

Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo
Centro de Formação de Recursos Humanos para o SUS/SP
“Dr. Antônio Guilherme de Souza”
Instituto Butantan

Leonardo Murari

**Dinâmica da massa corpórea em borboletas da tribo Ithomiini (*Lepidoptera*,
Danainae) ao longo do ciclo anual.**

São Paulo

2020

Leonardo Murari

**Dinâmica da massa corpórea em borboletas da tribo Ithomiini (*Lepidoptera*,
Danainae) ao longo do ciclo anual.**

Trabalho de conclusão de curso de especialização apresentado ao Instituto Butantan, unidade do Centro de Formação de Recursos Humanos para o SUS/SP “Doutor Antônio Guilherme de Souza”, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista Animais de interesse médico (Biologia Animal).

Orientador (a): Erika Hingstz-Zaher
Coorientador (a): Carlos Candia-Gallardo

São Paulo

2020

Dados internacionais de catalogação-na-publicação

Murari, Leonardo

Dinâmica da massa corpórea em borboletas da tribo Ithomiini (*Lepidoptera, Danainae*) ao longo do ciclo anual no período de 2019 a 2020 / Leonardo Murari orientador. Erika Hingstz-Zaher – São Paulo, 2020.

24 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Secretaria de Estado da Saúde, Centro de Formação de Recursos Humanos para o SUS/SP "Doutor Antônio Guilherme de Souza" desenvolvido no Instituto Butantan para o Curso de Especialização em Animais de interesse em saúde: Biologia Animal.

1. Ithomiini. 2. Diapausa. 3. Massa corpórea. I. Murari, Leonardo. II. Instituto Butantan. III. Curso de Especialização em Animais de interesse em saúde: Biologia Animal. IV. Dinâmica da massa corpórea em borboletas da tribo Ithomiini (*Lepidoptera, Danainae*) ao longo do ciclo anual.

AUTORIZAÇÃO PARA ACESSO E REPRODUÇÃO DE TRABALHO

Eu, Leonardo Murari, aluno (a) do curso (**Animais de interesse em saúde: Biologia Animal**), autorizo a divulgação do meu trabalho de conclusão de curso por mídia impressa, eletrônica ou qualquer outra, assim como a reprodução total deste trabalho de conclusão de curso após publicação, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

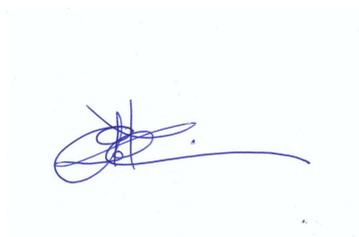
Prazo de liberação da divulgação do trabalho de conclusão de curso após a data da avaliação:

- Imediato
 06 meses
 12 meses
 Outro prazo _____ Justifique:

São Paulo, 30 de Janeiro de 2020



.....
aluno(a): Leonardo Murari



De acordo:
Orientador (a): Erika Hingstz-Zaher

Agradecimentos

A minha orientadora Erika Hingstz-Zaher pelo apoio.

Ao meu amigo e coorientador Carlos Candia-Gallardo pelo apoio e paciência.

Ao meu grande amor Jefferson Adriano Belotti pelo apoio, por todos esses anos juntos e minha grande inspiração.

Aos amigos, Jessica, Ighor, Giulianna pela agradável convivência.

A todos os amigos do laboratório pelas conversas e assuntos diversos e pela ajuda em meu processo na especialização.

A Aline Vieira e Fernanda Lelis pela grande amizade que surgiu neste ano.

A Priscila Couto que me ajudou na edição e me apoiando na especialização, as grandes conversas que tivemos e as inesquecíveis risadas.

A Jessica Borges, uma grande amiga de longa data que me ajudou muito nessa passagem que tivemos juntos.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Resumo

MURARI, Leonardo. **Dinâmica da massa corpórea em borboletas da tribo Ithomiini (Lepidoptera, Danainae) ao longo do ciclo anual.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Animais de interesse em saúde: Biologia Animal) – Centro de Formação de Recursos Humanos para o SUS/SP; Instituto Butantan, São Paulo, 2020.

Introdução: Uma das adaptações mais comuns entre os artrópodes para lidar com épocas desfavoráveis do ano (e.g., inverno/seca) é a diapausa, um conjunto de adaptações que aumenta a resistência do organismo a condições extremas. Dentre as mudanças ocorridas durante a diapausa está o acúmulo de tecidos gordurosos que servirão de combustível durante a época de escassez. As borboletas Ithomiini (Lepidoptera, Nymphalidae, Danainae) realizam agregações multiespecíficas na estação seca (inverno), um fenômeno conhecido como “bolsão”, no qual suspeitamos que ocorra diapausa. **Objetivo:** Este estudo tem como objetivo testar a hipótese de que as Ithomiini se encontram em diapausa durante a estação seca comparando sua massa ao longo do ciclo anual. Se ocorrer diapausa os indivíduos de ambos os sexos terão uma maior massa corporal na estação seca. Se não ocorrer, apenas as fêmeas terão um aumento de massa na estação de reprodução, devido à maturação das gônadas e produção de ovos. **Materiais e métodos:** Medimos a massa corpórea de quatro espécies de Ithomiini ao longo do ciclo anual usando uma balança de precisão ($\pm 0,001$ g). Os indivíduos foram capturados em campo no parque do Instituto Butantan, entre julho de 2018 a agosto de 2019. Os dados foram divididos em estação seca e estação chuvosa, tendo como limites os equinócios de outono e primavera. **Resultados e Discussão:** Capturamos um total de 503 indivíduos de 4 espécies. Não houve diferenças de massa entre as estações para ambos os sexos em *Mcclungia cymo salonina* e *Mechanitis polymnia*. As fêmeas de *Ithomia agnosia zikani* apresentaram maiores massas corporais na estação chuvosa (chuvosa = 0,056g, desvio padrão = 0,010, seca = 0,044g, d.p. = 0,008), enquanto as massas masculinas foram semelhantes entre as estações (chuvosa = 0,044g, d.p. = 0,007, seca = 0,042g, d.p. = 0,007). Tanto os machos de *Epityches eupompe* (med. chuvosa = 0,076g, d.p. = 0,008, med. seca = 0,067g, d.p. seca = 0,009) quanto as fêmeas

