

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**VARIAÇÃO SAZONAL DA CONDIÇÃO CORPORAL DE BEIJA-
FLORES**

VITOR ARAUJO LIMA

VILA VELHA
MARÇO / 2013

UNIVERSIDADE VILA VELHA - ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**VARIAÇÃO SAZONAL DA CONDIÇÃO CORPORAL DE BEIJA-
FLORES**

Dissertação apresentada à
Universidade Vila Velha, como pré-
requisito do Programa de Pós-
graduação em Ecologia de
Ecossistemas, para a obtenção do
grau de Mestre em Ecologia.

VITOR ARAUJO LIMA

VILA VELHA
MARÇO / 2013

L732v Lima, Vitor Araujo.

Varição sazonal da condição corporal de beija-flores / Vitor Araujo Lima. – 2013.

41 f. : il.

Orientador: James Joseph Roger.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ecossistemas) – Universidade Vila Velha, 2013.

Inclui bibliografias.

1. Beija-flor - Pesquisa. 2. Morfologia (Animais). 3. Ornitologia. I. Roger, James Joseph. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 598.072

VITOR ARAUJO LIMA

VARIAÇÃO SAZONAL DA CONDIÇÃO CORPORAL DE BEIJA-
FLORES

Dissertação apresentada à Universidade
Vila Velha, como pré-requisito do
Programa de Pós-graduação em Ecologia
de Ecossistemas, para a obtenção do grau
de Mestre em Ecologia.

Aprovada em 20 de março de 2013,

Banca Examinadora:



Gustavo Adolfo Braga da Rosa – IEMA/ES



Levy de Carvalho Gomes – UVV



James Joseph Roper – UVV

Orientador

SUMÁRIO

CAPÍTULO UM: O USO DE REGRESSÃO PARA ESTIMAR CONDIÇÃO: UM

ESTUDO DE CASO COM BEIJA-FLORES.....7

INTRODUÇÃO8

METODOLOGIA9

RESULTADOS10

DISCUSSÃO11

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....13

CAPÍTULO DOIS: VARIAÇÕES TEMPORAIS NA CONDIÇÃO CORPORAL DE

BEIJA-FLORES SÃO INFLUENCIADAS POR MIGRAÇÃO E REPRODUÇÃO?23

INTRODUÇÃO24

METODOLOGIA25

RESULTADOS26

DISCUSSÃO27

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....29

RESUMO

LIMA, VITOR ARAUJO, M.Sc., Universidade Vila Velha - ES, março de 2013.
Varição sazonal da condição corporal de beija-flores. Orientador: James Joseph Roper.

Condição corporal é o estado do organismo relacionado com a probabilidade de sobreviver, reproduzir ou ambos, tal como um quadro do estado fisiológico e pode refletir a habilidade de forragear, de competir, de enfrentar pressões ambientais e da combinações destes fatores, esta condição frequentemente é definida como uma medida da quantidade de energia armazenada. Em estudos com animais vivos o uso das medidas morfológicas do corpo pode permitir calcular um índice que indique a condição corporal. Uma variedade de fórmulas e métodos estatísticos têm sido propostas para padronizar uma estimativa de condição e continua o debate sobre quais destes são mais adequados. Assim, no primeiro capítulo testamos o uso de resíduos de regressão como estimativa da condição corporal de beija-flores. Observamos várias possibilidades e comparamos elas entre as espécies para também ver se todas as espécies podem usar o mesmo índice. No segundo capítulo testamos como a condição varia ao longo do ano por uma comunidade de beija-flores e comparamos os padrões de variação de condição entre as várias espécies. Assim, testamos três hipóteses: 1) condição varia ao longo do ano, 2) condição é associada com migração e reprodução, e 3) as várias espécies mostrarão padrões semelhantes de variabilidade de condição, porque são as mesmas exigências que determinam a mudança de condição. Algumas espécies de beija-flor têm padrões semelhantes ao longo do ano, mas parece independente do tamanho ou outras características das espécies. Também, espécies migratórias têm um aumento de peso antes de migrar e retornam pesando menos do que quando partiram. Assim, sugere que as exigências da migração fazem com que forrageiam para armazenar energia antes de migrar, assim aumentando o peso e ao retornarem, o alto gasto energético “elimina” o excesso de energia acumulada.

Palavras-chave: aptidão, índice de condição corporal, trochilidae.

Capítulo Um: O uso de regressão para estimar condição: um estudo de caso
com beija-flores

Introdução

Condição corporal é o estado do organismo relacionado com a probabilidade de sobreviver, reproduzir ou ambos, tal como um quadro do estado fisiológico e pode refletir a habilidade de forragear, de competir, de enfrentar pressões ambientais e das combinações destes fatores (Jakob et al. 1996), esta condição frequentemente é definida como uma medida da quantidade de energia armazenada (gordura ou proteína, Hostedde 2001). Avaliações da condição corporal podem incluir hormônios ou medida direta do tecido adiposo, entre outras, mas vários destes métodos são difíceis de serem praticados por serem excessivos quanto ao consumo do tempo, muito invasivos ou fatais (Jakob et al. 1996). Similarmente, como indicador de estado corporal, o sucesso reprodutivo é frequentemente difícil de medir porque é difícil achar indivíduos reproduzindo na natureza (com medidas de condição) ou a reprodução mesma pode variar com as condições do ambiente (Jakob et al. 1996, Gillespie 1977). Em estudos com animais vivos o uso das medidas morfológicas do corpo pode permitir calcular um índice que indique a condição corporal (Meka & McCormick 2005, Stevenson & Woods 2006, Quetglas et al. 2011). Uma variedade de fórmulas e métodos estatísticos têm sido propostas para padronizar uma estimativa de condição e continua o debate sobre quais destes são mais adequados (Willemsen & Hailey 2002, Stevenson & Woods 2006, Peig & Green 2010). Entre os métodos convencionais temos as razões simples ou os índices simples, em que se calcula uma razão entre a massa corporal e o comprimento de uma medida linear. Este tipo de índice tem sido utilizado há muito tempo e possui como principais exemplos o índice de Fulton (Lamaze et al. 2012) e de Quételet (Cossio-Bolaños et al. 2012). O índice de Fulton é comumente usado em peixes, que diferentemente de beija-flores possuem morfologia bem fixa, assim é calculado da relação entre peso e comprimento total do peixe, sendo peso dividido pelo comprimento total ao cubo. A explicação de Fulton (Valencia 2003, Nash et al. 2006) para esta construção seria o aumento do peso conforme o cubo do comprimento, assim um peixe que tenha o seu comprimento dobrado, terá seu peso aumentado em oito vezes (Nash et al. 2006). Já o índice de Quételet utiliza o peso dividido pelo quadrado da altura, este é aplicado em humanos referente a saúde e obesidade (Keys et al. 1972).

Em ecologia o índice mais usado é o residual de regressão linear, no qual utiliza-se a relação entre massa corporal e uma ou várias medidas lineares de corpo (Jakob et al. 1996, Marshall 1999, Schulte-Hostedde et al 2001; Ardia 2005; Schulte-

Hostedde et al. 2005). Assim, o resíduo desta regressão indica a diferença de peso observada e o esperado pelo tamanho do corpo. Quando um indivíduo é mais pesado do que previsto pela reta (*i.e.*, em boas condições) os resíduos são positivos e grandes e quando mais leve do que previsto, resíduos são negativos, e grandes (indicando baixa condição). O uso de regressão para estimar condição é comum em animais relativamente grandes (Lanna et al. 1995, Harlow e Buskirk 1991, Berger 2012), mas em animais homeotérmicos pequenos cujas demandas energéticas são altas, pode minimizar a variância da morfologia. Assim, não é claro se existe a variabilidade de tamanho (por exemplo, comprimento de bico ou asa) e peso que geraria resíduos que indicam a condição corporal como para animais maiores.

No sul do Brasil, uma comunidade de aproximadamente 15 espécies de beija-flores tem espécies que migram durante uma parte de ano, e outras não. Algumas espécies mudam em abundância ao longo de ano, e outras não tanto. Algumas espécies sempre são comuns, e outras não. Assim, há interesse em determinar se há momentos em tempo em que os recursos são mais ou menos abundantes, se algum fator como migração e reprodução tem custo (reduzindo a condição) e outras razões para entender como a condição varia ao longo do ano. Também, por serem pequenos com voo energético, armazenar graxas pode não ser viável como em aves maiores, e mamíferos. Assim, há necessidade de poder estimar bem e precisa, o estado de condição dos beija-flores. Por ser uma nova ideia, não há exemplos. Assim, aqui testamos o uso de resíduos de regressão como estimativa da condição corporal de beija-flores. Testamos várias possibilidades e comparamos elas entre as espécies para também ver se todas as espécies podem usar o mesmo índice. Assim, esperamos fornecer uma nova ferramenta para o estudo da ecologia de beija-flores.

Metodologia

Beija-flores (família Trochilidae) foram capturados desde 2005 no sul do Brasil em uma residência particular rural de 1 ha perto de fragmentos e corredores da Mata Atlântica (25.5217°S, 49.0925°W, 995m). A vegetação local é Floresta Ombrófila Mista e Densa (Reginato & Goldenberg 2007).

