-4.

Camargo, A.J.A.; Schmidt, K. 2009. *Efeitos da fragmentação sobre a diversidade de saturniidae (Lepidoptera) em isolados naturais e antrópicos de Cerrado*. 1 ed. Embrapa Cerrados Planaltina – DF. 30p.

Camargo, A.J.A.; Duarte, M.; Mielke, C.G.C.; Santos, F.L. 2022 Saturniidae. In: Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. ([http:// fauna. jbrj. gov.br/fauna/faunadobrasil/2727](http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2727)). Acesso em: 15/07/2022

Camargo, J.A.; Camargo, N.F.; Corrêa, D.C.V.; Camargo, W.R.F.; Vieira, E.K.M.; Marini-Filho, O.; Amorim, F.W. 2016a. Diversity patterns and chronobiology of hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) in the Brazilian Amazon rainforest. *Journal of Insect Conservation* 20: 629–641. doi.org/10.1007/s10841-016-9894-6

Camargo, N. F.; Camargo, W.R.F.; Corrêa, D.C.V; Camargo, A.J.A.; Vieira, E.M. 2016b. Adult feeding moths (Sphingidae) differ from non-adult feeding ones (Saturniidae) in activity-timing overlap and temporal niche width. *Oecologia* 180: 313-324.

Campelo, J.C.; Corrêa, J.C.S.L.; Freitas, R.S.; Teston, J.A. 2020. Estratificação vertical de Saturniidae (Insecta, Lepidoptera) em área de floresta ombrófila densa na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil. *Biota Amazônia* 10: 29-35. doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n3p29-35

Cordeiro, A (Coord.). 2005. *Plano de Manejo Floresta Nacional do Tapajós: A transformação para conservar está em nossas mãos*. IBAMA, Rio de Janeiro: MMA. 200p.

Correa-Carmona, Y.; Rougerie, R.; Arnal, P.; Ballesteros-Mejia, L., Beck, J.; Dolédec, S.; HO, C.; Kitching, I.J.; Lavelle, P.; Clec'h, S.L.; Lopez-Vaamonde, C.; Martins, M.B.; Murienne, J.; Ozwald, J.; Ratnasingham, S.; Decaëns, T. 2022. Functional and taxonomic responses of tropical moth communities to deforestation. *Insect Conservation and Diversity* 15: 236-247. doi.org/10.1111/icad.12549

Duarte, M.; Marconato, G.; Specht, A.; Casagrande, M.M. Lepidoptera. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B.; Casari, S.A.; Constatino, R. 2012. *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. 1 ed. Holos Editora, Ribeirão Preto. p.625-682.

Grimaldi, D.; Engel, M.S. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York. 772p.

Heppner, J.B. 2008. Moths (Lepidoptera: Heterocera). In: Capinera, J. L. *Encyclopedia of Entomology*. University of Florida, Gainesville. p.2491-2494.

Hilário, S.D.; Ribeiro, M.F.; Imperatriz-Fonseca, V.L. 2007. Efeito do vento sobre a atividade de vôo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). *Biota Neotropica*. 7: 225-232. doi.org/10.1590/S1676-06032007000300024

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2019. *Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós*. Volume II. Brasília. 144p.

Janzen, D. 1984. "Two Ways to Be a Tropical Big Moth: Santa Rosa Saturniids and Sphingids. In: Dawkins, R.; Ridley, M. (Eds.). *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*. Oxford, Oxford University Press.p. 85-140.

Kitching, I.J.; Cadiou, J.M. 2000. *Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae)*. Cornell University Press, New York. p. 256

Kovach Computing Services. 2011. *Oriana-circular statistics for windows*. Kovach Computing Services, Pentraeth.

Lamarre, G.P.A., Mendoza, I., Rougerie, R., Decaëns, T., Hérault, B.; Beneluz, F. 2015. Stay out (almost) all night: contrasting responses in flight activity among tropical moth assemblages. *Neotropical entomology* 44: 109-115. doi.org/10.1007/s13744-014-0264-3

Lemaire, C. 2002. *The Saturniidae of America – Hemileucinae*. Goecke & Evers, Keltern, Germany. 688p.

Lourido, G.M., Motta, C.D.S., Rafael, J.A., Morais, J.W.D. Xavier Filho, F. F. 2008. Hedyliidae (Lepidoptera: Hedyloidea) coletados à luz a 40 metros de altura no dossel da floresta da Estação Experimental de Silvicultura Tropical em Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* 38: 329-332. doi.org/10.1590/S0044-59672008000200017

Lourido, G.M.; Motta, C.D.S.; Graca, M.B.; Rafael, J.A. 2018. Diversity patterns of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in the canopy of an ombrophilous forest in Central Amazon, Brazil. *Acta Amazonica* 48: 117-125. /doi.org/10.1590/1809-4392201704721

Matthews, R.W.; Matthews, J.R. 2010. *Insect Behavior*. Springer, New York. 514p.

Montero-Muñoz, J.L.; Pozo, C.; Cepeda-González, M. Fernanda. 2013. Recambio temporal de especies de lepidópteros nocturnos en función de la temperatura y la humedad en una zona de

selva caducifolia en Yucatán, México. *Acta Zoológica Mexicana* 29: 614-628.

Moreno, C.; Barbosa, A.S.; Ferro, V.G. 2021. Abundance and richness of Arctiinae moths throughout the night in a Cerrado area. *Biota Neotropica* 21: e20201041. doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1041

Oliveira, F. B. 2005. Body-size influence on defensive behavior of Amazonian moths: an ecophysiological approach. *Brazilian Journal of Biology* 65: 101-106.

Presley, S.J.; Willig, M.R.; Castro-Arellano, I.; Weaver, S.C. 2009. Effects of habitat conversion on temporal activity patterns of phyllostomid bats in lowland Amazonian rain forest. *Journal of Mammalogy* 90: 210-221.

Puig, H. 2008. *A floresta tropical úmida*. UNESP, São Paulo. 496p.

Resh, V.H.; Cardé, R.T. 2009. *Encyclopedia of Insects*. Oxford Elsevier, California. 1169p.

Scherrer, S.; Ferro, V.G.; Ramos, M.N.; Diniz, I.R. 2013. Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two Cerrado vegetation types. *Zoologia, Curitiba* 30: 200-210. doi.org/10.1590/S1984-46702013000200010

Silveira Neto, S.O.; Lara, F.M.; Igue, T.; Carrão, C.A.B. 1975. Periodicidade de vôo de alguns noctuídeos praga determinada com armadilha luminosa automática. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 4: 3-11.

Silveira Neto, S.O.; Nakano, O.; Barbosa, D.; Vila Nova, N.A. 1976. *Manual de ecologia dos*

insetos. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo.

Specht, A.; Formentini, A.C.; Corseuil, E. 2006. Biologia de *Hylesia nigricans* (Berg) (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). *Revista Brasileira de Zoologia* 23: 248-255.

Teston, J.A. 2021a. Padrão de atividade de voo noturno de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Noctuoidea, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Serra do Pardo. *Biodiversidade* 20: 31-41.

Teston, J.A. 2021b. Atividade de voo de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Amazônia. *Biodiversidade* 20:149-167.

Valente, D.M.P.; Teston, J.A. 2023. Influência da temperatura na distribuição horária de voo noturno de Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) em uma área da Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Oriental. *Revista Agroecossistemas* 15.

Van Nieuwerkerken, E. J.; Kaila, L.; Kitching, I. J.; Kristensen, N. P.; Lees, D. C.; Minet, J.; et al. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. 2011. In: Zhang, Z.Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 3148: 1-237.

Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R.; Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada ao sistema universal*. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, IBGE, Rio de Janeiro. 124p.

Xing, K.; Cao, J.; Hao, B.; Zhao, F. 2023. Diurnal temperature amplitude affects diamondback moth adult and next-generation traits. *Journal of Applied Entomology* 147: 63-71.

doi.org/10.1111/jen.13088

Zar, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. 5^a ed. Pearson, New Jersey.

3.6 CAPÍTULO 06 - ON THE DISTRIBUTION OF *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912 (LEPIDOPTERA, EREBIDAE) IN BRAZIL AND ITS REDISCOVERY IN PARÁ

Teston, J.A.; Valente, D.M.P. 2023

Manuscrito submetido na Revista Ouricuri (<https://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/index>). O capítulo seguiu as normas da revista supracitada.

Revista **OURICURI**

ON THE DISTRIBUTION OF *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912 (Lepidoptera, Erebidae) IN BRAZIL AND ITS REDISCOVERY IN PARÁ

SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912 (Lepidoptera, Erebidae) NO BRASIL E SUA REDESCOBERTA NO PARÁ

SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912 (Lepidoptera, Erebidae) EN BRASIL Y SU REDESCUBRIMIENTO EN PARÁ

Tipulodes rubriceps Dognin, 1912 was described from Colombia. The original description is based on a male, collected by A. H. Fasl in Medina, in the department of Cundinamarca, near the Gazamumo River, at an altitude of 500 m (Dognin, 1912). The holotype is in the U.S. National Entomological Collection (USNM) at the National Museum of Natural History (NMNH), Washington, D.C., USA (Przybyłowicz, 2001).

After the description, *T. rubriceps* is cited for the same place in the catalogs of Hampson (1914) and Draudt (1915) and in the studies of Rabello (1955) and Machado Filho and Rego Barros (1969).