(med. chuvas = 0,089g, d.p. = 0,017, seca = 0,077g, d.p. = 0,013) apresentaram maior massa corpórea durante a estação das chuvas. Portanto, os resultados não corroboram a hipótese de diapausa para as quatro espécies. Como *M. cymo* e *M. polymnia* não tiveram diferença de massa entre as estações em ambos os sexos, elas poderiam estar se reproduzindo e se alimentando ao longo de todo o ano. A redução de massa em ambos os sexos de *E. eupompe* na estação seca pode estar relacionada à falta de alimento nessa estação, o que levaria ao consumo de reservas lipídicas. A diminuição de massa de fêmeas de *I. agnosia* durante a estação seca pode estar relacionado à uma interrupção da reprodução durante esta estação, a qual não seria produto de diapausa. A ausência de diferença de massa entre as estações no sexo masculino é condizente com esta interpretação. Saber em que momentos da história de vida os ovos são produzidos e as reservas lipídicas são acumuladas e consumidas nos ajudariam a entender as causas e consequências de oscilações de massa ao longo do ciclo anual.

Palavras-chave: Ithomiini. Diapausa. Massa corpórea. Instituto Butantan.

ABSTRACT

Murari, Leonardo. Strategies to cope with seasonality: **Body mass dynamics of Ithomiini butterflies (Lepidoptera, Danainae)**. 2020. Monograph (Specialization in Health Interest Animals: Animal Biology) – Centro de Formação de Recursos Humanos 29 para o SUS/SP; Instituto Butantan, São Paulo, 2020.

Introduction: One of the most common adaptations among arthropods to cope with unfavorable seasons (e.g., winter / drought) is diapause, a set of adaptations that increases resistance to extreme conditions. Among the changes that occur during diapause is the accumulation of fatty tissues that will serve as fuel during periods of scarce food resources. The *Ithomiini* butterflies (*Lepidoptera*, *Nymphalidae*, *Danainae*) form multispecific aggregations in moist and shady parts of forests, where they remain over the entire dry season (winter) - a phenomenon known as “*Ithomiini* pockets” - in which we suspect diapause occurs. **Objective:** This study aims to test the hypothesis that *Ithomiini* are in diapause during the dry season by comparing their mass between seasons. If diapause occurs, individuals of both sexes will have a higher body mass in the dry season. If not, only females will have a mass increase in the breeding (rainy) season due to maturation of the gonads and egg production. **Materials and methods:** We measured the body mass of four *Ithomiini* species throughout the annual cycle using a precision balance (± 0.001 g). The individuals were captured in the field at Instituto Butantan over 46 capture sessions, from July 2018 to August 2019. Each capture was classified into dry or rainy season, having as criteria the autumn and spring equinoxes. **Results and Discussion:** We captured a total of 503 individuals of 4 species. There were no mass differences between seasons for both sexes in *Mcclungia cymo salonina* and *Mechanitis polymnia*. Females of *Ithomia agnosia zikani* had larger body masses in the rainy season (rainy season median = 0.056g, standard-deviation = 0.010, dry season median = 0.044g, s.d. = 0.008), whereas males masses were similar between seasons. Both *Epityches eupompe* males (rainy season median = 0,076, s.d. = 0.008, dry median = 0,067, s.d. dry =0,009) and females (rainy median = 0,089, s.d.. = 0,017, dry

median = 0,077, s.d. = 0,013) had larger body masses during the rainy season. Therefore, the results do not corroborate the hypothesis of diapause for the 4 species. Since *M. cymo* and *M. polymnia* had no mass difference between seasons in either sex, they could be reproducing and feeding throughout the year. Mass reduction in both sexes of *E. eupompe* in the dry season could be related to lack of food in this season, which would lead to the consumption of lipid reserves. The mass increase of *I. agnosia* females during the rainy season could be related to egg production only during this season, suggesting a dry season diapause. However, the absence of mass difference between seasons in males does not corroborate this hypothesis. Know at what times eggs are produced and lipid reserves are accumulated and consumed would help us understand the causes and consequences of mass oscillations throughout the year.

Keywords: Ithomiini. Body Mass. Diapause.

Sumário.

1. Introdução	12
2. Objetivo	16
3. Materiais e Métodos	17
4. Resultados e Discussão	19
5. Bibliografia	26

Índice de Imagens

- Figura 1- Massa corporal da espécie *Epityches eupompe* por sexo (*Female* = fêmea, *Male* = macho) e estação (*Dry* = estação seca, *Rainy* = estação chuvosa) 15
- Figura 2- Massa corporal da espécie *Ithomia agnosia zikani* por sexo (*Female* = fêmea, *Male* = macho) e estação (*Dry* = estação seca, *Rainy* = estação chuvosa). 16
- Figura 3- Massa corporal da espécie *Mcclungia cymo salonina* por sexo (*Female* = fêmea, *Male* = macho) e estação (*Dry* = estação seca, *Rainy* = estação chuvosa). 18
- Figura 4- Massa corporal da espécie *Mechanitis polymnia* por sexo (*Female* = fêmea, *Male* = macho) e estação (*Dry* = estação seca, *Rainy* = estação chuvosa). 19

1.Introdução.

As borboletas são pertencentes à Ordem Lepidoptera, considerada a segunda maior ordem de artrópodes em termos de número de espécies. São insetos terrestres, holometábolos, de hábito diurno e, em geral, mastigadores de material vegetal no estágio larval e sugadores de líquidos na fase adulta (BROWN & FREITAS 1999). Caracterizam-se por apresentar antenas claviformes, e as duas superfamílias nas quais se subdividem, Papilionoidea e Hesperioidea, estão subdivididas em seis famílias: HesperIIDae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae e Nymphalidae. No Brasil, ocorrem cerca de 3100 a 3280 espécies de lepidópteros (BECCALONI & GASTON 1995, BROWN & FREITAS 1999).

O crescimento de desenvolvimento industrial e urbano tem resultado em significativo aumento na emissão de poluentes na atmosfera, causando impactos negativos sobre a saúde humana, danificando flora e fauna e destruindo monumentos históricos e construções modernas. A má qualidade do ar prejudica a saúde e o bem-estar das pessoas que vivem em centros urbanos. (ARCE, 2015). Concentrações dos poluentes da atmosfera são influenciadas pelas condições meteorológicas. Fatores como velocidade do vento, umidade relativa do ar e precipitações podem contribuir para uma variação dos elementos químicos presentes no ar. O período de maio a setembro é considerado um período crítico, pois as condições meteorológicas não são favoráveis para a dispersão dos poluentes atmosféricos. (ARCE, 2015)

Os bioindicadores são organismos vivos que demonstram algum aspecto ou qualidade de um ambiente através de sua presença, abundância, composição biológica ou química. A seleção de um indicador ou táxon adequado para um determinado estudo depende da questão da pesquisa a ser explorada, dos recursos disponíveis e da localização geográfica do estudo (ARCE, 2015).