As capturas foram feitas em uma armadilha com bebedouro dentro. Os bebedouros continham solução de água com 20% de glicose sempre disponível. As aves capturadas foram pesadas (com 0,1 de precisão), e a morfologia foi medida

com paquímetro seguindo as normas dos estudos de aves, incluindo comprimento do bico, da asa, da cauda, do tarso metatarso, e espessura e largura do bico (antes de 2011). Depois de 2011, usamos balança digital com 0,01 g de precisão e fotos padronizadas com régua dentro para depois medir no computador por meio do programa ImageJ (Rasband 2012). Nas fotos, mais medidas foram possíveis que não são praticáveis com apenas paquímetro, nós as incluímos para testar sua aplicabilidade neste trabalho. Estas variáveis foram largura da cabeça, diâmetro do olho, distância olho-bico, comprimento da boca.

Para estimar a condição corporal das aves propomos usar a regressão simples ou múltipla para prever peso (variável dependente) e as medidas morfológicas (variáveis independentes). Propomos *a priori* que, no caso da regressão relativamente forte (R^2 ou $r^2 > 0,65$) e estatisticamente significativa, os resíduos devem indicar bem a condição corporal. Para comparar os valores deste trabalho com outros, e possivelmente explicar as diferenças, utilizamos o coeficiente de variação (CV) para comparar a variabilidade das medidas lineares dos beija-flores às de outras espécies de aves. Se beija-flores variam mais, pode reduzir a qualidade da regressão (por reduzir o r^2). As análises foram feitas no programa R (R Development Core Team 2005).

Resultados

Beija-flores de nove espécies em 3061 capturas foram usados nestas análises (Tabela 1). Como ferramenta rápido para determinar quais variáveis podem gerar resíduos úteis, fizemos a matriz das correlações simples entre as variáveis morfológicas e peso, por espécie. Na matriz de correlações de todas as variáveis morfológicas e peso, descobrimos que as coeficientes de correlação foram quase sempre $r < 0,65$ (Fig. 5). Em *Amazilia versicolor* nenhuma correlação entre as variáveis e peso foi maior que 0,25 (indicando $r^2 < 0,07$). E, isso indica que as variáveis são independentes, e por definição, o resíduo da regressão não contém informação além do que simplesmente usar o desvio da média de peso. Assim, neste caso, e outros parecidos, resíduos não foram justificados como estimativas de condição. Em machos de *Anthracothorax nigricollis* houve relação entre o peso e o comprimento do bico ($r = 0,39$, g.l. = 38, $p = 0,015$, Fig. 2,) e em machos de *Colibri serrirostris* nenhuma correlação entre as várias variáveis e com peso foi maior que 0,32 (comprimento do culme). o mesmo ocorreu em machos de *Chlorostilbon lucidus*, em que nenhuma correlação entre as várias variáveis e com peso foi maior

que 0,12 (largura da cabeça) e em machos de *Thalurania glaucopis* em que nenhuma correlação entre as várias variáveis e com peso foi maior que 0,26 (espessura do bico). Os resíduos também não foram usados em fêmeas de *Thalurania glaucopis* no qual a correlação ocorreu entre as variáveis e peso, nenhuma foi maior que 0,43 (medida do comprimento da cauda) e na espécie *Leucochloris albicollis* onde nenhuma correlação entre as várias variáveis e com peso foi maior que 0,17 (Fig. 3, comprimento da asa).

Condição a partir da regressão linear.- nenhuma variável foi fortemente correlacionada com peso. As variáveis morfológicas foram surpreendentemente independentes em todas as espécies. Uma regressão usando as variáveis peso e comprimento do bico não indicaram relação satisfatória em machos da espécie *Anthracothorax nigricollis* ($r^2 = 0,15$, $F_{1,38} = 6.46$, $p = 0,003$). Assim, nenhuma destas novas medidas resultou em uma forte relação com peso para justificar o uso dos resíduos como estimativa de condição.

Uma vez que ficou claro que regressões (e, por sua vez, resíduos) não são apropriadas para estimar condição em beija-flores, procuramos entender se em beija-flores, havia mais variação nas morfologia do que em outras espécies maiores. Pela coeficiente de variação nestas espécies aqui (Fig. 4), vemos que os valores são semelhantes aos valores de outros estudos (*Geospiza fortis* (CV = 26%, Postma e Noordwijk 2005), e o coeficiente de variação do bico da espécie *Ammodramus savannarum* (CV = 1%), coeficiente de variação da asa de *Oreoscoptes montanus* (CV = 5%) (Wiens e Rotenberry 1980). Assim, dentro da escala de beija-flores, a morfologia não parece mais variável do que a morfologia de espécies maiores. Então, concluímos que seja como for, as variáveis morfológicas de adultos de beija-flores são independentes do peso, logo a regressão é desnecessária e não indicada para estimar condição. Como consequência, simplesmente usar o desvio da média de peso como uma medida de condição seria igual ou melhor do que resíduos de regressão.

Discussão

Surpreendentemente, peso é independente de medidas morfológicas em oito espécies da família Trochilidae, e como consequência o resíduo da regressão não é útil para estimar condição corporal. É comum analisar as relações entre a estimativa ou índice da condição e parâmetros ecológicos (e.g., investimento reprodutivo Macedo & Pinto-Coelho 2000, sobrevivência Meurer et al. 2003 , fecundidade

Martins et al. 2008 e sucesso reprodutivo Camara et al. 2011). Aqui, nosso resultado é bem diferente de outras espécies de aves e de outras espécies de beija-flores (Stiles, 1975), porque as medidas da morfologia e peso são relativamente independentes. Surge a dúvida de que se foram usados simplesmente desvios das médias do peso, estes outros estudos teriam obtido os mesmos resultados.

O principal objetivo dos métodos que medem condição corporal é estimar bem a condição, para qual precisa controlar o tamanho estrutural do organismo, que deve refletir a quantidade de energia armazenada, ou a falta de massa devido ao estresse ambiental, em forma de gordura ou outra reserva (ou a sua falta). Na maioria dos vertebrados, as medidas lineares de morfologia são mais fortemente correlacionadas com peso, porque os organismos mantêm uma certa alometria (Lasiewsky & Calder 1971). Também, o peso, uma medida de volume, deve crescer com as medidas lineares. Assim, em beija-flores, a julgar pelos coeficientes de variação, a amplitude da variação é grande e indivíduos variam muito entre si. Dentro da amplitude da variação as outras variáveis variam independentemente, assim temos por exemplo de comprimento da asa não varia com um padrão comum entre as espécies da família (Loehr et al. 2007, Wayne e Mason 2008, Thomson et al. 2009, Gómez-Campos 2011, Quetglas et al. 2011).

Usar medidas e matemática para estimar condição ao invés de abrir um animal e medir a sua gordura é melhor por não precisar matar o organismo (Jakob et al. 1996). Entretanto, deve-se tomar cuidado com esta abordagem porque ainda questões não são resolvidas (Marshall et al. 1999). Por exemplo, será que existem alguns táxons ou órgãos mais inclinados a exibir uma relação complexa de escala entre tamanho e massa do que outros? Existe uma regra geral sobre o quão grande uma variedade de tamanhos de corpo deve-se incluir em uma análise? Tais respostas são importantes quando partes armazenadoras de gordura do corpo se comportam de forma não-linear com o tamanho do corpo (Marshall et al. 1999). Nossos resultados aqui sugerem que, talvez pelo tamanho pequeno e a alta demanda energética dos beija-flores, não é evidente como estimar condição usando a regressão, porque as medidas corporais não controla pelo tamanho do indivíduo. Isso pode ser porque: 1) beija-flores processam energia rapidamente, possivelmente sem a habilidade de armazenar muita energia em forma de carboidrato, e 2) devido às exigências do voo, deve haver um peso "ideal" pelo tamanho do animal que otimiza o voo. Assim o indivíduo que pesar mais gera mais trabalho e, conseqüentemente, aumentará os gastos energéticos. Assim, mostramos que as

variáveis morfológicas são muito variáveis e independentes entre si, e o desvio da média de peso pode substituir como estimativa razoável de condição.

A interpretação de um índice de condição corporal meramente calculado de medidas lineares e de peso, ainda é algo observado como duvidoso e entendido com certa carga de cautela. Ressaltando que o escopo destes índices são de importância fundamental na ecologia pois são métodos não destrutivos de coleta destes dados, é necessários mais estudos sobre as diferentes respostas que podem ser coletadas em diferentes grupos taxonômicos. Assim, recomendamos que uma vez que as variáveis morfológicas são relativamente independentes de peso, podemos simplesmente usar os desvios de peso mesmo como estimativa da condição corporal.