Przybyłowicz (2001) redescribes the species based on the holotype, including description and illustrations of the male (holotype) and female genitalia, this being from a specimen from Villavicencio in Colombia that is deposited at the Museum National d'Histoire Naturelle em Paris. In this same publication, he presents a list of distribution locations for the species in Bolivia, Brazil, Colombia, Ecuador and Peru.

For Brazil, Przybyłowicz (2001) lists two locations: "Sao Antonio, near Belém in Pará", with a male specimen in the entomological collection of the Museum National d'Histoire Naturelle in Paris and another, from Mato Grosso, with a male specimen in the entomological collection of the Naturhistoriska Riksmuseet in Stockholm. In the species distribution figure, he does not mark these two localities, apparently intentionally, because in reporting the distribution Przybyłowicz (2001), suggests that the species may have a wider distribution than just the Andean region, however they cast doubt on the location of the specimens found in Brazil.

In Przybyłowicz (2003), there is the addition of another record for Brazil, for "Cuyaba in Mato Grosso" after examining a female specimen from the entomological collection of the British Museum of Natural History in London. So, it is clear to the author that the species has a wider distribution than just in the Andean region, advancing further southeast to Brazil. In this same publication, the author questions the origin of the specimen from the vicinity of Belém, Pará, stating that it would be difficult to explain. Ferro and Diniz (2010) reports the occurrence of the species in Goiás, GO. Based on this information from Przybyłowicz (2003),

Teston et al. (2019) do not include the species in their list of Ctenuchina occurring in the Brazilian Amazon, given the uncertainty of the location.

This communication is based on material from the collections of the Museum National d'Histoire Naturelle (Paris, France) and the Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais, Universidade Federal do Oeste do Pará (Santarém, Pará, Brazil).

After reviewing the specimen photos and their labels from the Museum National d'Histoire Naturelle (Env. de Belém; Sao Antonio; 27-IX-1975 / Moyen, XINGU (Brésil); Mission M. Boulard, P. Jauffret et P. Pompanon; Muséum PARIS / *Tipulodes rubriceps* Dogn. ♂, det. Ł. Przybyłowicz, 2000) and consult Boulard (1979) for details on the expedition from which the specimen was captured (map and site description), it is clear that the correct location of this specimen is Sa[nto] Antônio [do Tauá]. This region is located in the northeast of Pará, with geographic positioning obtained from the Geo Loc tool of the "Species Link date & tools" (<http://splink.cria.org.br/geoloc>): 01° 09' 07" south latitude and 48° 07' 45" west longitude.

The specimen from the collection of the Laboratório de Estudos de Lepidópteros Neotropicais, is a male, from Belterra, Pará (02°51'23.3" south latitude and 54°57'31" west longitude), was collected on 29-VI-2019 by Valente, D.M.P. in an understory area of the Tapajós National Forest (Figure 1). Identified by photos and description according to Przybyłowicz (2001) and, key (Przybyłowicz, 2003).

Therefore, its occurrence in the Brazilian Amazon is confirmed, more precisely in the localities of Sa[nto] Antônio [do Tauá] and of Belterra, in the State of Pará, and the distribution area of the species is expanded, increasing approximately 1,800 km to the north, the distance from Cu[i]ab[á] and Goiás, until then, the only confirmed records for Brazil (Przybyłowicz, 2003; Ferro and Diniz, 2010) (Figure 2).

This communication contributes to the knowledge of macrolepidoptera biogeography and diversity in the Brazilian Amazon.

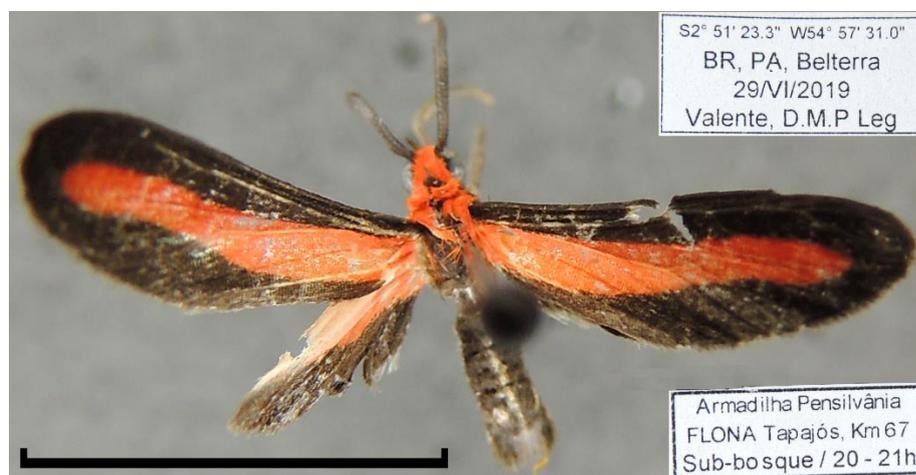


Figure 1. Male of *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912 collected with light trap in Belterra, PA. Scale 10 mm.

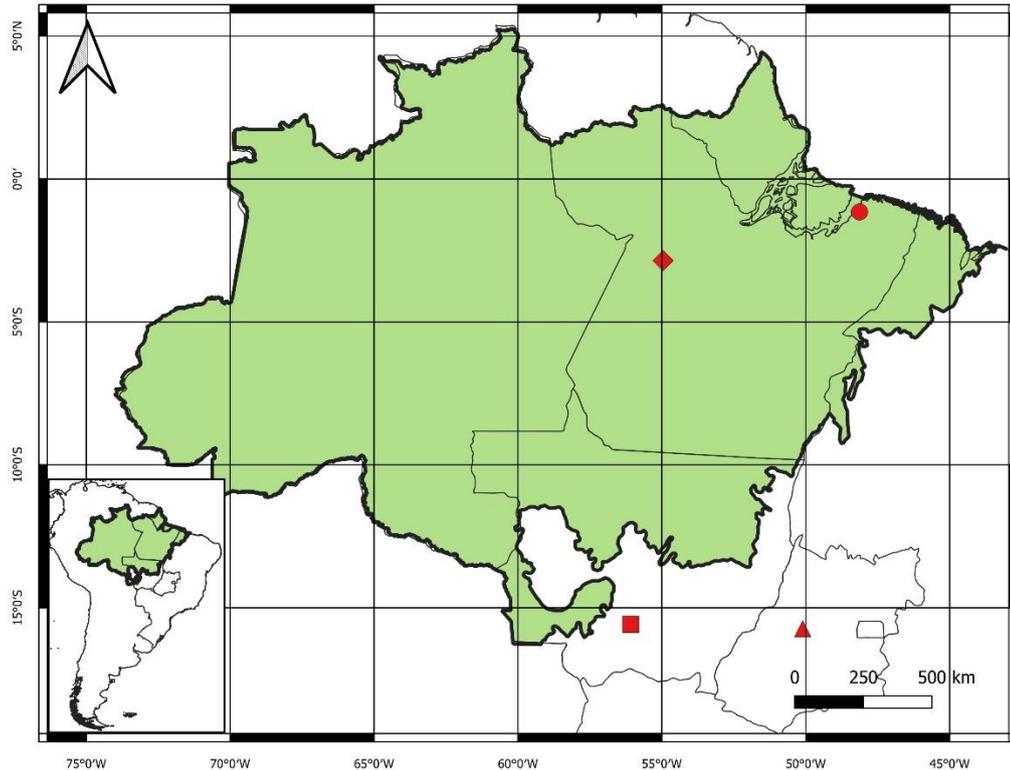


Figure 2. Map of distribution of *Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912, in the municipalities of Cuiabá (red square) in the State of Mato Grosso; Goiás (red triangle) in the State of Goiás; Belterra (red diamond) and Santo Antônio do Tauá (red circle) in the State of Pará.

ACKNOWLEDGEMENTS

To Benoît Vincent, French entomologist, for contacting the head of the Heterocera Collections of Museum National d'Histoire Naturelle and sending photos of the specimen and its label and, Dr. Tobias Malm, Curator of Lepidoptera collection of Swedish Museum of Natural History for sending photos of the specimen and its label. Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros - RedeLep (SISBIOTA – Brasil/CNPq 563332/2010-7) for their logistic support and materials.

REFERENCES

Boulard, M. Missions entomologiques en Guyane et au Brésil. Introduction, notes de chasses et principaux résultats. Bulletin de la Société entomologique de France, 84(5-6), 101-117, 1979.

Dognin, P. Hétérocères nouveaux de l'Amérique du Sud. Fascicule V. Rennes: Imprimerie Oberthür, 1912.

Draudt, M. Familie: Syntomidae. In: Seitz, A. (Ed.). Die Gross-Schmetterlinge der Erde. II. Abteilung: Die Gross-Schmetterlinge des Amerikanischen Faunengebietes. 6. Band. Die Amerikanischen Spinner und Schwärmer. Stuttgart: Alfred Kernen, 1914-1919, p. 33-230.

Ferro, V. G.; Diniz, I. R. Riqueza e composição das mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado. In: Diniz, I. R.; Marinho-Filho, J.; Machado, R. B.; Cavalcanti, R. (Eds.). Cerrado: conhecimento quantitativo como subsídio para as ações de conservação. Brasília: Editora Thesaurus, 2010, p. 255-313.

Hampson, G. F. Catalogue of the Lepidoptera Phalaenae in the British Museum. Supplement. Volume I. Catalogue of the Amatidae and Arctiadae (Nolinae and Lithosianae) in the collection of the British Museum. London: Taylor & Francis, 1914.