Borboletas são sensíveis e facilmente amostradas e identificadas, por isso são consideradas indicadores biológicos de alterações ambientais

(FREITAS *et al.*, 2003) e podem se tornar uma opção em monitoramento biológico. Esses insetos são sensíveis às mudanças ambientais que advêm da urbanização (BERGEROT *et al.*, 2010), possuem ampla distribuição geográfica e, mesmo inseridas em um habitat urbano, apresentam relativa diversidade e abundância (BLAIR & LAUNER, 1997).

As Ithomiini, de modo geral, têm como plantas hospedeiras vegetais da família nica Solanaceae. As borboletas da espécie *Mcclungia cymo salonina*, pertencentes à essa tribo, são sensíveis à umidade e radiação solar no interior do bosque, por isso são consideradas indicadoras de ambientes com pouca intervenção antrópica (RAIMUNDO *et al.*, 2003).

A tribo Ithomiini é um clado Neotropical de borboletas composto por mais de 300 espécies em cerca de 50 gêneros (BROWER *et al.* 2005). Este grupo tem sido tratado historicamente como uma subfamília de Nymphalidae ou uma família por si só, mas atualmente é considerada (e é tratada aqui) como uma tribo dentro da família Nymphalidae, subfamília Danainae (BROWER *et al.*, 2005). Abrange mais de 300 espécies de distribuição Neotropical (BROWER *et al.* 2014) com espécies notáveis por suas defesas químicas, coloração aposemática e pelas relações de mimetismo entre si e com outros grupos de Lepidoptera (CANDIA-GALLARDO, 2017).

Adaptações comportamentais e fisiológicas relacionadas as mudanças ambientais cíclicas ou imprevisíveis são vitais para a sobrevivência e reprodução dos indivíduos. Essas adaptações podem ser reações diretas a fatores críticos, como frio e dessecação, iniciando e cessando junto com esses fatores. Frente a mudanças ambientais cíclicas tal como sazonalidade, estratégias que envolvem antecipação baseada em fotoperiodismo, parecem ser mais comuns. A vasta ocorrência geográfica e taxonomia de estratégias baseadas em fotoperiodismo indica que a evolução pretende a favorecer estratégias que permitem antecipação em detrimento à simples reação (CANDIA-GALLARDO 2017). As ações humanas implicam em alterações ambientais e climáticas, impondo um sério desafio aos organismos: como

conciliar estratégias antecipatórias baseadas em pistas ambientais rígidas (e.g., fotoperíodo) com as rápidas mudanças climáticas e a ocorrência cada vez mais frequente de eventos climáticos extremos (HELM *et al.* 2013, STEVENSON *et al.* 2015)? Ou, em outras palavras, como se antecipar aos ciclos ambientais sazonais e possuir flexibilidade para enfrentar eventos imprevisíveis e mudanças nesses ciclos?

As *Ithomiini* (Nymphalidae, Danainae) são um modelo oportuno para abordar essa questão (CANDIA-GALLARDO, 2017). Essas borboletas florestais são conhecidas por formar densas agregações multiespecíficas em áreas úmidas e sombreadas do interior da floresta durante a estação seca (inverno), as quais se dissociam no início da estação chuvosa (primavera; BROWN-JR & VASCONCELLOS-NETO 1976, VASCONCELLOS-NETO 1980, PINHEIRO *et al.* 2008). Essas agregações, conhecidas como “bolsões” de *Ithomiini*, são consideradas uma adaptação comportamental para lidar com a sazonalidade das chuvas, visto que, parecem ocorrer somente em áreas úmidas e sombreadas, em regiões com estação seca bem marcada e apenas durante a estação seca (DRUMMOND 1976, VASCONCELLOS-NETO 1980, FREITAS *et al.* 1996, PINHEIRO *et al.* 2008). Os bolsões seriam uma resposta direta à dessecação visto que a densidade das agregações seria relacionada à severidade da estação seca, e as primeiras chuvas da primavera marcariam a dissolução dos bolsões (VASCONCELLOS-NETO 1980, PINHEIRO *et al.* 2008). Evidências recentes, no entanto, indicam que a dinâmica dos bolsões de *Ithomiini* é fortemente correlacionada à variação anual no fotoperíodo, formando-se e dissolvendo-se regularmente próximo aos equinócios de outono e de primavera, respectivamente, independente de anomalias no regime de chuvas (estiagens e secas fora de época; CANDIA-GALLARDO, 2017). Esses resultados sugerem que a regulação do comportamento de agregação envolve fotoperiodismo (uma estratégia antecipativa), cuja mais óbvia manifestação nos insetos é a diapausa (DENLINGER *et al.* 2001). A diapausa pode ser definida como um estado de baixa atividade metabólica mediado por processos neurofisiológicos, durante o qual ocorre interrupção do desenvolvimento e

reprodução, aumento de resistência a extremos ambientais, e alteração ou redução das atividades comportamentais (TAUBER *et al.* 1986). Diferentes espécies de insetos lidam com ciclos sazonais através de diapausa, sendo esta considerada um dos principais meios pelos quais os insetos mantêm seu ciclo de vida em fase com os ciclos sazonais (TAUBER *et al.* 1986, MARTINS & BARBEITOS 2000, FOSTER & KREITZMAN 2009). A notável migração das borboletas monarca (*Danaus plexippus*) na América do Norte, as quais pertencem à tribo Danaini, tribo irmã de *Ithomiini* (BROWER *et al.* 2014), é resultante de diapausa desencadeada por fotoperiodismo (GOEHRING & OBERHAUSER, 2002) decodificado por um relógio circadiano (REPPERT, 2006). Dada a proximidade evolutiva entre *Ithomiini* e as monarcas, as evidências de fotoperiodismo observadas no comportamento de agregação das *Ithomiini* (CANDIA-GALLARDO, 2017), e as evidências de que muitas espécies de *Ithomiini* interrompem ou diminuem consideravelmente sua reprodução durante a estação seca (BROWN-JR & VASCONCELLOS-NETO 1976, VASCONCELLOS-NETO 1980, BROWN-JR & FREITAS 1994), é plausível supor que diapausa possa estar envolvida na formação dos bolsões.