Referências bibliográficas

- Ardia, D. R. 2005. Super size me: an experimental test for the factors affecting lipid content and the ability of residual body mass to predict lipid stores in nestling European starlings. *Functional Ecology* 19: 414–420.
- Berger, J. 2012. Estimation of Body-Size Traits by Photogrammetry in Large Mammals to Inform Conservation. *Conservation Biology* 26: 769–777.
- Camara, E. M., E. P. Caramaschi & A. C. Petry. 2011. Fator de condição: bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes. *Oecologia Australis* 15: 249-274.
- CoHort Software. 2008. CoPlot. www.cohort.com. Monterey, California.
- Cossio-Bolaños, M. A., T. S. Maria, R. G. Campos, E. H. F. Pascoal, J. E. Hespanhol, M. Arruda. 2012. O uso das curvas de crescimento da Organização Mundial da Saúde em crianças e adolescentes que vivem em regiões de altitude moderada. *Revista Paulista de Pediatria* 30(3):314-320
- Gillespie, J. H. 1977. Natural selection for variances in offspring number: a new evolutionary principle. *American Naturalist*: 111: 1010-1014.
- Harlow, H. e S. Buskirk. 1991. Comparative Plasma and Urine Chemistry of Fasting White-Tailed Prairie Dogs (*CynomysLeucurus*) and American Martens (*MartesAmericana*): Representative Fat-Bodied and LeanBodied Animals. *Physiological Zoology* 64:1262-1278.
- Hostedde, S. 2001. Evaluating body condition in small mammals. *Canadian Journal Zoology* 79: 1021–1029.
- Jakob, E. M., S. D. Marshall e G. W. Uetz. 1996. Estimating *fitness*: a comparison of

- body condition indices. *Oikos* 77: 61-67.
- Keys, F., F. Fidanza, M. Karvonen, Kimura N. Taylor, H.L. 1972. Indices of relative weight and obesity. Pergamon Press 25: 329-343.
- Lamaze, F.C., D. Garant, L. Bernathez. 2012. Stocking impacts the expression of candidate genes and physiological condition in introgressed brook charr (*Salvelinus fontinalis*) populations. *Evolutionary Applications* 1-15.
- Lanna, D.P.D., C. Boin, G.F. Alleoni e Leme, P.R. 1995. Estimativa da composição corporal de tourinhos Nelore através da composição de cortes de costela. *Scientia Agricola* 52: 189-197.
- Lasiewski R.C. e W.A. Calder. 1971. A preliminary allometric analysis of respiratory variables in resting birds. *Respiratory Physiology* 11:152–166.
- Loehr, V.J.T., M.D. Hofmeyr e B.T. Henen. 2007. Annual variation in the body condition of a small, arid-zone tortoise, *Homopus signatus signatus*. *Journal of Arid Environments* 71: 337–349.
- Macedo, C. F. e R. M. Pinto-Coelho. 2000. Efeito das algas *Ankistrodesmus gracilis* e *Scenedesmus quadricauda* no crescimento e no índice lipídico de *Daphnia laevis* e *Moina micrura*. *Acta Scientiarum* 22: 397-401.
- Marshall, S. D., E. M. Jakob, G. W. Uetz. 1999. Re-estimating fitness: can scaling issues confound condition indices?. *Oikos* 87(2): 401-492.
- Martins C. R., J. L. F. O. Pouey, P. R. S. Lopes e B. S. Vaz. 2008. Utilização de hipófise de voga (*Cyphocharax voga*) na indução à reprodução do jundiá *Rhamdia quelen*. *Revista Brasileira de Agrociência* 14: 102-106.
- Meka, J.M. e McCormick, S.D. 2005. Physiological response of wild rainbow trout to angling: impact of angling duration, fish size, body condition, and temperature. *Fisheries Research* 72: 311-322.
- Meurer, F., C. Hayashi e W. R. Boscolo. 2003. Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da Tilápia do Nilo durante a reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32: 262-267.
- Nash, R.D.M., A.H. Valencia e A.J. Geffen. The origin of Fulton's Condition Factor – Setting the record straight. *Fisheries*. 31:236-238.
- Peig, J. e A. J. Green. 2010. The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Functional Ecology*. 24: 1323-1332.
- Persegona, J. E., L. Corrêa, Roper, J. J. 2009. Interações estacionais entre beija-flores (Trochilidae) em uma região de écotone no município de Piraraquara,

- Panamá. *Revistas de Estudos de Biologia* 31(73/74/75): 49-58.
- Postma, E. e A. J. V. Noordwijk. 2005. Genetic Variation for Clutch Size in Natural Populations of Birds from a Reaction Norm Perspective. *Ecology* 86: 2344-2357.
- Quetglas, A. Ordines, F. e Valls, M. 2011. What drives seasonal fluctuations of body condition in a semelparous income breeder octopus?. *Acta Oecologica* 37: 476-483.
- R Development Core Team. 2005. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3900051-070. [URL:http://www.R-project.org](http://www.R-project.org).
- Rasband, W.S. 2012. ImageJ. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. <http://imagej.nih.gov/ij/>.
- Reginato, M. & Goldenberg, R. 2007. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. *Hoehnea* 34(3): 349-364.
- Schulte-Hostedde, A.I., J.S. Millar, e G.J Hickling. 2001. Evaluating body condition in small mammals. *Canadian Journal of Zoology* 79: 1021–1029.
- Schulte-Hostedde, A. I., Z. Bertram, J. S. Millar, e G. J. Hickling. 2005. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology* 86: 155-163.
- Stevenson, R. D. e W. A. Woods. 2006. Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integrative e Comparative Biology* 46: 1169-1190,
- Stiles, F. G. 1975. Ecology, Flowering Phenology, and Hummingbird Pollination of Some Costa Rican Heliconia Species. *Ecology* 56: 285-301.
- Thomson, J. A., D. Burkholder, M. R. Heithaus, L. M. Dill. 2009. Validation of a Rapid Visual-Assessment Technique for Categorizing the Body Condition of Green Turtles (*Chelonia mydas*) in the Field. *Copeia* 2: 251-255.
- Valencia, H. A. 2003. Assessment of the allometry and length-at-age in the growth of fishes. Ph.D. thesis, University of Liverpool.
- Willemsen, R. E. e Hailey, A. 2002. Body mass condition in greek tortoise: regional and interspecific variation. *Herpetological Journal*. 12: 105-114.
- Waye, H. L. e R. T. Mason. 2008. A combination of body condition measurements is more informative than conventional condition indices: Temporal variation in body condition and corticosterone in brown tree snakes (*Boiga irregularis*). *General and Comparative Endocrinology* 155: 607–612.
- Wiens, J. A. e J. T. Rotenberry. 1980, Patterns of Morphology and Ecology in Grassland and Shrubsteppe Bird Populations. *Ecological Monographs* 50: 287-

308.

Tabela 1: A lista das espécies em ordem de tamanho (peso médio, com comprimento do bico médio) neste estudo.

Espécie*§	Peso	Comprimento do bico
<i>Eupetomena macroura</i> (Gmelin, 1788)	8,94	8,94
<u>18.55</u> <i>Florisuga fusca</i> (Vieillot, 1817)	7,79	19,50
<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817)*	6,79	21,75
<i>Clytolaema rubricauda</i> (Boddaert, 1783)*	6,75	18,19
<i>Colibri serrirostris</i> (Vieillot, 1816)*	6,46	19,68
<i>Amazilia fimbriata</i> (Gmelin, 1788)§	6,43	19,35
<i>Leucochloris albicollis</i> (Vieillot, 1818)§	6,12	19,01
<i>Thalurania glaucopis</i> (Gmelin, 1788)*§	5,18	15,05
<i>Amazilia versicolor</i> (Vieillot, 1818)§	4,39	14,24
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (Shaw, 1812)*§	3,63	16,72
<i>Stephanoxis lalandi</i> (Vieillot, 1818)*§	3,31	15,60
<i>Calliphlox amethystina</i> (Boddaert, 1783)*§	2,46	10,66

* indica espécies com dimorfismo sexual. § indica espécies residentes.

Legendas

Figura 1: Área de estudo localizada na cidade de Curitiba, sul do Brasil - PR. Seta indica o local das capturas dos beija-flores (993 m altitude). Figura 2: A relação entre o peso e comprimento de asa para *Anthracothorax nigricollis* ilustrando a regressão mais forte entre todas as variáveis e peso entre todas as espécies analisadas. Uma vez que o r^2 foi menor que 0,65, a regressão não gera resíduos que funcionam para estimativas precisas para a condição corporal.

Figura 3: A relação entre o peso e comprimento de asa para *Leucochloris albicollis*, a espécie que possui maior número amostral. Ilustrando a sua regressão mais forte entre todas as variáveis e peso. Uma vez que o r^2 (coeficiente de determinação) foi significativo, mas menor que 0,65, entende-se que não funcionam como estimativas precisas para a condição corporal. Figura 4: Coeficiente de variação do peso, comprimento do bico e da asa de cada espécie. Ilustrando que a grande variabilidade é o motivo da regressão não funcionar bem para estimar a condição corporal. Sendo ordenadas da direita para esquerda, espécies repetidas indicam primeiro macho e em segundo fêmea. Figura 5: Tamanho amostral e coeficiente de correlação usados em análise de regressão entre peso e medidas lineares de beija-flores. Note que tamanho amostral está independente de coeficiente de correlação.