Machado Filho, J. P.; Rego Barros, A. R. do. Estudos dos Ctenuchidae Neotropicais – II. Revisão do gênero *Tipulodes* Boisd., 1832 (Lepidoptera – Heterocera). Boletim do Museu Nacional, 266, 1-7, 1969.

Przybyłowicz, Ł. Redescription of the genus *Tipulodes* Boisduval, 1832 (Lepidoptera: Arctiidae). Acta Zoologica Cracoviensia, 44(4), 423-430, 2001.

Przybyłowicz, Ł. *Tipulodes annae* sp. n. (Lepidoptera: Arctiidae) from Colombia with distributional notes on the genus. Acta Zoologica Cracoviensia, 46(4), 365-368, 2003.

Rabello, E. X. Contribuição para o conhecimento dos Ctenuchidae. VI. Gênero *Tipulodes* Boisduval, 1832 (Lepidoptera). Arquivos do Museu Nacional, 42(2), 469-476, 1955.

Teston, J. A., Abreu, D. S.; Ferro, V. G. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) of the Brazilian Amazon. III – Subtribe Ctenuchina Kirby, 1837. Biota Neotropica, 19 (2), e20180673, 2019. Available from: <https://www.scielo.br/j/bn/a/q4P6cQRGKDtLBpgCrQmkPYv/?lang=en>. Accessed on: 03 Aug 2023.

6 CONCLUSÕES

As mariposas Arctiini (Erebidae), Saturniidae e Sphingidae exibiram diferentes padrões de distribuição nos gradientes vertical e temporal na Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós), possivelmente explicados pelos traços biológicos, morfológicos e ecológicos intrínsecos de cada grupo.

Nos estudos de estratificação vertical para Arctiini e Sphingidae foram evidenciadas diferenças entre os estratos em relação aos parâmetros faunísticos com destaque de maiores presenças de mariposas em estratos específicos, compreendendo o predomínio de Arctiini no estrato intermediário e Sphingidae no dossel. Arctiini constitui de espécies dispersivas, dotadas de estratégias e características próprias, que dentre estas podem possuir a presença ou não da espirotomba perfeitamente adaptada ao seu modo de alimentação na fase adulta. Estes atributos podem explicitar a significativa estratificação da fauna, com evidências de espécies de aparelho bucal reduzido maior no sub-bosque e de espécies com espirotomba desenvolvida predominante nos estratos superiores, sendo a preferência da maioria da comunidade em geral de Arctiini pelo estrato intermediário. Já os adultos de esfingídeos são exímios voadores com alto poder de dispersão e alimentação baseada em néctar que lhe permite viver por mais tempo e prestar serviços ambientais como polinizadores. Estas particularidades a respeito de Sphingidae são coerentes com a configuração da distribuição vertical apresentada com maior presença de seus representantes no dossel da floresta que dispõe de abundância recursos de alimentos (plantas com flores) neste estrato.

A riqueza e abundância de espécies de Arctiini, Saturniidae e Sphingidae apresentaram influência das variáveis meteorológicas. Este comportamento afetam a atividade de voo dessas mariposas, considerando que além do voo constituir de uma característica vantajosa as mariposas, outros mecanismos adaptativos adquiridos ao longo de suas linhagens possibilitaram a sua sobrevivência. O padrão de atividade de voo de mariposas Arctiini, Saturniidae e Sphingidae na FLONA do Tapajós apresentam preferências por horários específicos e distintos. A atividade de voo dessas mariposas envolve fatores intrínsecos (fisiologia e morfologia) e extrínsecos (ambientais). A atividade de espécies de Arctiini foi condicionada pela temperatura e algumas pelo modo de alimentação. A atividade de voo de saturnídeos e esfingídeos foi associada as características ligadas ao seu modo de vida e influência de variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento). No aspecto comportamental, fisiológico e morfológico os saturnídeos são ativos em busca de parceiros e locais de oviposição, visto que nesta fase não se alimentam, e apresentam baixa mobilidade com exceção de algumas espécies da subfamília Ceratocampinae que tem corpos e asas similares aos esfingídeos que supostamente suportam as variações de vento em estratos mais

abertos e superiores. Já os esfingídeos são voadores natos, velozes e altamente dispersivos devido a combinação da forte musculatura corporal e asas aerodinâmicas que melhoram a performance no voo como resistência a oscilação do vento, e são atributos pertinentes para favorecer o acasalamento, a oviposição, o forrageamento e a fuga de predadores.

Portanto, o aporte de subsídios gerados sobre estratificação vertical e atividade horária de voo da fauna de mariposas na FLONA do Tapajós já se concretizam por meio da divulgação dos presentes artigos científicos e futuras publicações, e estes já podem servir de base de informações a respeito do atual conhecimento e estado de conservação de lepidópteros nesta unidade. Além de conhecer a composição, riqueza e diversidade de espécies de mariposas na FLONA do Tapajós outros aspectos da fauna são informados, como a confirmação da existência de espécie (*Tipulodes rubriceps* Dognin, 1912) de ocorrência local duvidosa, a catalogação de novos registros de espécies (*Trichromia phaeocrota* (Dognin, 1911) e *Oodoptera guianensis* Laguerre, 2019) para a Amazônia brasileira e pela primeira vez aborda o conhecimento da fauna de Sphingidae. Desta forma, a FLONA do Tapajós não somente demonstra a sua relevância em ser uma das unidades de conservação mais estudada da região Norte do Brasil, mas pode nos revelar uma biodiversidade ainda maior com a ampliação do conhecimento de lepidópteros na Amazônia e assim reforçar a importância de sua conservação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFORD, D.V. **Agricultural Entomology**. Oxford, Blackwell Science, 1999. p. 320
- ALMEIDA, F.S.; GOMES, D.S.; QUEIROZ, J.M. Estratégias para a conservação da biodiversidade biológica em florestas fragmentadas. **Ambiência**, v. 7, n. 2, p. 367-382, 2011. <https://doi.org/10.5777/ambiencia.2011.02.01rb>
- ALMEIDA, L. P.; SPECHT, A.; TESTON, J. A. Fauna of Noctuidae (Lepidoptera: Noctuoidea) in a pasture area in Altamira, Eastern Amazon, Pará, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 4, p. 983-990, 2014.
- AMARAL, A.P.M.; RODRIGUES, F.H.S.; DEUS, C. S. S.L.; ATHAIDE, A. L.S.; LIMA, C.S., TINÔCO, R.S.; *et al.* Biomorphometry of *Automeris liberia* Cramer (Lepidoptera: Saturniidae) in oil palm in the Amazon. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, n. 2, p. 797-808, 2022. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n2p797>
- AMORIM, D.; BROWN, B. V.; BOSCOLO, D.; ALE-ROCHA, R.; ALVAREZ-GARCIA, D.M.; BALBI, M.I.; *et al.* Vertical stratification of insect abundance and species richness in an Amazonian tropical forest. **Scientific reports**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05677-y>
- AMORIM, F.W.; ÁVILA JR, R.S. de; CAMARGO, A. J. A. de; VIEIRA, A. L.; OLIVEIRA, P. E. A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. **Journal of Biogeography**, v. 36, p. 662–674, 2009. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05677-y>
- ANCAJIMA, G.P.; NEYRA-HIDALGO, D.A. Los Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) atraídos por *Heliotropium* sp.(heliotropiaceae) en la Estación Biológica José Álvarez Alonso, Iquitos, Perú. **Folia Amazónica**, v. 30, n. 1, p. 61-69, 2021. <https://doi.org/10.24841/fa.v30i1.535>
- ANDRÉ, T.; ALMEIDA, T.E.; MORTATI, A.F.; COSTA, F.R.C. Diversidade de ervas terrestres da Floresta Nacional do Tapajós. In: BROCARD, C.R.; GIACOMIN, L.L. (Orgs.) **Biodiversidade na Floresta Nacional do Tapajós e na Reserva Extrativista Tapajós - Arapiuns**. UFOPA, Santarém, Pará, 2021. p. 441
- BARCELLOS, B.D.; MIELKE, C.; SOUZA, F.D.; FERREIRA, L.; MARTINS, D.D.S.; FERREIRA, P.S.F.; NOGUEIRA, B.C.F. Seasonal analysis of Saturniidae (Insecta: Lepidoptera: Bombycoidea) in a remaining Atlantic Forest in the State of Espírito Santo, Brazil. **Revista Chilena de Entomología**, v. 48, n. 1, p. 107-123, 2022. <https://doi.org/10.35249/rche.48.1.22.10>
- BASHAM, E.W.; BAECHE, J.A.; KLINGES, D.H.; SCHEFFERS, B.R. Vertical stratification patterns of tropical forest vertebrates: a meta-analysis. **Biological Reviews**, v. 98, n. 1, p. 99-114, 2023. <https://doi.org/10.1111/brv.12896>
- BASSET, Y.; ABERLENC, H. P.; BARRIOS, H.; CURLETTI, G.; BÉRENGER, J. M., VESCO, J. P.; *et al.* Stratification and diel activity of arthropods in a lowland rainforest in Gabon. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 72, n. 4, p. 585-607, 2001.
- BASSET, Y.; HAMMOND, P.; BARRIOS, H.; HOLLOWAY, J. D.; MILLER, S. E. Vertical stratification of arthropod assemblages. In: BASSET, Y.; NOVOTNY, V.; MILLER, S. E.; KITCHING, R. L. (Eds.). **Arthropods of tropical forests – spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy**. Cambridge, 2003, p. 17-27.
- BECCALONI, G.W. Vertical stratification of ithomiine butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae) mimicry complexes: The relationship between adult flight height and larval host-plant height. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 62, p. 313–341, 1997.