Como a diapausa se expressa em diferentes níveis organizacionais (e.g., genômico, metabólico, anatômico, comportamental) atestar sua ocorrência requer evidências simultâneas em diferentes níveis. Neste estudo, propomos testar a hipótese de diapausa em *Ithomiini* no nível anatômico analisando a dinâmica anual da massa corpórea. Prevemos que caso as *Ithomiini* entrem em diapausa na estação seca (inverno) sua massa corpórea, quando comparada à da estação chuvosa (verão), será maior devido a um acúmulo de lipídeos típico da fase pré-diapausa (NATION, 2016).

2.Objetivo.

Este estudo tem como objetivo quantificar a dinâmica da massa corpórea de *Ithomiini* em vida livre ao longo do ciclo anual para testar as seguintes hipóteses:

Hipótese I: Dado que as *Ithomiini* entram em diapausa durante a estação seca (inverno), tanto machos quanto as fêmeas teriam um aumento de massa corpórea nesta época devido a um acúmulo de lipídeos característico deste fenômeno.

Hipótese II: Dado que os indivíduos não apresentam diapausa, apenas fêmeas apresentariam oscilações anuais de massa corpórea, notadamente um aumento de massa na estação chuvosa dada pela atividade reprodutiva.

3. Materiais e métodos.

O Instituto Butantan (46°43'W e 23°33'S) é um fragmento de Mata Atlântica situado no centro de uma metrópole, na Zona Oeste da cidade de São Paulo, tendo cerca de 80 hectares de áreas verdes urbanas (Teixeira-costa, 2014). As coletas foram realizadas em três pontos localizados dentro do parque do Instituto Butantan. São elas Trilha da Floresta, Fazendinha e Horto Oswaldo Cruz. Nas bordas de cada trilha são encontradas as plantas hospedeiras (Solanaceae), com isso há um maior número de indivíduos encontrados nesses locais.

As *Ithomiini* possuem defesas químicas, obtidas pelos adultos através do sequestro de alcalóides do néctar de flores de Asteraceae da tribo Eupatorieae (BROWN-JR 1984 a 1984b). As borboletas que se alimentam desses alcalóides tornam-se impalatáveis para seus predadores, devido à deposição do alcalóides em seu corpo e o gosto amargo que isso proporciona. As espécies que se agregam em bolsões transitam entre ambientes de mata e entorno de mata durante a estação chuvosa em busca de suas plantas hospedeiras (Solanaceae) e de parceiros (VASCONCELLOS-NETO, 1980).

Quantificamos a massa corpórea de todas as 27 espécies de *Ithomiini* em vida livre encontradas ao longo do ano através de capturas dos indivíduos duas vezes por semana, percorrendo um trajeto na trilha da floresta e no horto Oswaldo Cruz. Os indivíduos foram capturados com a rede entomológica (puçá) e colocados cuidadosamente em um cesto telado de 52 cm de altura e 27 cm de largura. Após a coleta em campo, os indivíduos foram levados ao laboratório do Museu Biológico para a identificação utilizando materiais de referência tal como o livro Borboletas do Brasil (HAROLDO PALO JR., 2017), o site Butterflies of America (www.butterfliesofamerica.com) e um catálogo fotográfico não publicado das *Ithomiini* do local de estudo, fruto de uma tese de doutorado (CANDIA-GALLARDO, 2017). Junto com a identificação, foi realizada também a pesagem dos indivíduos, os quais foram colocados dentro de um envelope entomológico de papel vegetal e pesados em balança digital de capacidade de

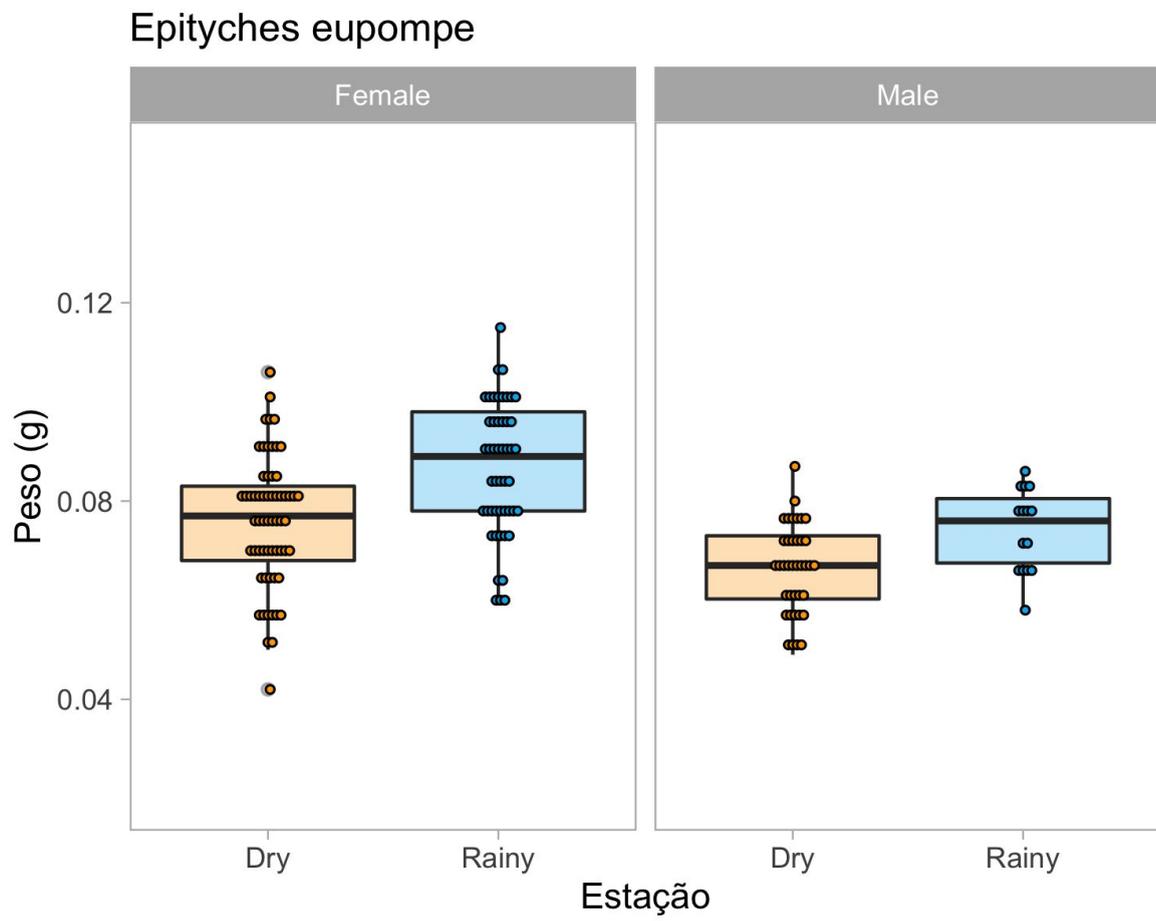
30 g e resolução de 0,001 g. Os indivíduos também tiveram suas asas anteriores e posteriores mensuradas com um paquímetro digital com resolução de 0,1mm/0.01". Os indivíduos tiveram suas asas posteriores direitas marcadas com uma caneta esferográfica permanente, com uma numeração sequencial e única para cada indivíduo. Esses dados foram anotados no aplicativo ODK Collect v1.22.4, que alimenta uma planilha digital com todos os dados de local, marcação, espécie, sexo, estado das asas, massa corpórea e comprimento das asas. E por fim, os indivíduos foram soltos no exato ponto de coleta onde foram capturados em cada trilha. Para analisar os dados foram feitas, separadamente para cada espécie com dados suficientes, comparações entre as distribuições de massa por estação e sexo usando boxplots. Consideramos que houve diferença de massa entre grupos quando a mediana de um ou ambos o grupo não se sobrepôs ao intervalo do primeiro e terceiro quartis do outro grupo.