Figura 1

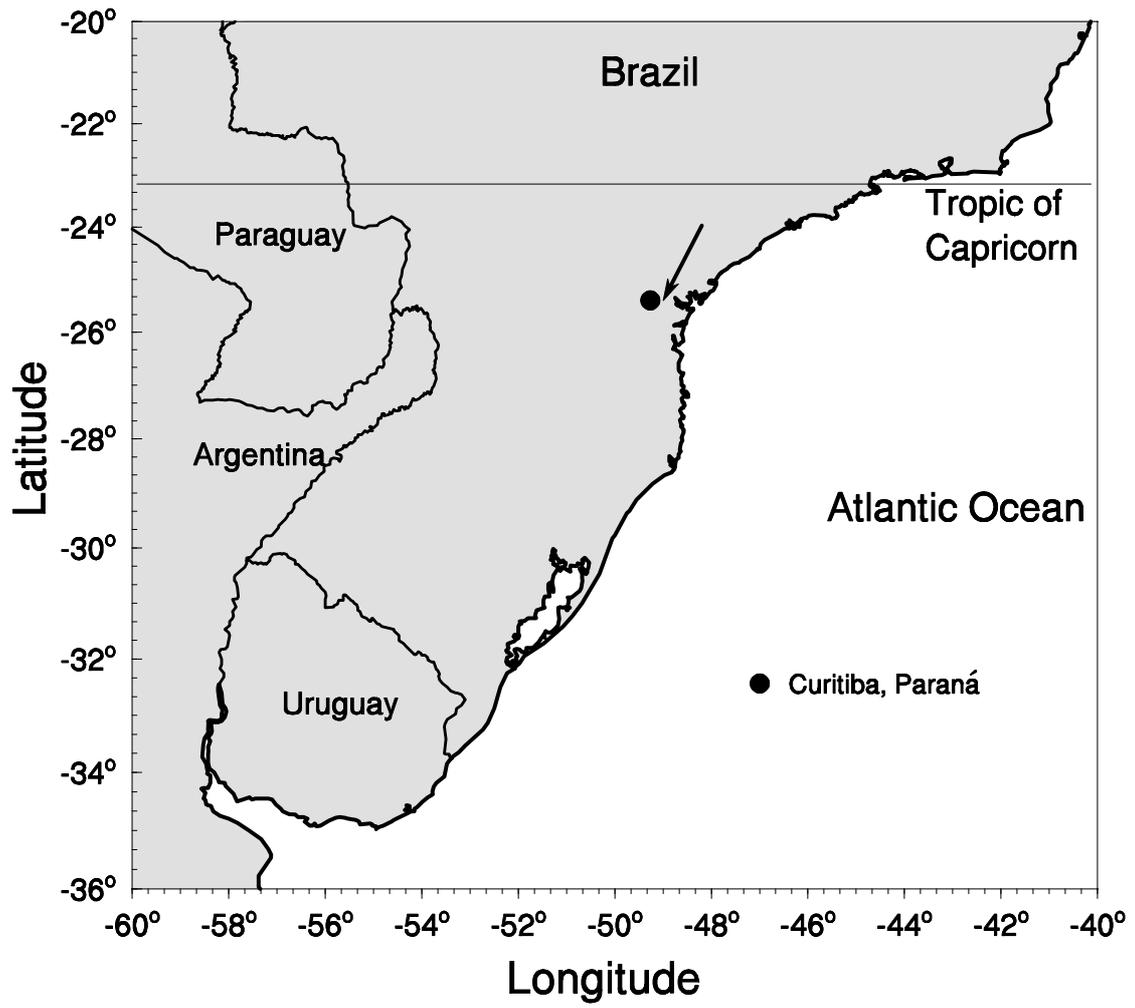


Figura 2

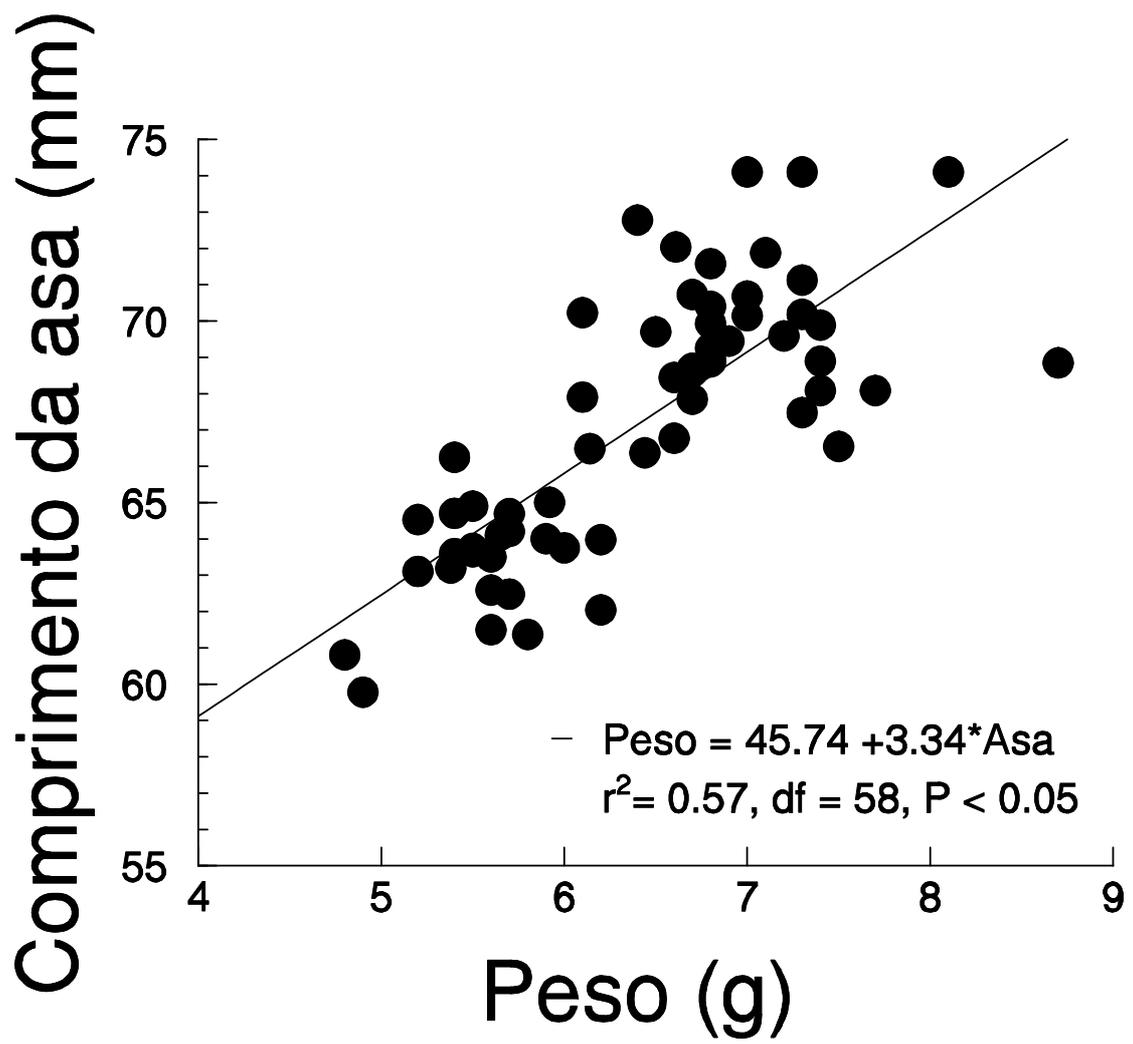


Figura 3

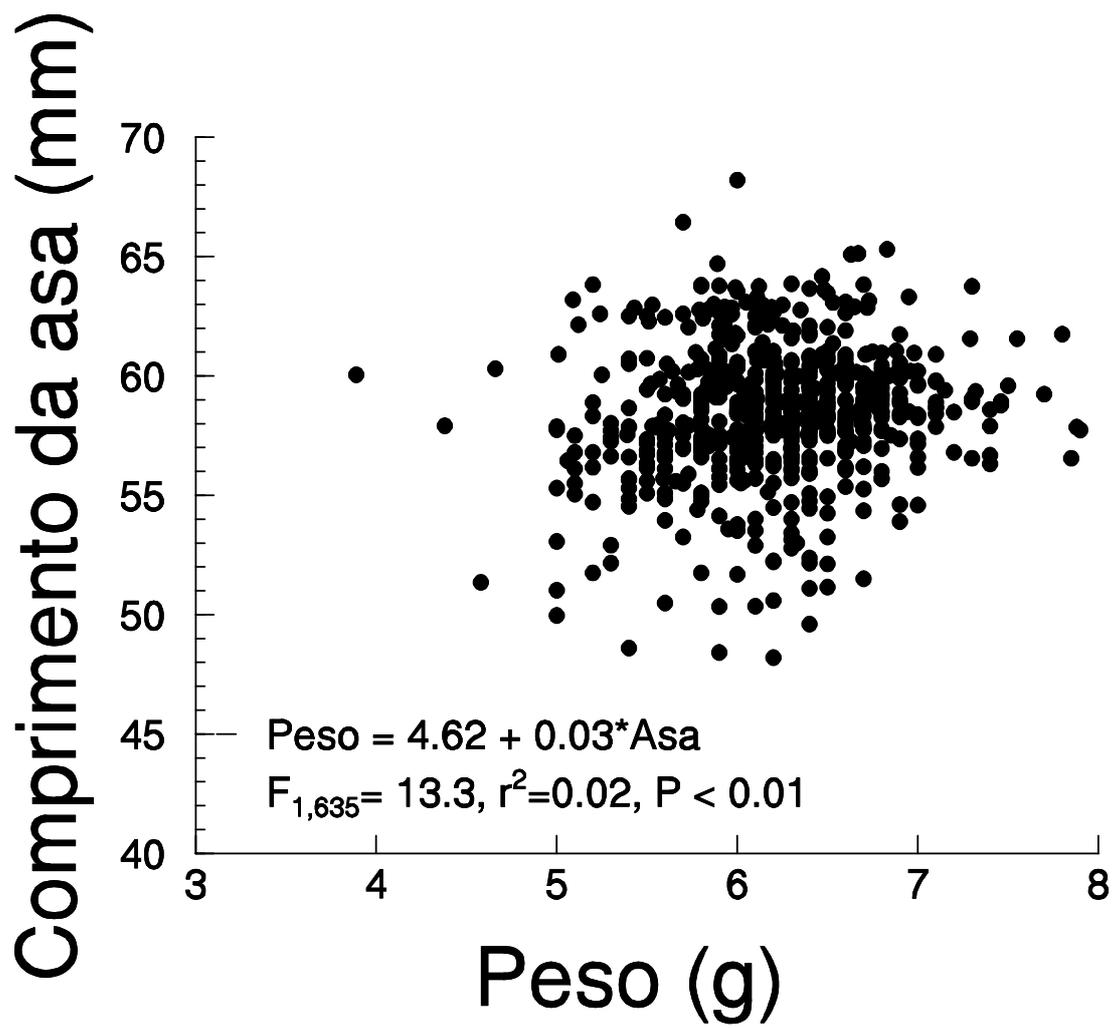


Figura 4

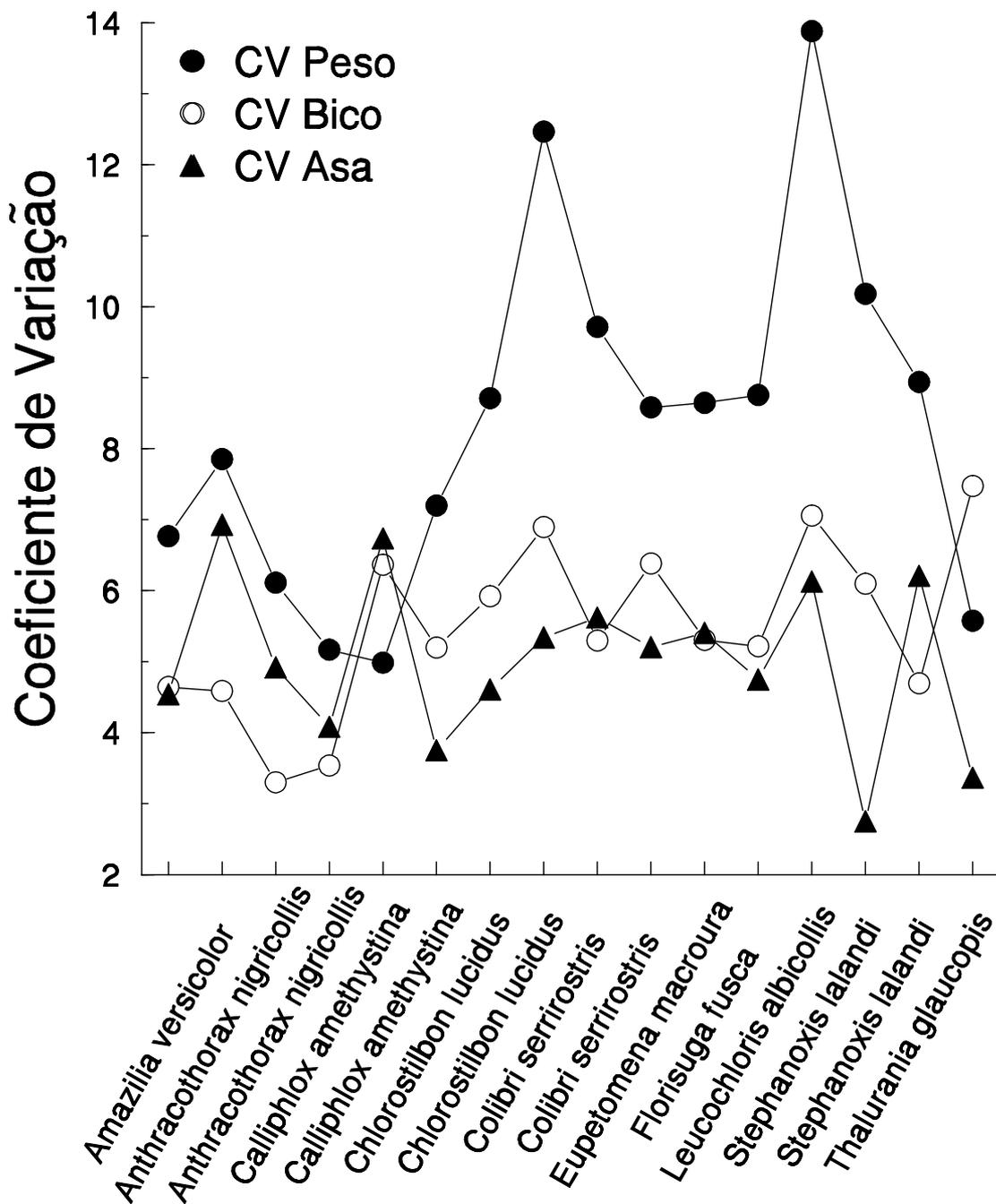