- BECK, J.; SCHULZE, C.H. Diversity of fruit-feeding butterflies (Nymphalidae) along a gradient of tropical rainforest succession in Borneo with some remarks on the problem of 'pseudoreplicates'. **Transactions of the Lepidopterological Society of Japan**, v. 51, p. 89-98, 2000.
- BECK, J.; LINSENMAIR, K. E.; FIEDLER, K. From forest to farmland: Diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 33-51, 2002.
- BRAGA, L.; DINIZ, I. R. The abundance of specialist and generalist lepidopteran larvae on a single host plant species: Does spatial scale matter? **Florida entomologist**, v. 98, n. 3, p. 954-961, 2015. <https://doi.org/10.1653/024.098.0323>
- BRAGA, L.; DINIZ, I.R. Can Saturniidae moths be bioindicators? Spatial and temporal distribution in the Brazilian savannah. **Journal of Insect Conservation**, v. 22, n. 3, p. 487-497, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0076-6>
- BRANCO, A.F.V.C.; LIMA, P.V.P.S.; MEDEIROS FILHO, E.S.; COSTA, B.M.G.; PEREIRA, T.P. Avaliação da perda da biodiversidade na Mata Atlântica. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 31, n. 4, p. 1885-1909, 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509853310>
- BREHM, G. Contrasting patterns of vertical stratification in two moth families in a Costa Rican lowland rain forest. Elsevier. **Basic and Applied Ecology**, v. 8, p. 44-54, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.02.002>
- BREHM, G. Patterns of arctiid diversity. *In*: CONNER, E. (Ed.). **Tiger moths and woolly bears: behaviour, ecology, and evolution of the Arctiidae**. Oxford, New York, Oxford University Press, 2009. p.p. 223-232.
- BREHM, G. Diversity of geometrid moths in two Neotropical rain forests. *In*: RUIJNZEEL, L.A.; SCATENA, F.M.; HAMILTON, L.S. (Eds). **Tropical montane cloud forests. Science for Conservation and Management**. Cambridge, Cambridge University Press, 2010. p.p. 192-196.
- BREHM, G.; ZEUSS, D.; COLWELL, R.K. Moth body size increases with elevation along a complete tropical elevational gradient for two hyperdiverse clades. **Ecography**, v. 42, n. 4, p. 632-642, 2019. <https://doi.org/10.1111/ecog.03917>
- BREHM, G.; NIERMANN, J.; JAIMES NINO, L.M.; ENSELING, D.; JÜSTEL, T.; AXMACHER, J.C.; WARRANT, E.; FIEDLER, K. Moths are strongly attracted to ultraviolet and blue radiation. **Insect Conservation and Diversity**, v. 14, n. 2, p. 188-198, 2021. <https://doi.org/10.1111/icad.12476>
- BROWN JR., K.S.; FREITAS, A.V.L. Lepidoptera. *In*: BRANDÃO, C.R.F.; CANCELLO, E. M. (Eds.) **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Invertebrados terrestres**. São Paulo, FADESP, 1999. p.p. 227-243.
- CÂMARA, J.T.; ROCHA, J.R.B.; PEREIRA, S. Sphingidae (Lepidoptera) ocorrentes no leste do Maranhão, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 11, n. 3, p. 209-215, 2018. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v11i3.793>
- CAMARGO, A.J.A.; SCHMIDT, K. **Efeitos da fragmentação sobre a diversidade de saturniidae (Lepidoptera) em isolados naturais e antrópicos de Cerrado**. 1 ed. Planaltina - DF, Embrapa Cerrados, 2009. p. 30
- CAMARGO, A.J.A.; CAMARGO, W.R.F.; CORRÊA, D.C.V. Saturniidae (Lepidoptera): Panorama geral sobre o esforço amostral, biodiversidade e compartilhamento de espécies entre biomas brasileiros. *In*: ENCUESTRO DE LEPIDOPTERA NEOTROPICALES,

4., 2012, Montevideo. **Resúmenes IV Encuentro de Lepidoptera Neotropicales**. Montevideo: Facultad de Ciencias - Udelar, . p. 3-4.

CAMARGO, J.A.; CAMARGO, N.F.; CORRÊA, D.C.V.; CAMARGO, W.R.F.; VIEIRA, E.K.M.; MARINI-FILHO, O.; AMORIM, F.W. Diversity patterns and chronobiology of hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) in the Brazilian Amazon rainforest. **Journal of Insect Conservation**, v. 20, p. 629–641, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9894-6>

CAMARGO, A.J.A.; DUARTE, M.; MIELKE, C.G.C.; SANTOS, F.L. Saturniidae. *In*: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD, 2022 Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2727>. Acesso em: 15/07/2022

CAMPELO, J.C.; CORRÊA, J.C.S.L.; FREITAS, R.S.; TESTON, J.A. Estratificação vertical de Saturniidae (Insecta, Lepidoptera) em área de floresta ombrófila densa na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 10, n. 3, p. 29-35, 2020. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n3p29-35>

CAMPELO, J.C.; TESTON, J.A. Sazonalidade de Saturniidae (Lepidoptera, Bombycoidea) em dois estratos florestais na Floresta Nacional do Tapajós. **Biodiversidade**, v. 20, n. 1, p. 49-67, 2021.

CAMPOS, R. I.; VASCONCELOS, H. L.; RIBEIRO, S. P.; NEVES, F. S. & SOARES, J. P. 2006. Relationship between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. **Ecography**, v. 29, n. 3, p. 442-450, 2006.

CAMPOS, R.I.; LOPES, C.T.; MAGALHÃES, W.C.S.; VASCONCELOS, H. Estratificação vertical de formigas em Cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. **Iheringia. Série Zoológica**, v. 98, n. 3, p. 311-316, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000300004>

CAPINERA, J.L. **Encyclopedia of Entomology**. Gainesville, University of Florida, 2008. p. 4.346

CARDOSO, J.T. A Mata Atlântica e sua conservação. **Revista Encontros Teológicos**, v. 31, n. 3, p. 441-458, 2016.

CHMEL, K.; RIEGERT, J.; PAUL, L.; NOVOTNÝ, V. Vertical stratification of an avian community in New Guinean tropical rainforest. **Population Ecology**, v. 58, n. 4, p. 535-547, 2016.

CONCEIÇÃO, A.C.W.; TESTON, J.A. Temporal variation and ecological parameters of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in savannahs in the Alter do Chão protection area, Santarém, Pará, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 42, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v42i2.49064>

CONNER, W.E.; HRISTOV, N.I.; BARBER, J.R. Sound strategies: acoustic aposematism, startle, and sonar jamming. *In*: CONNER, W. E. (Ed.). **Tiger moths and woolly bears: behaviour, ecology and evolution of Arctiidae**. Oxford, Oxford University Press, 2009. p.p. 177-192

CORCORAN, A.J.; BARBER, J.R.; HRISTOV, N.I.; CONNER, W.E. How do tiger moths jam bat sonar? **Journal of Experimental Biology**, v. 214, n. 14, p. 2416-2425, 2011. <https://doi.org/10.1242/jeb.054783>

CORDEIRO, A (Coord.). **Plano de Manejo Floresta Nacional do Tapajós: A transformação para conservar está em nossas mãos**. IBAMA, Rio de Janeiro: MMA, 2005. p. 200

- CORREA-CARMONA, Y.; ROUGERIE, R.; ARNAL, P.; BALLESTEROS-MEJIA, L., BECK, J.; DOLÉDEC, S.; *et al.* DECAËNS, T. Functional and taxonomic responses of tropical moth communities to deforestation. **Insect Conservation and Diversity**, v. 15, n. 2, p. 236-247, 2022. <https://doi.org/10.1111/icad.12549>
- COSTA LIMA, A. M. **Insetos do Brasil. Lepidópteros**. 6º tomo. 2ª parte. Escola Nacional de Agronomia. Série Didática, n. 8, 1950. p. 420
- COSTA, E.C.; D'ÁVILA, M.; CANTARELLI, E.B.; MURARI, A.B. **Entomologia Florestal**. 2 ed. Santa Maria, UFSM, 2011. p. 244
- DARRAULT, R.O.; SCHLINDWEIN, C. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, Nordeste do Brasil: Abundância, Riqueza e Relação com Plantas Esfingófilas. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 2, p. 429-443, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000200009>
- DECAËNS, T.; BÉNÉLUZ, F.; BALLESTEROS-MEJIA, L.; BONILLA, D.; ROUGERIE, R. Description of three new species of *Automeris* Hübner, 1819 from colombia and brazil (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). **ZooKeys**, v. 1031, p. 183-204, 2021. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1031.56035>
- DELFINA, M.C.; TESTON, J.A. Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) ocorrentes em uma área de pastagem na Amazônia Oriental em Altamira, Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 81-90, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000100010>
- DEVRIES P.J. Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. **Journal of Research on the Lepidoptera**, v. 26, p. 98–108, 1988.
- DEVRIES, P. J.; MURRAY, D.; LANDE, R. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. **Biological Journal of the Linnean Society**, 62, p. 343–364, 1997.
- DEVRIES, P.J.; WALLA, T.; GREENEY, H.F. Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruitfeeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 68, p. 333–353, 1999.
- DEVRIES, P.J.; WALLA, T. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 74, p. 1-15, 2001.
- DIAS-LIMA, A.; BERMÚDEZ, E.C.; MEDEIROS, J.F.D.; SHERLOCK, I. Estratificação vertical da fauna de flebótomos (Diptera, Psychodidae) numa floresta primária de terra firme da Amazônia Central, Estado do Amazonas, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 3, p. 823-832, 2002.
- DIWAKAR, S.; BALAKRISHNAN, R. Vertical stratification in an acoustically communicating ensiferan assemblage of a tropical evergreen forest in southern India. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, n. 4, p. 479-486, 2007.
- DOMINGUES, M.S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & sociedade**, v. 15, p. 1-22, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000200002>
- DUARTE, J. S.; MOTTA, C. S.; LOURIDO, G. M. Primeiro registro de *Phanoxyla hystrix* (R. Felder, [1874]) (Lepidoptera, Sphingidae) para o Estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 225-228, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100025>
- DUARTE, M.; MARCONATO, G.; SPECHT, A.; CASAGRANDE, M.M. Lepidoptera. *In*: RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R.; CARVALHO, C.J.B.; CASARI, S.A.;

- CONSTATINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. 1 ed. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2012. p.p. 625-682
- FERMON, H.; WALTERT, M.; VANE-WRIGHT, R. I.; MÜHLENBERG, M. Forest use and vertical stratification in fruit-feeding butterflies of Sulawesi, Indonesia: impacts for conservation. **Biodiversity & Conservation**, v. 14, p. 333-350, 2005.
- FERREIRA, A.M.M; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos avançados**, v. 19, n. 54, p. 25-44, 2005.
- FERRO, V.G.; DINIZ, I.R. Riqueza e composição das mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado. *In*: DINIZ, I.R.; MARINHO-FILHO, J.; MACHADO, R.B.; CAVALCANTI, R. (Eds.). **Cerrado: conhecimento quantitativo como subsídio para as ações de conservação**. Brasília, Editora Thesaurus, 2010. p.p. 255-313
- FERRO, V.G.; TESTON, J.A. Composição de espécies de Arctiidae (Lepidoptera) no sul do Brasil: relação entre tipos de vegetação e entre a configuração espacial do hábitat. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 2, p. 278-286, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000200010>
- FERRO, V.G.; RESENDAL, I.M.H.; DUARTE, M. Mariposas Arctiinae (Lepidoptera: Erebididae) do estado de Santa Catarina, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 4, p. 166-180, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032012000400018>
- FERRO, V.G.; LEMES, P.; MELO, A.S.; LOYOLA, R. The reduced effectiveness of protected areas under climate change threatens Atlantic Forest tiger moths. **PLoS One**, v. 9, n. 9, p. e107792, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107792>
- FINOL, U.H. La Silvicultura en la Orinoquia Venezolana. **Revista Forestal Venezolana Mérida**, v.15, n. 25, p. 37-114, 1975.
- FISK, F.W.; PEREZ, R.P. Flight activity on the sugar cane borer, *Diatraea saccharalis*, in Puerto Rico. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 53, n. 2, p. 93-99, 1969.
- FORBES, A.A.; BAGLEY, R.K.; BEER, M.A.; HIPPEE, A.C.; WIDMAYER, H.A. Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. **BMC ecology**, v. 18, p. 1-11, 2018.
- FREITAS, Margarida Pereira de. **Estratificação vertical de Arctiini (Lepidoptera, Erebididae, Arctiinae) na Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Oriental, Pará, Brasil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, 2014.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.; BERTI FILHO, E.; VENDRAMIM, J. **Entomologia Agrícola**. São Paulo, Ceres, 2002. p. 920
- GANEM, R. **Conservação da Biodiversidade e Políticas Públicas**. 2 vol. Brasília, Câmara, 2011. p. 437.
- GONÇALVES, T.T.; LOUZADA, J.N.C. Estratificação vertical de coleópteros carpófilos (Insecta: Coleoptera) em fragmentos florestais do sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Ecología austral**, v. 15, n. 1, p. 101-110, 2005.
- GONZALEZ, J.C.T.; DE GUIA, A.P.O.; DIMALIBOT, J.C.; PANTUA, K.V.; GUSTILO, W.O.; BANTAYAN, N.C. Understorey to canopy vertebrate fauna of a lowland evergreen forest in Mt. Makiling Forest Reserve, Philippines. **Biodiversity Data Journal**, v. 8, e56999, 2020.

- GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. **Evolution of the Insects**. New York, Cambridge University Press, 2005. p. 772
- GRIMBACHER, P.S.; STORK, N.E. Seasonality of a diverse beetle assemblage inhabiting lowland tropical rain forest in Australia. **Biotropica**, v. 41, n. 3, p. 328-337, 2009.
- GULLAN, P.J; CRANSTON, P.S. **Insetos - Fundamentos da Entomologia**. 5 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2017. p. 400
- GUSMÃO, M.A.B.; CREÃO-DUARTE, A.J. Diversidade e análise faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em área de brejo e caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 3, p. 491-498, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000300011>
- HADDAD, N.M.; BRUDVIG, L.A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K.F.; GONZALEZ, A., HOLT, R.D.; *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, e1500052, 2015. <https://doi.org/110.1126/sciadv.1500052>
- HAWES, J.; MOTTA, C.S.; OVERAL, W.L.; BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; PERES, C. A. Diversity and composition of Amazonian moths in primary, secondary and plantation forest. **Journal of Tropical Ecology**. v. 25, p. 281-300, 2009. <https://doi.org/10.1017/S0266467409006038>
- HAXAIRE, J. Deux nouvelles espèces de Sphinx brésiliens (Lepidoptera Sphingidae). **European Entomologist**, v. 2, p. 7-17, 2009.
- HEPPNER, J.B. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. **Tropical Lepidoptera**, v.2, (Suppl. 1), 1991.
- HEPPNER, J.B. Classification of Lepidoptera: Part I. Introduction. **Tropical Lepidoptera**, v. 5 (suppl. 1), p. 1-148, 1998.
- HEPPNER, J.B. Moths (Lepidoptera: Heterocera). *In*: CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of Entomology**. Gainesville, University of Florida, 2008. p.p. 2491-2494
- HILL, J.K.; HAMER, K.C.; TANGAH, J.; DAWOOD, M. Ecology of tropical butterflies in rainforest gaps. **Oecologia**, v. 28, p. 294-302, 2001.
- HILTON, D.R.S.E.; JAPYASSÚ, F. Coexistência entre predadores: Estratificação vertical de teias em duas espécies de aranhas congêneras (Araneae: Theridiidae). **Revista de Etologia**, v. 3, n. 2, p. 137-144, 2001.
- HIRST, A.J. Vertical stratification of mobile epiphytal arthropod assemblages between the canopy and understorey of subtidal macroalgae. **Marine Biology**, v. 150, p. 427-441, 2007.
- HOGUE, C.L. **Latin American insects e entomology**. California, University of California Press, 1993. p. 536
- HOSSLER, E.W. Caterpillars and moths. **Dermatologic therapy**, v. 22, n. 4, p. 353-366, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2009.01247.x>
- IBGE. **Geoestatísticas de Recursos Naturais da Amazônia Legal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, IBGE, 2011. p. 249
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós**. Volume II. Brasília, 2019. p.144
- INTACHAT, J.; HOLLOWAY, J.D. Is there stratification in diversity or preferred flight height of geometroid moths in Malaysian lowland tropical forest? **Biodiversity and Conservation**, v. 9, p. 1417-1439, 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1008926814229>