4.Resultados e Discussão.

Foram capturados no total 1186 indivíduos de 27 espécies, das quais quatro tiveram número suficiente de capturas para análise: *Epityches eupompe*, *Mcclungia cymo salonina*, *Mechanitis polymnia* e *Ithomia agnosia zikani*. As espécies *M. polymnia* e *M. cymo* não tiveram diferença na massa entre estações para ambos os sexos (fêmeas de *M. polymnia* mediana seca = 0,101g, d.p desvio-padrão = 0,023, mediana chuvosa = 0,117g ± 0,025, machos seca = 0,082g, ± 0,022 med. chuv. = 0,085g ± 0,014; fêmeas de *M. cymo* seca = 0,041g, ± 0,006, chuvosa = 0,043g ± 0,008, machos seca = 0,038g ± 0,004, chuvosa = 0,038g ± 0,006). A espécie *E. eupompe* teve uma maior massa na estação chuvosa em ambos os sexos (fêmeas: mediana seca = 0,077g, ± 0,013, med. chuv. = 0,089g ± 0,017, machos seca = 0,067g, ± 0,09, med. chuv. = 0,076g ± 0,008). Em *I. agnosia* as fêmeas tiveram maior massa na época chuvosa (mediana seca = 0,044g, desvio-padrão = 0,008, med. chuv. = 0,056g ± 0,009), enquanto os machos não tiveram diferença de massa entre estações., (seca = 0,042g d.p = 0,007, med. chuv. = 0,044g ± 0,007).

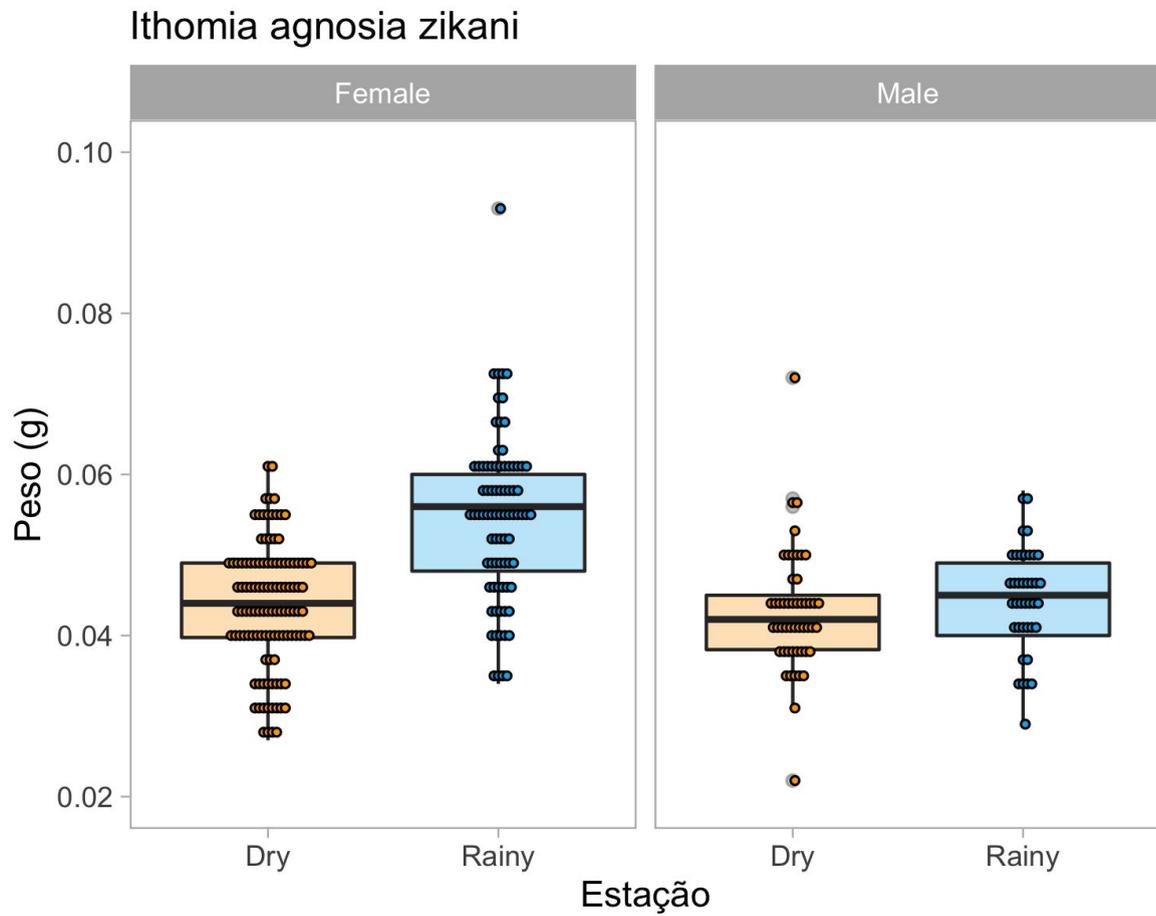
Fonte: Próprio autor.