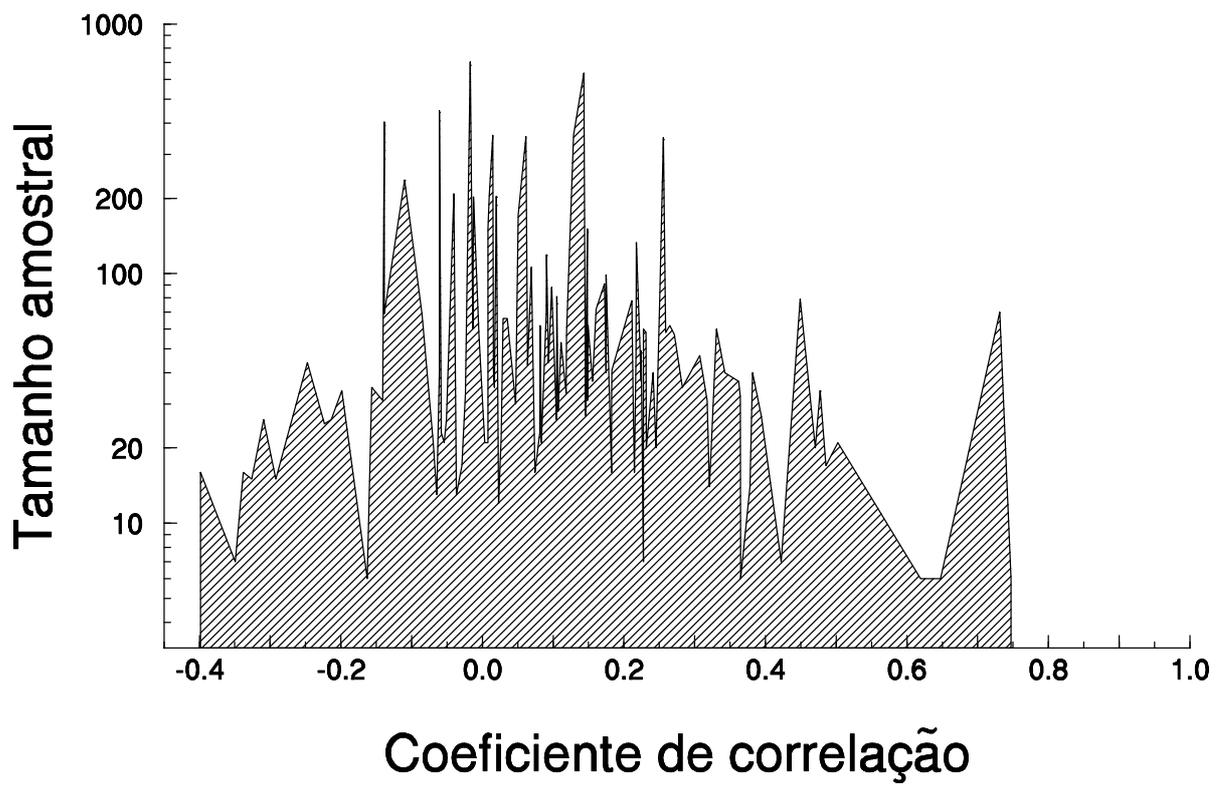


Figura 5



Capítulo dois: Variações temporais na condição corporal de beija-flores são influenciadas por migração e reprodução?