- JACKSON, T.H.E. Entomological studies from a high tower in Mpanga Forest, Uganda. IX Observations on Lepidoptera (Rhopalocera). **Transactions of the Royal Entomological Society London**, v. 113, n.11, p. 346–350, 1961.
- JANZEN, D.H. Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. *In*: DAWKINS, R.; RIDLEY, M (Ed.) **Surveys in Evolutionary Biology** volume 1. United Kingdom, Oxford University Press, 1984. pp 85-139
- KATO, M.; INOUE, T.; HAMID, A.A.; NAGAMITSU, T.; MERDEK, M.B.; NONA, A.R.; ITINO, T.; YAMAME, S.; YUMOTO, T. Seasonality and vertical structure of light-attracted insect communities in a dipterocarp forest in Sarawak. **Researches on Population Ecology**, v. 37, p. 59-79, 1995.
- KITCHING, I.J.; CADIOU, J.M. **Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae)**. New York, Cornell University Press, 2000. p. 256
- KITCHING, I.J.; RAWLINS, J.E. The Noctuoidea. *In*: KRISTENSEN, N. P. (Ed.) Lepidoptera, Moths and butterflies. Volume 1: Evolution, systematics, and biogeography. *In*: **Handbook of Zoology**. Volume IV: Arthropoda, Insecta. FISCHER, M. (ed.). Berlin: de Gruyter, 1999. p.p. 355-401
- LAFONTAINE, J.D.; SCHMIDT, B.C. Annotated check list of the Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) of North America north of Mexico. **ZooKeys**, v. 40, p. 1-239, 2010.
- LAMARRE, G.P.A.; MENDOZA, I.; ROUGERIE, R.; DECAËNS, T.; HÉRAULT, B.; BENELUZ, F. Stay out (almost) all night: contrasting responses in flight activity among tropical moth assemblages. **Neotropical entomology**, v. 44, n. 2, p. 109-115, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0264-3>
- LAMARRE, G.P.; DECAËNS, T.; ROUGERIE, R.; BARBUT, J.; DEWAARD, J.R.; HEBERT, P.D.; *et al.* An integrative taxonomy approach unveils unknown and threatened moth species in Amazonian rainforest fragments. **Insect conservation and diversity**, v. 9, n. 5, p. 475-479, 2016. <https://doi.org/10.1111/icad.12187>
- LEMAIRE, C.; MINET, J. The Bombycoidea and their relatives. *In*: KRISTENSEN, N.P. (Ed.) **Lepidoptera: moths and butterflies: evolution, systematics and biogeography**. New York, Walter de Gruyter Inc., 1998. p.p. 321-353.
- LOURIDO, G.M.; MOTTA, C.D.S.; RAFAEL, J.A.; MORAIS, J.W.D.; XAVIER FILHO, F. F. Hedyliidae (Lepidoptera: Hedyloidea) coletados à luz a 40 metros de altura no dossel da floresta da Estação Experimental de Silvicultura Tropical em Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 2, p. 329-332, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000200017>
- LOURIDO, G.M.; MOTTA, C.D.S.; GRACA, M.B.; RAFAEL, J.A. Diversity patterns of hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in the canopy of an ombrophilous forest in Central Amazon, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 48, n.2, p. 117-125, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201704721>
- MACÊDO FILHO, H.F. Análise da perda de cobertura vegetal entre 2010 e 2020 a partir dos dados de focos de calor registrados na Amazônia Legal. **Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 3, n. 3, p. 127-141, 2021. <https://doi.org/10.46636/recital.v3i3.219>
- MATTHEWS, R.W.; MATTHEWS, J.R. **Insect Behavior**. New York, Springer, 2010. p. 514
- MENESES, A.R.; BEVILAQUA, M.V.O.; HAMADA, N.; QUERINO, R.B. The aquatic habit and host plants of *Paracles klagesi* (Rothschild) (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) in Brazil.

Revista Brasileira de Entomologia, v. 57, n.3, p. 350-352, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262013005000025>

MINET, J. The Bombycoidea: phylogeny and higher classification (Lepidoptera: Glossata). **Insect Systematics & Evolution**, v. 25, n. 1, p. 63-88, 1994.

MONTERO-MUÑOZ, J.L.; POZO, C.; CEPEDA-GONZÁLEZ, M. F. Recambio temporal de especies de lepidópteros nocturnos en función de la temperatura y la humedad en una zona de selva caducifolia en Yucatán, México. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 29, n. 3, p. 614-628, 2013.

MORATO, E.F. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação vertical. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, p. 737-747, 2001.

MORENO, C.; CIANCIARUSO, M.V.; SGARBI, L. F.; FERRO, V.G. Richness and composition of tiger moths (Erebidae: Arctiinae) in a Neotropical savanna: are heterogeneous habitats richer in species? **Natureza & Conservação**, v. 12, n. 2, p. 138- 143, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2014.09.006>

MORENO, C.; BARBOSA, A.S.; FERRO, V.G. Abundance and richness of Arctiinae moths throughout the night in a Cerrado area. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 2, e20201041, 2021. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1041>

MOSS, A.M. Sphingidae of Pará, Brazil. **Novitates Zoologicae**, v. 27, p. 333-424, 1920.

MOTTA, C.S.; FERREIRA, R.L.M.; AGUIAR, N.O. Sobre a esfingofauna da ilha de Maracá e da serra de Pacaraima, Roraima (Lepidoptera, Sphingidae). **Acta Amazonica**, v. 21, p. 319-324, 1991.

MOTTA, C.S.; SOARES, A. *Baniwa yavitensis* Lichy, 1981 (Lepidoptera: Sphingidae) na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 27, n. 4, p. 303-308, 1997.

MOTTA, C.S.; AGUILERA-PERALTA, F.J.; ANDREAZZE, R. Aspectos da Esfingiofauna (Lepidoptera, Sphingidae), em área de terra-firme, no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 1, p. 75-92, 1998. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998281092>

MOTTA, C.S. Ginandromorfo de *Arsenura armida* (Cramer) de Querari, São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brasil (Lepidoptera, Saturniidae, Arsenurinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 17, p. 555-556, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752000000200025>

MOTTA, C.S.; ANDREAZZE, R. Esfingiofauna (Lepidoptera, Sphingidae) do Parque Nacional do Jaú e Arredores, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 4, p. 643-654, 2001. <https://doi.org/10.1590/1809-43922001314654>

MOTTA, C.S.; ANDREAZZE, R. Sphingidae (Lepidoptera) de Querari, São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brasil. **Entomologia y Vectores**, v. 9, n. 3, p. 329-337, 2002.

MOTTA, C.S.; XAVIER FILHO, F.F. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do município de Beruri, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 457-462, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000400010>

NIERMANN, J.; BREHM, G. The number of moths caught by light traps is affected more by microhabitat than the type of UV lamp used in a grassland habitat. **European Journal of Entomology**, v. 119, n. 1, p. 36-42, 2022. <https://doi.org/10.14411/eje.2022.004>

OLIVEIRA, M.A.; GOMES, C.F.F.; PIRES, E.M.; MARINHO, C.G.S.; DELLA LUCIA, T.M.C. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, n. 7, p. 800 – 807, 2014. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000005>

ORLANDIN, E. **Saturniidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2727>>. Acesso em: 11/11/2023.

ORLANDIN, E.; DIAS, F.M.S. **Sphingidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2172>>. Acesso em: 11/11/2023.

PAPAGEORGIS, C. Mimicry in neotropical butterflies. **American Scientist**, v. 63, p. 522–532, 1975.

PARREIRA, D.S.; ZANUNCIO, J.C.; MIELKE, O.H.H.; WILCKEN, C.F.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, T.V. *Periphoba hircia* (Lepidoptera: Saturniidae) defoliating plants of *Acacia mangium* in the State of Roraima, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 1, p. 325-328, 2014. <https://doi.org/10.1653/024.097.0153>

PERSSON, B. Influence of weather and nocturnal illumination on the activity and abundance of populations of noctuids (Lepidoptera) in south coastal Queensland. **Bulletin of Entomological Research**, v. 66, p. 33-36, 1976.

PIÑAS RUBIO, F.; RAB-GREEN, S.; ONORE, G.; MANZANO, I. **Mariposas del Ecuador. Vol. 20. Familia: Arctiidae Subfamilias: Arctiinae y Pericopinae**. Quito, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2000. p. 32

POWELL, J.A. Lepidoptera (Moths, Butterflies). In: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. **Encyclopedia of Insects**. California, Oxford Elsevier, 2009. p.p. 559-587

PREVEDELLO, J. A.; FERREIRA, P.; PAPI, B.S.; LORETTO, D.; VIEIRA, M. V. Uso do espaço vertical por pequenos mamíferos no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ: um estudo de 10 anos utilizando três métodos de amostragem. **Revista Espaço e Geografia**, v. 11, n. 1, p. 35-58, 2008.

PRIMO, L.M.; DUARTE, J.A.; MACHADO, I.C. Hawkmoth fauna (Sphingidae, Lepidoptera) in a semi-deciduous rainforest remnant: composition, temporal fluctuations, and new records for northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 3, p. 1177-1188, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000300017>

PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. São Paulo, UNESP, 2008. p. 496

RABL, D.; GOTTSBERGER, B.; BREHM, G.; HOFHANSL, F.; FIEDLER, K. Moth assemblages in Costa Rica rain forest mirror small-scale topographic heterogeneity. **Biotropica**, v. 52, n. 2, p. 288-301, 2020. <https://doi.org/10.1111/btp.12677>

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTATINO, R. **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2012. p. 720

RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. **Encyclopedia of Insects**. California, Oxford Elsevier, 2009. p. 1.168

RICHARDS, P.W. **The tropical rain forest: an ecological study**. Cambridge University Press, Cambridge, 1996. p. 575

ROBINSON, W.H. **Urban insects and arachnids: a handbook of urban entomology**. New York, Cambridge University Press, 2005. p. 482

RODRIGUES, C.F.A.; PINTO, M.V.P.; MOTA, M.H.; SOARES, A.R.R. Caracterização da Estrutura Florística da Área Experimental de Manejo Florestal km 114, FLONA do Tapajós: Área Explorada e Não Explorada. In: **19º Seminário de Iniciação Científica e III Seminário de Pós-graduação da Embrapa Amazônia Oriental**. Anais... Bélem, 2015. p. 50 – 54

ROTHSCHILD, W.; JORDAN, K. List of the Sphingidae collected by the late W. Hoffmanns at Allianca, Rio Madeira, Amazonas. **Novitates Zoologicae**, v.17, p. 444-455, 1910.