Figura 1- Massa corporal da espécie *Epityches eupompe* por sexo (*Female* = fêmea, *Male* = macho) e estação (*Dry* = estação seca, *Rainy* = estação chuvosa).



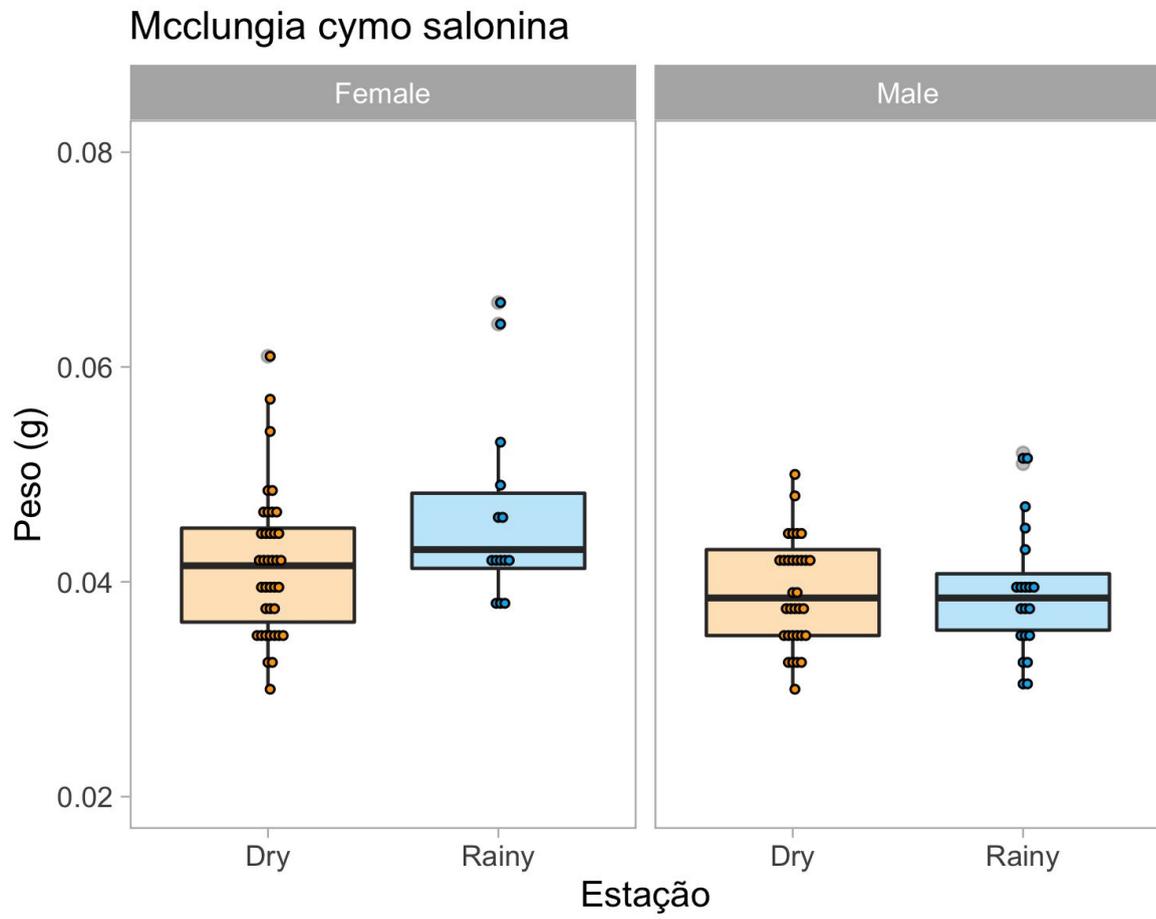
Fonte: Próprio autor

Figura 2- Massa corporal da espécie *Ithomia agnosia zikani* por sexo (Female = fêmea, Male = macho) e estação (Dry = estação seca, Rainy = estação chuvosa).



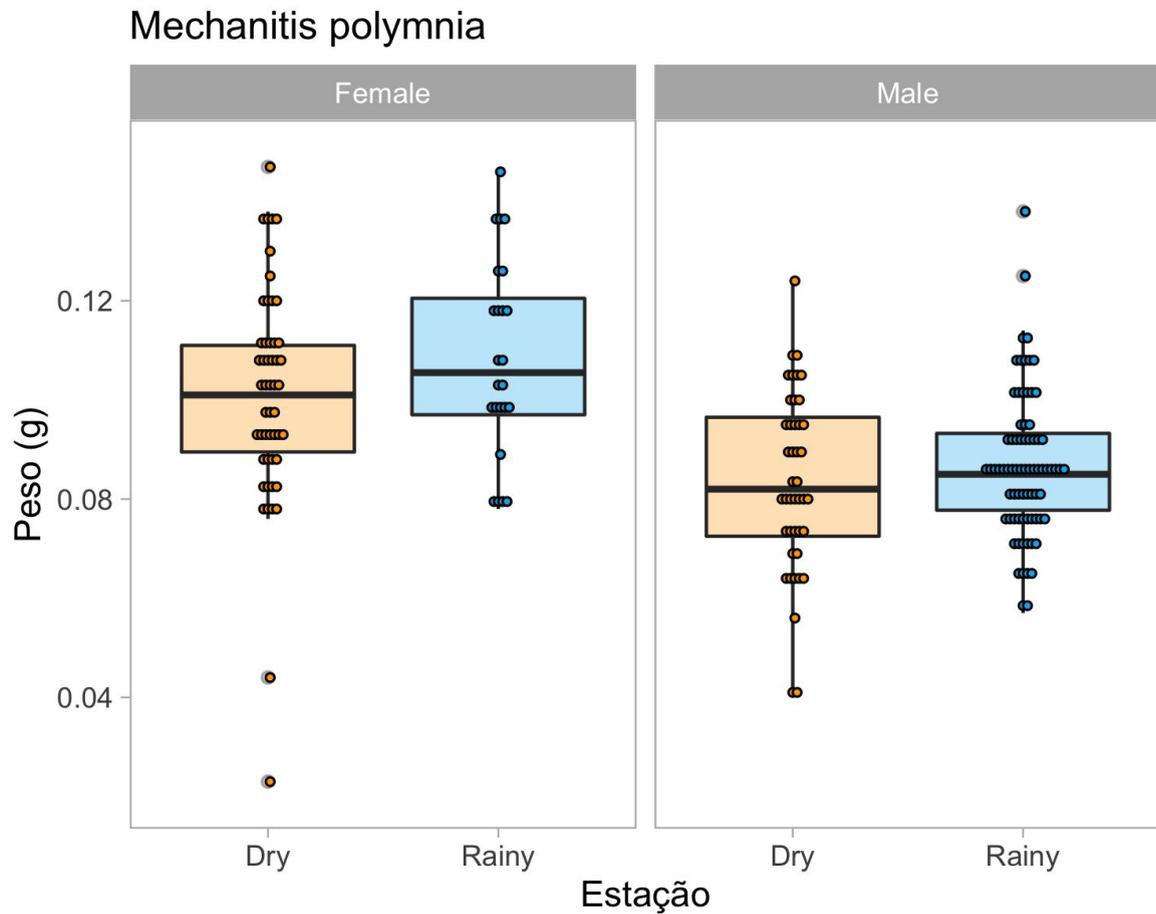
Fonte: Próprio autor.