Introdução

Aves armazenam energia na forma de tecido adiposo muito pouco em comparação aos outros vertebrados (Gill, 2006). Em beija-flores, a aquisição de energia é muito importante porque têm as maiores taxas de metabolismo por massa específica entre os vertebrados (Suarez, 1992). A habilidade de manter ou aumentar a massa corporal pode ser importante, porque pode aumentar probabilidade de sobreviver, especialmente durante períodos onde há alta demanda energética tal como alto custo termoregulatório ou o estágio pré-migratório (Carpenter et al. 1993). Possivelmente a alta taxa metabólica torna difícil para os beija-flores armazenar energia (Hainsworth 1978, Rezende et al. 2002).

O conceito de condição corporal deve indicar o estado do organismo, com respeito às probabilidades de sobreviver e reproduzir (Krebs e Singleton 1993, Schulte-Hostedde et al. 2007). A condição depende das demandas energéticas no decorrer do tempo (Proulx e Magnan 2004, Martin e Pfennig 2009) e pode variar ao longo do tempo refletindo o estado fisiológico do indivíduo (Jakob et al. 1996). A adversidade ambiental pode ter efeitos imediatos no desempenho do animal, diminuindo fecundidade, sobrevivência ou ambos (Lindstrom 1999). Assim, por definição, um animal que tem mais reservas energéticas do que outro animal é considerado em melhores condições (Schulte-Hostedde et al. 2007).

Beija flores são especialistas em um recurso, o néctar, e aproximadamente 90% do alimento provêm do néctar (Shuchmann 1996, Rappole e Shuchmann 2003). Pelo fato da produção de néctar floral ser variável ao longo do ano, os beija-flores devem equilibrar e balancear a sua habilidade de aproveitar a concentração dos recursos no tempo e espaço (Shuchmann 1996, Rappole and Shuchmann 2003). Esta dependência do recurso sazonal significa que cada espécie de beija-flor deve possuir um modo específico de conseguir a quantidade necessária de néctar. Esta coexistência de várias espécies em simpatria é possível devido a algumas adaptações: diferença no tamanho corporal, diferença na estrutura do bico, diferença no uso de habitat, diferença na estratégia de forrageamento e diferença no uso do torpor (Shuchmann 1999).

Em um ambiente com clima, fotoperíodos e fenologias dos recursos (i.e. plantas) tão variáveis é esperado que a condição dos beija-flores deve variar também (Graco, 2009). Assim, a estimativa de condição indicaria quais épocas do ano recursos são mais escassez, e quando são mais abundantes. Também, pode indicar quando estes animais encontram-se em estágio reprodutivo e migrando,

porque os gastos energéticos devem refletir estas demandas. Assim, neste estudo testamos como a condição varia ao longo do ano por uma comunidade de beija-flores e comparamos os padrões de variação de condição entre as várias espécies. Assim, testamos três hipóteses: 1) condição varia ao longo do ano, 2) condição é associada com migração e reprodução, e 3) as várias espécies mostrarão padrões semelhantes de variabilidade de condição, porque são as mesmas exigências que determinam a mudança de condição.

Metodologia

Beija-flores foram capturadas em uma propriedade particular rural (25.5217°S, 49.0925°W, 993 m) dentro de uma matriz de remanescentes da Mata Atlântica, com áreas adjacentes bem preservadas, no município de Piraquara, no sul do Brasil (Figura 1). Capturamos beija-flores desde 2005 por meio de umas armadilhas com um bebedouro dentro. Os bebedouros continham solução de glicose 20% sempre disponível. Durante as capturas, os beija-flores entram na armadilha e o pesquisador puxa uma corda para fechar a porta.

Indivíduos capturados foram pesados e medidos, usando as medidas típicas de estudos de aves. Estimar condição envolve o uso de regressão, mas foi demonstrado que na maioria das espécies de beija-flores o peso é independente das medidas morfológicas de adultos (Araújo-Lima e Roper 2013). Assim, para analisar a variabilidade de condição ao longo do ano, usamos simplesmente o peso dos indivíduos.

Espécies residentes e não residentes foram determinadas segundo Persegona et al. (2009, Tabela 1). Espécies residentes foram capturadas em todos (ou quase todos) os meses e não residentes aquelas que foram ausentes nas capturas por três ou mais meses. Indivíduos jovens foram identificados pela coloração das penas e foram excluídos das análises.

Nestas capturas são incluídas recapturas de vários indivíduos, em razão disto ver como o peso destes indivíduos muda de uma captura para a outra. Assim, comparando a mudança individual com as mudanças das populações, podemos testar a coerência do uso de peso como estimativa de condição. Testamos se condição varia ao longo do ano por meio de Análise de Variância (ANOVA), com mês como tratamento e peso como a variável dependente, por espécie (e por sexo, com as espécies dimórficas). Utilizamos o teste Tukey para testar se os pesos foram ou maiores ou menores nos meses antes e depois de sumir (nas espécies não

residentes). Também, pelo mesmo teste, testamos se as espécies residentes seguiram o mesmo padrão (que indicaria mudança nos recursos se todas as espécies aumentam e diminuem peso nos mesmos meses). Similarmente, testamos que peso está correlacionada entre espécies sobre tempo, para testar a ideia de que os beija-flores estão sujeitos aos mesmos recursos e clima, então, todas as espécies devem se comportar similarmente ao longo do tempo. Também foi feito um teste de correlação com os desvios dos pesos das espécies divididas em grupos de dias do ano para saber se a variação ao longo do ano era relacionada entre as espécies.

Testamos se peso de indivíduos recapturados seguem o mesmo padrão da população (por espécie) por meio de teste de correlação. Assim, o desvio de média do indivíduo foi calculado em cada recaptura. Correlacionamos este desvio com peso média da população sobre tempo. As análises foram feitas no programa R (R Development Core Team 2005) e os gráficos foram feitos no programa Coplot (CoHort software 2008).

Resultados

Condição varia ao longo do ano – A única espécie não residente, em que a condição variou com o tempo foram as fêmeas ($F_{8,38} = 3,51$, $p = 0,004$) de *Anthracothorax nigricollis*, enquanto isto, nas espécies residentes, as fêmeas ($F_{8,44} = 2,18$, $p = 0,047$) e machos ($F_{11,122} = 3,13$, $p = 0,001$) de *Thalurania glaucopis*, indivíduos de sexo indeterminado de *Leucochloris albicollis* ($F_{11,1288} = 10,45$, $p < 0,05$) e machos de *Chlorostilbon lucidus* ($F_{8,167} = 5,78$, $p < 0,05$) tiveram a sua condição corporal variando sobre o tempo.

Condição corporal associada com ciclo anual – A espécies *Colibri serrirostris* (Figura 3, $F_{11,261} = 3,23$, g.l. = 261, $p < 0,05$), machos de *Chlorostilbon lucidus* (Figura 3, $F_{8,167} = 15,90$, g.l. = 167, $p < 0,05$), machos de *Thalurania glaucopis* ($F_{11,122} = 3,13$, g.l. = 122, $p < 0,05$), fêmeas *Thalurania glaucopis* ($F_{9,52} = 2,57$, g.l. = 52, $p < 0,05$), *Leucochloris albicollis* (Figura 3, $F_{11,1287} = 10,43$, g.l. = 1287, $p < 0,05$) e fêmeas de *Anthracothorax nigricollis* (Figura 3, $F_{8,44} = 3,62$, g.l. = 44, $p < 0,05$) mostraram que a condição corporal está associada com o ciclo anual, tendo melhores condições em período pré-migratório do que em período pós-migratório.

As espécies cujas recapturas seguiram o padrão da população foram os

machos de *Anthracothorax nigricollis* ($r = 0,77$, $n = 23$, $p < 0,05$), machos de *Thalurania glaucopis* ($r = 0,64$, $n = 34$, $p < 0,05$), machos de *Chlorostilbon lucidus* ($r = 0,63$, $n = 28$, $p < 0,05$), *Amazilia versicolor* ($r = 0,53$, $n = 45$, $p < 0,05$), *Colibri serrirostris* ($r = 0,66$, $n = 27$, $p < 0,05$), *Florisuga fusca* ($r = 0,52$, $n = 36$, $p < 0,05$) e *Leucochloris albicollis* ($r = 0,64$, $n = 49$, $p < 0,05$). Houve relação no padrão da condição entre as distintas espécies: machos de *Colibri serrirostris* e machos de *Chlorostilbon lucidus* ($r = 0,57$, $n = 17$, $p = 0,01$).

Discussão

Algumas espécies de beija-flor têm padrões semelhantes ao longo do ano, mas parece independente do tamanho ou outras características das espécies. Também, espécies migratórias têm um aumento de peso antes de migrar e retornam pesando menos do que quando partiram. Assim, sugere que as exigências da migração fazem com que forrageiam para armazenar energia antes de migrar, assim aumentando o peso e ao retornarem, o alto gasto energético “elimina” o excesso de energia acumulada.