- ROUGERIE, R.; LAGUERRE, M. Un cas remarquable de dimorphisme sexuel révélé par les codes barres ADN chez une arctiide néotropical (Lepidoptera: Arctiidae). *In: Anales de la Société entomologique de France*. Taylor & Francis Group, 2010. p.p. 477-480
- RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 27-35, 2005.
- SANTOS, F.L.; CASAGRANDE, M.M.; MIELKE, O.H.H. Saturniidae and Sphingidae (Lepidoptera, Bombycoidea) assemblage in Vossoroça, Tijucas do Sul, Paraná, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, p. 843-860, 2015. <https://doi.org/10.1590/0001-376520152014036>
- SANTOS, J.H.A.; OLIVEIRA, S.S.; ALVES, E.C.; SILVA, I.M., SACHETT, J.A., TAVARES, A., *et al.* Severe hemorrhagic syndrome after *Lonomia* caterpillar invenomation in the western Brazilian Amazon: how many more cases are there? **Wilderness & Environmental Medicine**, v. 28, n. 1, p. 46-50, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.11.001>
- SANTOS, P.J.; MARINI - FILHO, J.O.; FREITAS, A.V.L.; UEHARA-PRADO. Monitoramento de borboletas: o papel de um indicador biológico na gestão de unidades de conservação. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 87-99, 2016. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.569>
- SANTOS, R.S.; GONÇALVES, R.C. Infestação de *Lonomia* sp. (LEPIDOPTERA: SATURNIIDAE) em seringal de cultivo no estado do Acre. Rio Branco- AC. **Agrotropica**, v. 27, n. 1, p. 83 - 86, 2015.
- SANTOS, R.S.; GONÇALVES, R.C.; NOGUEIRA, S.R. **Ataque de *Lonomia* sp. (Lepidoptera: Saturniidae) em seringueira no município de Bujari, AC**. Rio Branco- AC, Embrapa Acre-Nota Técnica/Nota Científica, 2015. p. 24
- SCHERRER, S.; FERRO, V.G.; RAMOS, M.N.; DINIZ, I.R. Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two Cerrado vegetation types. **Zoologia**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 200-210, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702013000200010>
- SCHULZE, C.H.; FIEDLER, K. Patterns of diversity and vertical stratification in hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of a Bornean rain forest. **Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie**, v. 11, p. 767-770, 1997.
- SCHULZE, C. H.; LINSENMAIR, K. E.; FIEDLER, K. Understorey versus canopy: Patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rain forest. **Plant Ecology**, v. 153, p. 133-152, 2001. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3606-0_11
- SCHULZE, C. H.; FIEDLER, K. Vertical and temporal diversity of a species-rich moth táxon in Borneo. *In*: BASSET, Y.; NOVOTNY, V.; MILLER, S. E.; KITCHING, R. L. (Eds.). **Arthropods of tropical forests – spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy**. Cambridge, 2003, p.p. 69-85
- SCOBLE, M. J. **The Lepidoptera: form, function and diversity**. New York, Oxford University Press, 1995. p. 404
- SILVA, F. I. T.; TAVARES, P.V. O desmatamento na floresta amazônica brasileira: de 2010 a 2020. **Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**, v. 1, n. 5, p. 100-111, 2021.
- SILVEIRA NETO, S.O.; LARA, F.M.; IGUE, T.; CARRÃO, C.A.B. Periodicidade de vôo de alguns noctuídeos praga determinada com armadilha luminosa automática. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.4, n.1, p. 3-11. 1975.
- SILVEIRA NETO, S.O.; NAKANO, O.; BARBOSA, D.; VILA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ed. Agrônômica Ceres, 1976. p. 419

SILVEIRA NETO, S.; LARA, F.M.; BORTOLI, S.A. Determinação da periodicidade de vôo de certos lepidópteros pragas, com auxílio de armadilha luminosa. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 6, n. 2, p. 203-214, 1977.

SIMMONS, R.B.; WELLER, S.J. What kind of signals do mimetic tiger moths send? A phylogenetic test of wasp mimicry systems (Lepidoptera: Arctiidae: Euchromiini). **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1495, p. 983-990, 2002. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.1970>

SNODGRASS, R.E. **Principles of insect morphology**. London, Cornell University Press, 1935. p. 667

SORENSEN, L.L. Stratification of the spider fauna in a Tanzanian forest. *In*: BASSET, Y.; NOVOTNY, V.; MILLER, S.E.; KITCHING, R.L.(Eds.). **Arthropods of tropical forests. Spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy**. Cambridge, Cambridge University Press, 2003. p.p. 92–101

SOURAKOV, A. Pyrrolizidine alkaloids and tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae). *In*: CAPINERA, J.L. **Encyclopedia of Entomology**. Gainesville, University of Florida, 2008. p.p. 3094-3095

SOUZA, D.R.; SOUZA, A.L. Estratificação vertical em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v. 28, p. 691-698, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000500008>

STEHR, F.W. **Immature Insects**. Kendall, Hunt Publishing, 1991. p. 745

STEWART, P.A.; LAM, J. J. Hourly and Seasonal Collections of Six Harmful Insects in Traps Equipped with Black light Lamps. **Journal of Economic Entomology**, v. 62, n. 1, p. 100-102, 1969.

TANABE, S.I. Between-forest variation in vertical stratification of drosophilid populations. **Ecological Entomology**, v. 27, n. 6, 720–731, 2002.

TANGAH, J.; HILL, J.K.; HAMER, K.C.; DAWOOD, M.M. Vertical distribution of fruit-feeding butterflies in Sabah, Borneo. **Sepilok Bulletin**, v. 1, n. 17, p. 17-27, 2004.

TESTON, J.A.; DELFINA, M.C. Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) em área alterada em Altamira, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 2, p. 387-396, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200017>

TESTON, J.A.; NOVAES, J.B.; ALMEIDA JÚNIOR, J.O.B. Abundância, Composição e Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) em um fragmento de floresta na Amazônia Oriental em Altamira, PA, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 105-114, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100013>

TESTON, J.A.; CORREA D.C.V. The Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) fauna of the Serra do Pardo National Park, Pará, Brazil. **Check List**, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2015. <https://doi.org/10.15560/11.2.1613>

TESTON, J.A.; FREITAS, M.P. First record of two species of *Gorgonidia* Dyar, 1898 (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae) from Brazil. **Check List**, v. 11, n. 3, p. 1-3, 2015. <https://doi.org/10.15560/11.3.1651>

TESTON, J.A.; CONCEIÇÃO, A.C.W.; VALENTE, D.M.P.; FREITAS, M.P. First record of *Araeomolis propinqua* Toulgoët, 1998 (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) from Brazil. **Check List**, v. 12, n. 3, p. 1-3, 2016a. <https://doi.org/10.15560/12.3.1901>

TESTON, J.A.; FERRO, V.G. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) of the Brazilian Amazon. II - Subtribe Pericopina Walker, [1865]. **Check List**, v. 12, n. 6, p.1-7, 2016b. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-0989>

TESTON, J.A. First record of *Toulgoetarctia nigripuncta* (Joicey & Talbot, 1918) (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae) from Brazil. **Check List**, v. 13, n. 4, p. 289-291, 2017. <https://doi.org/10.15560/13.4.289>

TESTON, J.A.; ABREU, D.S.; FERRO, V.G. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) of the Brazilian Amazon. III – Subtribe Ctenuchina Kirby, 1837. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 2, p. 1-19, 2019a. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0673>

TESTON, J.A.; CAMPELO, J.C.; LOPES, A.M.C.; SPECHT, A. First record of *Utetheisa pulchella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Erebidae: Arctiinae) in Brazilian Amazon: implications for conservation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 1, p. 1-4, 2019b. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180262>

TESTON, J.A.; FERRO, V.G. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) of the Brazilian Amazon. IV - Subtribe Euchromiina Butler, 1876. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 4, p. 1-16, 2019. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0747>

TESTON, J. A.; DE FREITAS, M. P.; DA CONCEIÇÃO, A. C. W.; VALENTE, D. M. P. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) of the Amazônia National Park, Pará, Brazil. **Biotemas**, v. 33, n. 3, p. 1-14, 2020.

TESTON, J.A.; FERRO, V.G. Arctiini Leach, [1815] (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) of the Brazilian Amazon. V – Subtribes Arctiina Leach, [1815], Callimorphina Walker, [1865] and Spilosomina Seitz, 1910. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 3, p. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-0989>

TESTON, J.A. Padrão de atividade de voo noturno de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Noctuoidea, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Serra do Pardo. **Biodiversidade**, v. 20, n. 3, p. 31-41, 2021a.

TESTON, J.A. Atividade de voo de mariposas Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) no Parque Nacional da Amazônia. **Biodiversidade**, v. 20, n. 4, p. 149-167, 2021b.