Figura 3- Massa corporal da espécie *Mcclungia cymo salonina* por sexo (*Female* = fêmea, *Male* = macho) e estação (*Dry* = estação seca, *Rainy* = estação chuvosa).



Fonte: Próprio autor.

Figura 4- Massa corporal da espécie *Mechanitis polymnia* por sexo (Female = fêmea, Male = macho) e estação (Dry = estação seca, Rainy = estação chuvosa).



Os resultados não corroboraram as hipóteses de diapausa para nenhuma das quatro espécies. Ao contrário das previsões da hipótese de diapausa I., as massas medidas na estação seca foram menores ou não tiveram diferenças significativas em relação às massas medidas na estação chuvosa. As borboletas monarca (*Danaus plexippus*) da América do Norte, as quais pertencem à tribo Danaiini, tribo irmã de *Ithomiini* (Bower et al. 2014), apresentam um acúmulo de massa lipídica no inverno, o qual é uma expressão de diapausa (Alonso- Mejía 1997). Portanto, as espécies de *Ithomiini* aqui estudadas não apresentam diapausa durante o inverno ou, se o fazem, não apresentam ganho de massa. Para investigar esse último caso seria

necessário medir outras condições associadas à diapausa, tal como redução da atividade metabólica e atrofia das gônadas durante a estação seca.

O aumento de massa das fêmeas de *I. agnosia* - porém não do macho -, na estação chuvosa, deve estar relacionado à produção de ovos a qual cessaria na estação seca. Esta interrupção na atividade reprodutiva na estação seca, no entanto, não seria produto de diapausa. A queda (não ganho) de massa nas fêmeas no inverno e a falta de oscilação de massa nos machos entre estações não é condizente com a ocorrência de diapausa nesta espécie. Este mesmo tipo de interrupção da atividade reprodutiva poderia estar ocorrendo com as fêmeas de *E. eupompe*. Porém, os machos desta espécie também apresentaram redução de massa na estação seca. Uma possível explicação para a redução na massa em ambos os sexos na estação seca seria uma baixa disponibilidade de alimentos. Nesse caso os indivíduos consumiriam suas reservas lipídicas durante essa estação, e no caso das fêmeas, também cessaria a produção de ovos, reduzindo sua massa. A ausência de diferenças nas massas de *M. cymo* e *M. polymnia* entre as estações em ambos os sexos pode indicar que elas estariam se reproduzindo e se alimentando durante o ano todo.

Saber em que momentos da história de vida ocorre produção, produção de ovos e sua interrupção, bem como quando as reservas lipídicas são acumuladas e consumidas, nos ajudaria a entender as causas e consequências das oscilações de massa ao longo do ano. Sugerimos que ampliar a resolução temporal das medidas de massa na fase de pré-diapausa (entre março e maio) nos ajudaria a caracterizar melhor se ocorre uma dinâmica de ganho de massa, visto que é nessa fase que se espera que ocorra tal ganho (Nation 2016). A relevância dessa sugestão se revela frente ao fato de que pode ocorrer uma queda de massa durante a diapausa (ALONSO-MEJÍA, 1997), o qual poderia mascarar um eventual aumento de massa quando os dados de inverno (i.e., pré-diapausa mais diapausa) são agrupados. Visto que diapausa é um fenômeno complexo expresso em várias dimensões, detectar sua ocorrência e caracterizar sua expressão requer a

análise de variáveis em diferentes níveis de organização (metabolismo, comportamento, anatomia, etc.). Este estudo representou em particular um avanço inédito no entendimento da dinâmica de massas no grupo estudado, e uma contribuição ao entendimento das estratégias sazonais dos organismos, conhecimento urgente frente às mudanças climáticas observadas no leste do Brasil (LYRA *et al.* 2017).

5. Bibliografia.

- Alonso-mejía, A., Rendon-salinas, E., Montesinos-patino, E., & Brower, L. P. (1997). *Use of Lipid Reserves by Monarch Butterflies Overwintering in Mexico: Implications for Conservation* Lincoln P. Brower Published by : Wiley on behalf of the Ecological Society of America Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2269444> Wiley , *Ecological Applications*. 7(3), 934–947.
- Brown, K. S. Jr. & J. Vasconcellos-Neto. 1976. Predation on aposematic Ithomiine butterflies by tanagers (*Pipraeidea melanonota*). *Biotropica* 8: 136–141.
- Bergerot, B., Fontaine, B., Renard, M., Cadi, A., & Julliard, R. (2010). Preferences for exotic flowers do not promote urban life in butterflies. *Landscape and Urban Planning*, 96(2), 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.02.007>
- Brower, A. V. Z., Freitas, A. V. L., Lee, M. M., Silva-Brandão, K., & Silva Brandao, K. L. (2005). Phylogenetic relationships among the Ithomiini (Lepidoptera: Nymphalidae) inferred from one *Syst. Entomol. (in Press)*, 288–301. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2005.00321.x>
- Brower, A. V. Z., Willmott, K. R., Silva-Brandão, K. L., Garzón-Orduña, I. J., & Freitas, A. V. L. (2014). Phylogenetic relationships of ithomiine butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae: Danainae) as implied by combined morphological and molecular data. *Systematics and Biodiversity*, 12(2), 133–147. <https://doi.org/10.1080/14772000.2014.899650>
- Brower, L. P., Fink, L. S., & Walford, P. (2006). Fueling the fall migration of the monarch butterfly. *Integrative and Comparative Biology*, 46(6), 1123–1142. <https://doi.org/10.1093/icb/icl029>
- Brown-Jr, K. S., & Freitas, A. V. L. (2000). Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo, Brazil. *Boletim Do Museu de Biologia Mello Leitao: Nova Série*, 11/12(June), 71–118. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=APN.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001016>
- Brown, K. S., & Freitas, A. V. L. (1994). Juvenile stages of Ithomiinae: Overview and systematics. *Tropical Lepidoptera*, 5(1), 9–20.
- Candia-Gallardo, C. (2017). Dinâmica de populações e comunidades de borboletas e aves ao longo do tempo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.