Condição varia ao longo do ano - os resultados suportam a primeira hipótese que afirma sobre a condição corporal dos indivíduos variar ao longo do ano para os machos da espécie *C. serrirostris*, fêmeas e machos da espécie *A. nigricollis*, fêmeas e machos de *T. glaucopis*, indivíduos de sexo indeterminado de *L. albicollis* e machos de *C. lucidus*. Isto ocorre porque as condições do ambiente são sazonais. As estações do ano se diferem em termos da disponibilidade de recursos. A maioria dos organismos cessa as atividades reprodutivas na estação onde disponibilidade de recurso declina (Eccard et al. 2011, Mabile et al. 2012). Outras espécies ou gêneros de beija-flores não mostraram que o peso varia ao longo do ano, logo não seguem que condição corporal varia ao longo do ano: indivíduos de sexo indeterminado da espécie *A. versicolor*, machos da espécie *C. amethystina*, fêmeas e machos da espécie *C. lucidus*, indivíduos de sexo indeterminado da espécie *E. macroura* e indivíduos de sexo indeterminado da espécie *F. fusca*. Inicialmente pode-se pensar que a diferença ocorre por conta do número amostral, entretanto o grupo do peso invariável quando a condição não se diferencia em termos de amostra e possui uma média aproximada ao grupo do peso que varia sazonalmente (Média = 74, Desvio padrão = 48,19, Erro padrão = 18,21).

Condição associada com ciclo biológico – A espécie *C. lucidus* e *A. nigricollis* parecem corroborar com a literatura ao elevar a sua condição corporal antes do

período que não mais foram capturados (Bêti et al. 2003, Figura 2). Para a espécie *A. nigricollis* este período pode ser considerado pré-migratório, pois trata-se de uma espécie que faz estes movimentos periódicos. Entretanto *C. lucidus* é dita como espécie residente (Persegona et al. 2009), tal como a espécie *F.fuscus* e ambas variam do mesmo modo: repetindo comportamento de aumento de peso e melhora da condição antes de "migrar". Este comportamento não se relaciona com o peso médio da espécie (Capítulo 1, Tabela 1), pois estas duas espécies são bem distintas quanto a sua morfometria e o seu peso.

Padrões similares interespecíficos de variabilidade de condição corporal – Os indivíduos machos da espécie *C. lucidus* mostraram padrões similares aos machos da espécie *C. serrirostris* e padrões similares a as fêmeas espécie *A. nigricollis*. Da esquerda para direita e de cima para baixo é possível localizar o primeiro painel da figura no primeiro painel (Figura 2). A variação das espécies *A. versicolor* e *L. albicollis* é muito similar ao longo do tempo, sendo notado o mês de Junho em que os indivíduos possuem melhor condição corporal e o mês de Outubro em que se inicia um aumento crescente da condição corporal populacional. Ambas as espécies são residentes, este pode ser um fato importante na similaridade da variação. Fatores como peso e comprimento do bico parecem não influenciar neste aspecto: temos uma diferença brusca entre estas duas espécies, talvez esta diferença facilite a ocorrência das duas em um mesmo habitat e quando este habitat varia, os indivíduos respondem da mesma maneira. Logo a coexistência interespecífica permitida por grande diferente morfológica permite que estas espécies variem similarmente a sua condição. No painel 2 temos as espécies *A. nigricollis* e *C. serrirostris*, ambas não residentes segundo a literatura: entretanto elas desaparecem do local de captura em épocas diferentes do ano. A ausência de *A. nigricollis* ocorre de maio a julho e *C. serrirostris* ausenta-se em dezembro. É possível identificar o ponto de melhor condição corporal da espécie *C. serrirostris* em abril e coincidentemente é o mês onde há a ausência de *A. nigricollis*. Observando que as duas espécies possuem similaridades quanto à morfometria e o peso, podemos inferir que ocorre algum tipo de influência, quanto a condição corporal, entre as espécies, pois quando uma some, a outra declina em condição ou podemos sugerir que elas prevêm a mudança das condições ambiental de forma a utilizar de mecanismos para evitar isto, tal como a migração de *A. nigricollis*. No quarto painel existem duas espécies residentes e similares no tamanho, esta pode ser a explicação da sincronização na variação corporal dos indivíduos. As espécies

parecem “sentir” igualmente as variações ambientais.

Referências bibliográficas

- Berthold, P. 1999. A comprehensive theory for the evolution, control and adaptability of avian migration. *Ostrich* 70: 1-12.
- Bêti, J., G. Gauthier, e Giroux, J.F. 2003. Body condition, migration and timing of reproduction in snow geese: a test of the condition-dependent model of optimal clutch size. *The american naturalis* 162(1): 110-121.
- Bolnick, D.I., C.K. R. Svanba, J.A. Fordyce, L.H. Yang, J.M. Davis, C.D. Hulsey e M.L. Forister. 2003. The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. *American Naturalist* 161: 1–28.
- Calder W.A. 1974. Consequences of body size for avian energetics. In: Paynter RA Jr (ed) *Avian energetics*. Nuttall Ornithological Club, Cambridge. 86–144.
- Calmaestra, R. G. e E. Moreno. 2000. Ecomorphological patterns related to migration: a comparative osteological study with passerines. *Journal of Zoology* 252: 495-501.
- Carpenter F.L., M.A. Hixon, C.A. Beuchat, R.W. Russell e D.C. Paton. 1993. Biphasic mass gain, in migrant Rufous Hummingbirds: body composition changes, torpor, and ecological significance. *Ecology* 74:1173–1182.
- CoHort Software. 2008. CoPlot. www.cohort.com. Monterey, California.
- Fretwell, S. D. 1972. *Populations in a Seasonal Environment*. Princeton University Press. Princeton. New Jersey.
- Green, A. J. Mass/Lenght residuals: measures of body condition or general of spurrious results?. 2001. *Ecology* 82: 1473-1483.
- Gill, F. B. 2006. *Ornithology*, 3rd Edition. New York, NY: W. H. Freeman
- Gossler, A.G. 2000. Assessing the heritability of body condition in birds: a challenge exemplified by the great tit *Parus major* L. (Aves). *Biological Journal of the Linnean society* 71: 03-117.
- Graco, C. 2009. Beija-flores (Aves: Trochilidae) e seus respectivos recursos florais em uma área de caatinga da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Zoologia* 26: 255-265.
- Gu, H. e W. Danthanarayana. 1992. Quantitative genetic analysis of dispersal in *Epiphyas postvittana*. II. Genetic covariations between flight capacity and life-history traits. *Heredity* 68:61–69.

- Hainsworth F.R. 1978. Feeding: models of costs and benefits in energy regulation. *American Zoologist* 18:701–714.
- Ian, N. 2008. *The migration ecology of birds*. Elsevier.
- Kerlinger, P. 1989. *Flight strategies of migrating hawks*. Chicago University Press. 378p.
- Kisdi, É., G. Meszéna e L. Pásztor. 1998. Individual optimization: mechanisms shaping the optimal reaction norm. *Evolutionary Ecology* 12:211–221.
- Krebs, C. J. e G. R. Singleton. 1993. Indices of condition for small mammals. *Australian Journal of Zoology* 41:317-323.
- Leisler, B. e H. Winkler. 2003. Morphological consequences of migration in passerines. Springer-Verlag. p175-186.
- Lindstrom, J. 1999. Early development and *fitness* in birds and mammals. *Tree* 14(9): 347-349.
- Machado, C. G., A. G. Coelho, C. S. Santana e M. Rodrigues. 2007. Beija-flores e seus recursos florais em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, Bahia. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15(2): 267-279.
- Machado, C. G. e J. Semir. 2006. Fenologia da floração e biologia floral de bromeliáceas ornitófilas de uma área da Mata Atlântica do Sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Botânica* 29(1): 163-174.
- Martin R.A. e D.W. Pfennig. 2009. Disruptive selection in natural populations: the roles of ecological specialization and resource competition. *American Naturalist* 174:268–281.
- Peig, J. e A. J. Green. 2009. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos* 118: 1883-1891.
- Persegona, J. E., L. Corrêa, Roper, J. J. 2009. Interações estacionais entre beija-flores (Trochilidae) em uma região de écotone no município de Piraraquara, Panamá. *Revistas de Estudos de Biologia* 31(73/74/75): 49-58.
- Proulx R. e P. Magnan . 2004. Contribution of phenotypic plasticity and heredity to the trophic polymorphism of lacustrine brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Evolutionary Ecology Research* 6:503–522.
- R Development Core Team. 2005. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3900051-07-0. URL:<http://www.R-project.org>.
- Rasband, W.S. 2012. *ImageJ*. U. S. National Institutes of Health, Bethesda,

- Maryland, USA. <http://imagej.nih.gov/ij/>.
- Rappole, J. H. & K. L. Shuchmann. 2003. Ecology and evolution of hummingbird population movements and migration. Springer 39-51.
- Rezende, E.L., D.L. Swanson, F.F. Novoa and F. Bozinovic. 2002. Passerines versus nonpasserines: so far, no statistical differences in the scaling of avian energetics. *Journal of Experimental Biology* 205 (1): 101-107.
- Shuchmann, K. L. 1996. Hummingbirds – ecophysiological and behavioural adaptations to extreme environmental conditions and to limited food sources: a review. *Congresso brasileiro de Ornithologia* 5:67-76.
- Shuchmann, K. L. 1999. Family Trochilidae. *Lynx*. 5: 468-535.
- Schulte-Hostedde, A. I., Z. Bertram, J. S. Millar, e G. J. Hickling. 2005. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology* 86: 155-163.
- Stiles, F. G. e L. L. Wolf. 1970 Hummingbird territoriality at a tropical flowering tree. *The Auk* 87(3): 467-491.
- Suarez R.K. 1992. Hummingbird flight: sustaining the highest mass-specific metabolic rates among vertebrates. *Experientia* 48:565–570.
- Witter, M.S., I.C. Cuthill e R.H.C. Bonser. 1994. Experimental investigations of massdependent predation risk in the European starling, *Sturnus vulgaris*. *Animal Behaviour*. 48: 201–222.