TISSOT, A.C.; NAVARRO-SILVA, M.A. Preferência por hospedeiro e estratificação de Culicidae (Diptera) em área de remanescente florestal do Parque Regional do Iguaçu, Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, p. 877-886, 2004.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. **Estudo dos insetos**. São Paulo, Cengage Learn, 2011. p. 809

VALENTE, D.M.P.; ZENKER, M.M.; TESTON, J.A. Tiger-Moths in Savannas in Eastern Amazon: First Assessment of Diversity and Seasonal Aspects. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 6, p. 842-851, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0579-y>

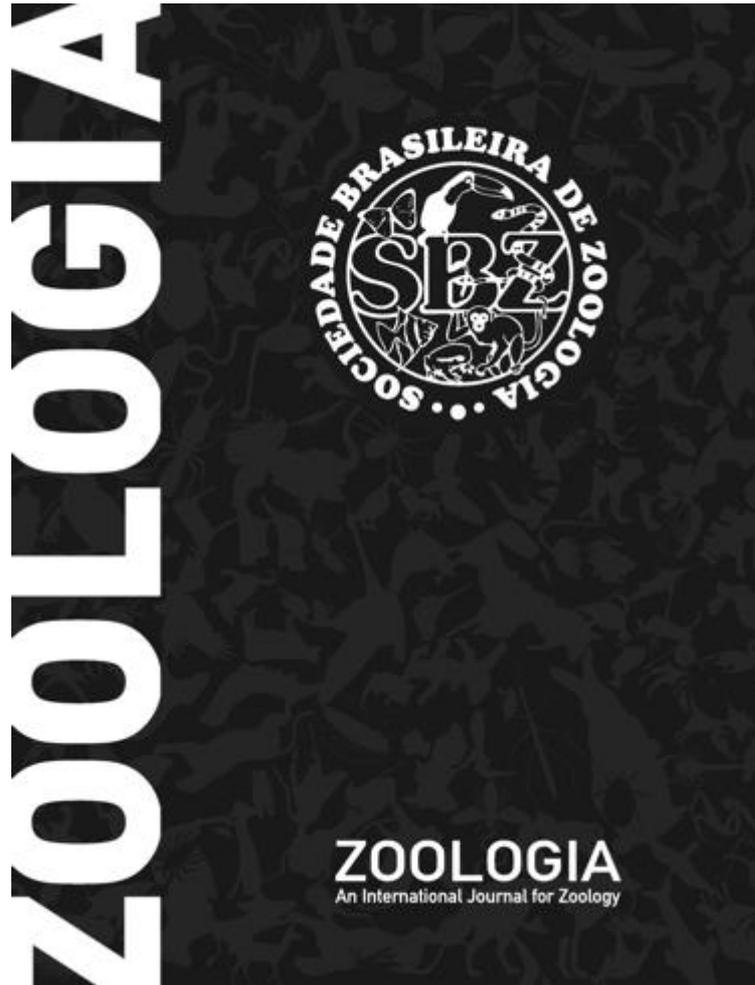
VALENTE, D.M.P.; TESTON, J.A. Influência da temperatura na distribuição horária de voo noturno de Arctiini (Lepidoptera, Erebidae, Arctiinae) em uma área da floresta nacional do tapajós, amazônia oriental. **Revista Agroecossistemas**, v. 15, n. 1, p. 51-66, 2023.

VAN NIEUKERKEN, E. J.; KAILA, L.; KITCHING, I. J.; KRISTENSEN, N. P.; LEES, D. C.; MINET, J.; et al. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. *In*: ZHANG, Z.Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. **Zootaxa**, v. 3148, p. 1-237, 2011

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada ao sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. p. 124

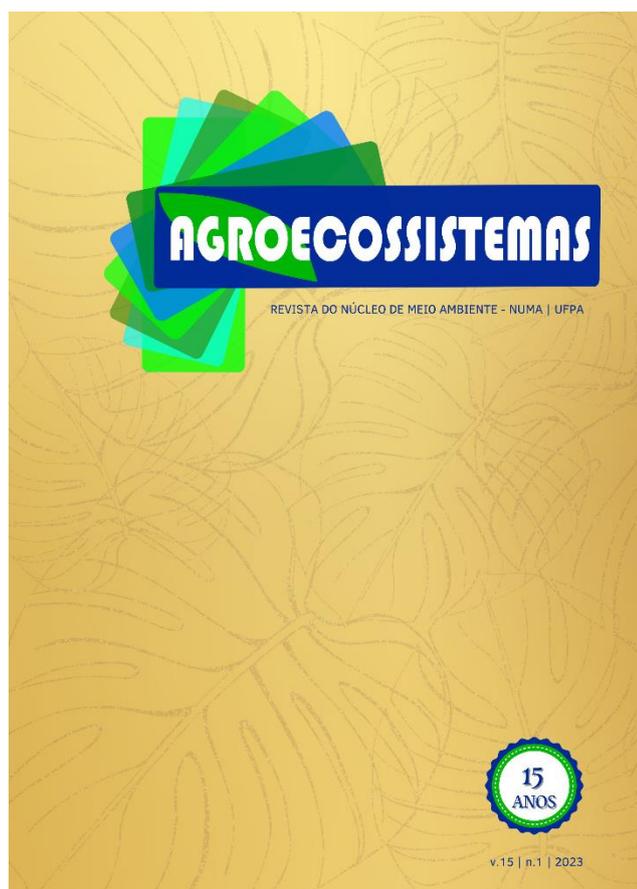
- VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. Produção na Amazônia Florestal: características, desafios e oportunidades. **Parcerias Estratégicas**, v. 19, n. 38, p. 13-44, 2014.
- VILLAS-BOAS, I.M.; ALVAREZ-FLORES, M.P.; CHUDZINSKI-TAVASSI, A.M.; TAMBOURGI, D.V. Envenomation by caterpillars. *In*: GOPALAKRISHNAKONE, P.; FAIZ, S.; GNANATHASAN, C.; HABIB, A.; FERNANDO, R.; YANG, C.C. (Eds) **Clinical Toxicology in Australia, Europe, and Americas**, Dordrecht, Springer, 2016. p.p. 429-449.
- WATSON, A.; GOODGER, D. T. Catalogue of Neotropical tiger-moths. **Occasional Papers on Systematic Entomology**, v. 1, p. 1-71, 1986.
- WELLER, S.; COSTA, M.; SIMMONS, R.; DITTMAR, K.; WHITING, M. Evolution and taxonomic confusion and Arctiidae. *In*: CONNER, W. E. (Ed.). **Tiger moths and woolly bears: behaviour, ecology and evolution of Arctiidae**. Oxford, Oxford University Press, 2009. p.p. 11-30
- XING, K.; CAO, J.; HAO, B.; ZHAO, F. Diurnal temperature amplitude affects diamondback moth adult and next-generation traits. **Journal of Applied Entomology**, v. 147, p. 63–71, 2023. <https://doi.org/10.1111/jen.13088>
- ZAHIRI, R.; HOLLOWAY, J.D.; KITCHING, I.J.; LAFONTAINE, J.D.; MUTANEN, M.; WAHLBERG, N. Molecular phylogenetics of Erebidae (Lepidoptera, Noctuoidea). **Systematic Entomology**, v. 37, p. 102-124, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2011.00607.x>
- ZENKER, M.M.; DEVRIES, P.J.; PENZ, C.M.; TESTON, J.A.; FREITAS, A.V.L.; PIE, M.R. Diversity and composition of Arctiinae moth assemblages along elevational and spatial dimensions in Brazilian Atlantic Forest. **Journal Insect Conservation**, v. 19, n. 1, p. 129-140, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9753-x>
- ZENKER, M.M.; WAHLBERG, N.; BREHM, G.; TESTON, J.A.; PRZYBYLOWICZ L.; PIE, M.R.; FREITAS, A.V.L. Systematics and origin of moths in the subfamily Arctiinae (Lepidoptera, Erebidae) in the Neotropical region. **Zoologica Scripta**, v. 46, n. 3, p. 348-362, 2016. <https://doi.org/10.1111/zsc.12202>

ANEXOS



Manuscripts with Decisions

ACTION	STATUS	ID	TITLE	SUBMITTED	DECISIONED
	✉ Contact Journal ADM: Bonatto, Sionei Ricardo <ul style="list-style-type: none"> • Accept (09-Aug-2023) • Awaiting Production Checklist Print Published: 31-Jan-2023 vol.40, iss:running	ZOOL-2023-0008.R3	VERTICAL STRATIFICATION OF SPHINGIDAE MOTHS (INSECTA, LEPIDOPTERA) IN THE TAPAJÓS NATIONAL FOREST, PARÁ, BRAZIL View Submission	16-Jul-2023	09-Aug-2023



jan./jun. (publicação continuada)

Sumário

Artigos Científicos

[Análise da estrutura fitossociológica e diversidade florística da vegetação arbustivo-arbórea em um fragmento de caatinga no estado de Sergipe](#) PDF PDF (ENGLISH) 1-21
 Diogo Gallo de Oliveira, Ana Paula do Nascimento Prata, Robério Anastácio Ferreira, Janisson Batista de Jesus, Dráuzio Correia Gama

[Aspectos sociais, econômicos e ambientais de comunidades pesqueiras de uma reserva extrativista marinha na Amazônia paraense](#) PDF PDF (ENGLISH) 31-50
 Ana Paula Alencar, Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, Rosecelia Moreira Castro, Seidel Ferreira Santos, Paulo Aguiar Neto

[INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DE VOO NOTURNO DE ARCTIINI \(LEPIDOPTERA, EREBIDAE, ARCTIINAE\) EM UMA ÁREA DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, AMAZÔNIA ORIENTAL](#) 51-
 Danúbia Macela Pereira Valente, José Augusto Teston

Notas Científicas/Técnicas

[Uso de gliricídia \(*Gliricidia sepium* \(Jacq.\) Steud\) em sistema alley cropping na produção de macaxeira \(*Manihot esculenta* Crantz\)](#) PDF PDF (ENGLISH) 22-30
 Neisiany Rebelo Pimentel, Daniela Pauletto, Hellem Marinês Andrade Duarte, Adrielle Fernandes da Silva, Anselmo Junior Correa Araújo