- Chaplin, S. B., & Wells, P. H. (1982). Energy reserves and metabolic expenditures of monarch butterflies overwintering in southern California. *Ecological Entomology*, 7(3), 249–256. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1982.tb00664.x>
- Curitiba Espindula, M., Nonato de Oliveira, H., Campanharo, M., Luiz Pastori, P., & Magevski, G. C. (2006). Influência Da Massa Corporal Sobre Características Reprodutivas E Longevidade De Fêmeas De Podisus Nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Idesia (Arica)*, 24(3), 19–25. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000300003>
- Da Silva, L. T. R. (2016). *Pesquisa De Metais Pesados Em Aves Silvestres No Universidade Federal Rural De Pernambuco Pró-Reitoria De Pesquisa E Pós-Graduação*.
- Dessuy, M. B., & Morais, A. B. B. De. (2007). Diversidade de borboletas (Lepidoptera , Papilionoidea e Hesperioidea) Diversidade Papilionoidea Hesperioidea) em fragmentos de Floresta Estacional Decidual em fragmentos Floresta Santa Maria , Rio Grande do Sul , Brasil. *Revista Brasileira De*, 24(1), 108–120.
- Di Mare, R. A., Corseuil, E., & Schwartz, G. (2004). Morfometria de Papilioninae (Lepidoptera, Papilionidae) ocorrentes em quatro localidades do Rio Grande do Sul, Brasil. I. Comparações com a massa corporal. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(4), 535–545. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262004000400017>
- Federal, G. S. U., Maria, S., Biol, C., & Salgado-neto, G. (2014). *LEPIDÓPTEROS DO BRASIL (Agenda de Campo)*. (May 2010).
- J. Santos. (2010). UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL Guia de borboletas frugívoras das Florestas Ombrófilas Densa e Mista do Rio Grande do Sul, Brasil Co-orientador : Cristiano Agra Iserhard. *Ecologia*.
- Lyra, A., Tavares, P., Chou, S. C., Sueiro, G., Dereczynski, C., Sondermann, M., ... Giarolla, A. (2017). Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. *Theoretical and Applied Climatology*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2067-z>
- Marques, M. B. (1995). Doenças Infecciosas Emergentes no Reino da Complexidade: Implicações Para as Políticas Científicas e Tecnológicas Emerging Infectious Diseases in the Realm of Complexity : Implications for. *Cadernos de Saúde Pública*, 11(3), 361–388.
- Martins, R. P., & Barbeitos, M. S. (2009). Adaptações De Insetos a Mudanças No Ambiente: Ecologia E Evolução Da Diapausa. *Oecologia Brasiliensis*, 08(01), 149–192. <https://doi.org/10.4257/oeco.2000.0801.06>.

- Pedroso, E. R. P., & Rocha, M. O. da C. (2009). Infecções emergentes e reemergentes. *Rev Med Minas Gerais*, 19(2), 140–150.
- PIGNATTI, M. G. (2004). Doenças emergentes e ambiente.pdf. *Ambiente & Sociedade*, 7(1), 133–147.
- Pinheiro, C. E. G., Medri, Í. M., & Salcedo, A. K. M. (2009). Why do the ithomiines (Lepidoptera, Nymphalidae) aggregate? Notes on a butterfly pocket in central Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(4), 610–614. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262008000400012>
- Raimundo, R. L. G., Freitas, A. V. L., Costa, R. N. S., Oliveira, J. B. F. De, Lima, A. F., Melo, A. B. De, & Brown Jr., K. S. (2003). *Manual de Monitoramento Ambiental usando Borboletas e Libélulas*.
- Sheriff, M. J., Hut, R. A., Ben-Shlomo, R., Dominoni, D., Foster, R., Helm, B., & Barnes, B. M. (2013). Annual rhythms that underlie phenology: biological time-keeping meets environmental change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1765), 20130016–20130016. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0016>
- Teixeira-costa, L., Puerto, G., & Hingst-zaher, E. (2014). *Ampliando o público de ações educativas relacionadas à vegetação urbana : o caso do Parque do Instituto Butantan , SP*. (December 2015).
- Thomas, J. A., & Jovanovich, H. B. (2016). The Conservation of Insects and their Habitats. *The Conservation of Insects and Their Habitats*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-181370-3.x5001-5>
- Uehara-Prado, M., Freitas, A. V. L., Francini, R. B., & Brown Jr, K. S. (2013). Guia das borboletas frugívoras da Reserva Estadual do Morro Grande e região de Caucaia do Alto, Cotia (São Paulo). *Biota Neotropica*, 4(1), 1–25. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032004000100007>
- Vasconcellos-Neto, J. (1980). Dinâmica de populações de Ithomiinae (Lep., Nymphalidae) em Sumaré, SP. *Instituto de Biologia*, p. 206.
- Wahlberg, N., Leneveu, J., Kodandaramaiah, U., Pena, C., Nylin, S., Freitas, A. V. L., & Brower, A. V. Z. (2009). Nymphalid butterflies diversify following near demise at the Cretaceous/Tertiary boundary. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 276, pp. 4295–4302). <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1303>
- Zanella, J. R. C. (2016). Zoonoses emergentes e reemergentes e sua importância para saúde e produção animal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 510–519. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X20160005000011>