Legendas

Figura 1: Área de estudo em uma área rural, com remanescentes e fragmentos grandes de ecótono entre Floresta Ombrófila Mista e de Araucária, perto da cidade de Curitiba, em Paraná, no sul do Brasil. A seta indica o local das capturas.

Figura 2: Comparação de condição corporal, sendo esta uma representante de desvios da média de peso, por espécie e sexo sempre que há dimorfismo sobre tempo. Assim indica-se a tendência da variação da condição entre as espécies indicadas em cada painel. Painéis A, B e C mostram espécies migratórias e a tendência para o peso aumentar antes de migrar, tal como há a tendência do peso ser baixo na volta da migração. Painéis D, E e F mostram espécies que podem aparecer o ano inteiro, e algumas mudam no mesmo jeito que as migratórias (*L. albicollis*) enquanto outras (*A. versicolor*) mantêm o peso constante o ano inteiro.

Figura 3: Variação da condição corporal, representada desvios da média de peso, comparada entre a espécie como um todo e os indivíduos recapturados. Assim, comprovamos que a variação de peso não está relacionada com indivíduos diferentes em cada época do ano. Os indivíduos tendem a seguir a população na mudança de peso.

Figura 1

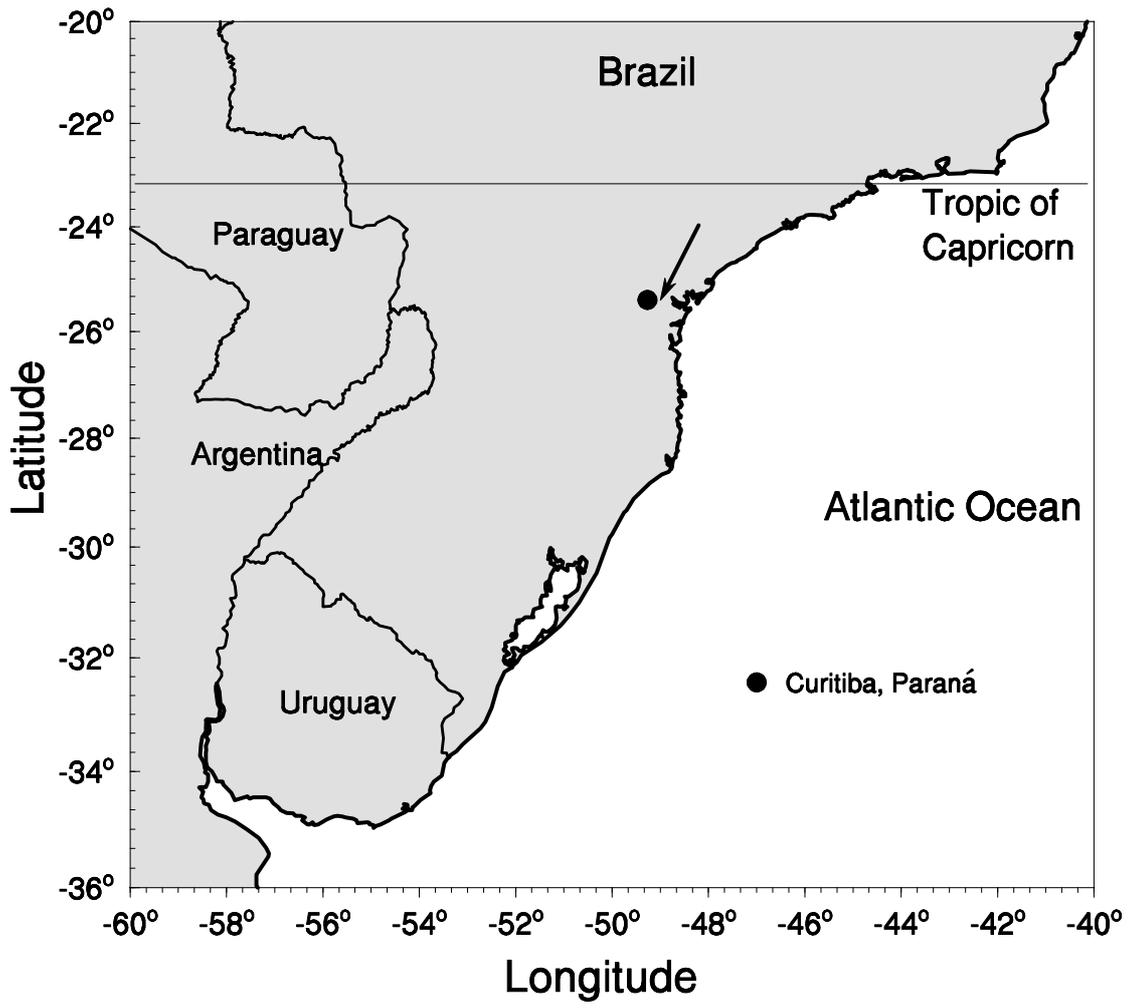


Figura 2

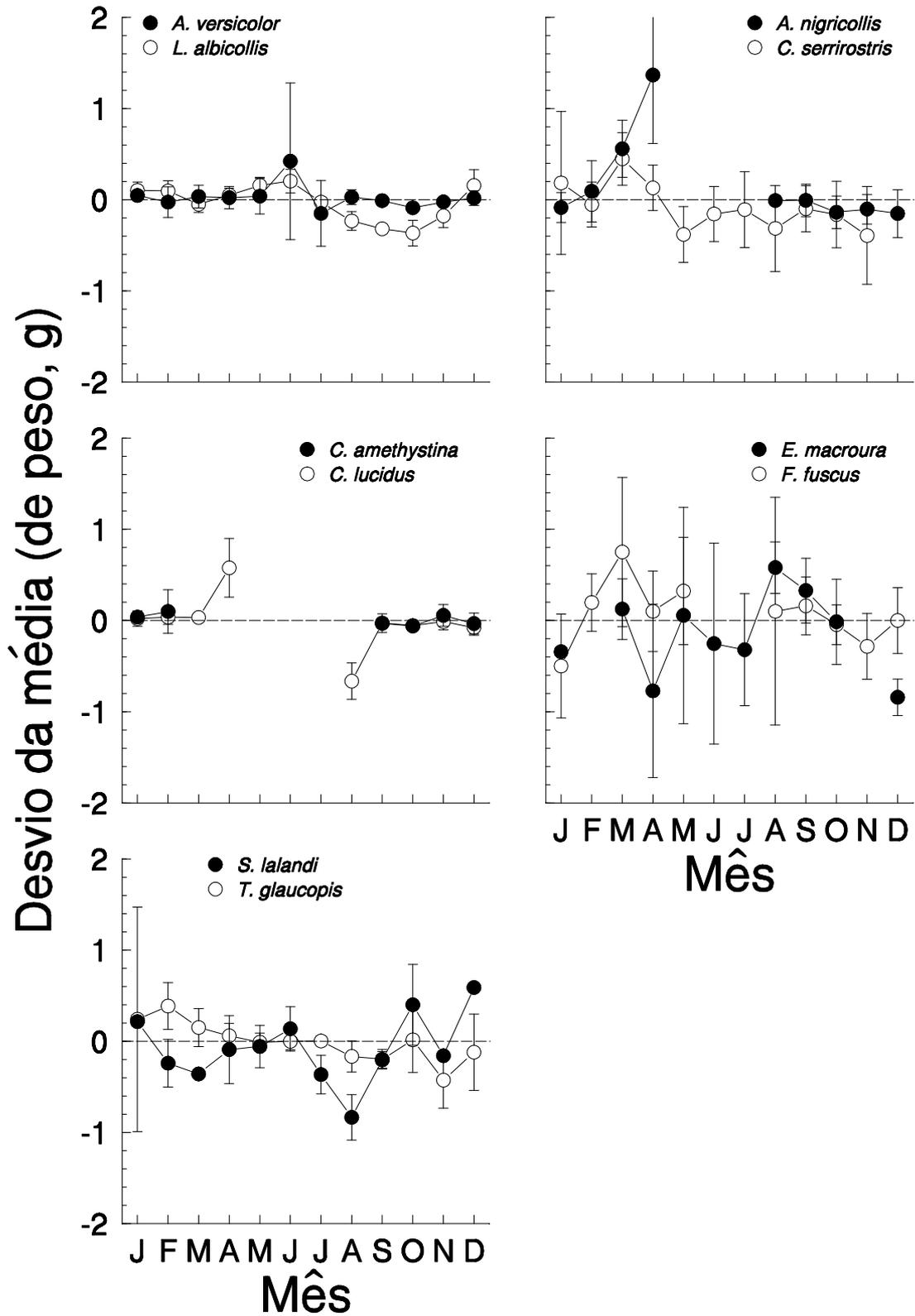


Figura 3

