

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RUDÁ EMANUEL EGÍDIO PEREIRA

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA E O DIMORFISMO SEXUAL NA FORMA E
NO TAMANHO DA ASA EM *Aedes aegypti* (L.) (Diptera, Culicidae)**

CURITIBA

2010

RUDÁ EMANUEL EGÍDIO PEREIRA

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA E O DIMORFISMO SEXUAL NA FORMA E
NO TAMANHO DA ASA EM *Aedes aegypti* (L.) (Diptera, Culicidae)**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas

Orientador: Prof.^o Dr. Mauricio Osvaldo Moura

CURITIBA

2010

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pois direta ou indiretamente me influenciaram a seguir o caminho da Ciência.

Ao Túlio, por abrir as portas desse caminho ao me dar suporte nos aspectos práticos da vida.

Ao Prof. Dr. Mauricio Osvaldo Moura, ou melhor dizendo, ao Free, pois me guiou em cada passo deste caminho até o presente.

Ao Prof. Dr. Mário Antonio Navarro da Silva, pelo fornecimento dos insetos e da ajuda na identificação.

Ao membro da banca Msc. Marcelo Costa, pela participação na banca e pelas várias vezes em que me ajudou nesse pouco tempo em que nos conhecemos.

Ao pessoal do Lab, pelas dicas e pelas conversas, embora eu não participe muito delas, são sempre muito divertidas de se ouvir.

Aos meus amigos da turma de 2006, por todas as coisas que passamos juntos durante o curso.

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. METODOLOGIA.....	7
2.1. Sistema de estudo.....	7
2.2. Aquisição dos dados.....	7
2.3. Morfometria geométrica.....	8
2.4. Dimorfismo na forma.....	9
2.5. Dimorfismo no tamanho.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
3.1. Dimorfismo na forma.....	11
3.2. Descrição geral da variação na forma.....	12
3.3. Descrição da magnitude do dimorfismo.....	16
3.4. Variação no tamanho.....	19
4. REFERÊNCIAS.....	22
ANEXOS.....	25
Anexo A.....	25
Anexo B.....	26
Anexo C.....	26

RESUMO

As fêmeas de *Aedes aegypti*, assim como na maioria das espécies de culicídeos, apresentam hábito hematófago, ao contrário dos machos, além de emergirem mais tarde. Embora exista uma diferenciação clara nas antenas de machos e fêmeas, as diferenças nas histórias de vida podem desencadear variações/covariações morfológicas em outros marcadores desencadeadas por pressões seletivas diferentes nos sexos. O presente estudo tem como objetivo testar a existência e a magnitude do dimorfismo sexual em *Aedes aegypti*, utilizando-se do formalismo da morfometria geométrica. Foi utilizado como caráter a forma e o tamanho das asas, um marcador morfológico que permite a delimitação clara de marcos anatômicos e possui uma história de formação geral conhecida. Para isso, definiram-se, em montagens semipermanentes das asas do lado direito, 21 marcos anatômicos bidimensionais homólogos, que correspondiam às intersecções das veias. Foram utilizados indivíduos criados em laboratório (F1) provenientes dos municípios de Foz do Iguaçu, Paraná (Figura 01); Loanda, Paraná (Figura 02) e Porto Velho, Rondônia (Figura 03). Posteriormente, foi realizado a superposição de procrustes utilizando a técnica dos quadrados mínimos parciais. Neste procedimento, as asas são rotacionadas, proporcionalizadas e escalonadas, de modo a permitir as análises de morfometria geométrica. O tamanho do centróide, considerado como uma medida do tamanho geral, mostrou-se diferente entre os sexos sendo a asa da fêmea maior. A análise de componentes principais (PCA) reduziu os eixos de 38 para 4, que explicaram juntos 70% da variação observada. A dispersão dos pontos no espaço formado pelos eixos 1 (PC1) e 2 (PC2) sugeriu a existência de dois grupos. A variação entre os grupos relativa à variação dentro dos grupos foi determinada através da análise das variáveis canônicas (CVA), que resultou em um eixo explicando 100% da variação. Neste eixo, o espaço foi dividido entre os grupos que representam machos e fêmeas, com distância de Mahalanobis entre eles de 7,4145 ($p < 0,0001$). Ficou evidente, então, a existência de um forte dimorfismo sexual nas asas de *Aedes aegypti*, tanto no tamanho quanto na forma.

Palavras-chave: morfometria geométrica, dimorfismo sexual, *Aedes aegypti*.

1. INTRODUÇÃO

Os culicídeos são um grupo que contam com mais de 3000 espécies descritas e que tem como característica mais proeminente a capacidade vetorial, que tem papel fundamental na saúde pública (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994).

Uma das características mais conspícuas em culicídeos é de que as fêmeas apresentam hábito hematófago devido às necessidades nutricionais impostas pela produção de ovos (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994) ao contrário dos machos. Além desta característica morfológica, as histórias de vida são diferentes, com os machos emergindo antes das fêmeas (Calado & Navarro-Silva, 2002).

O dimorfismo sexual é uma característica conspícua no reino animal e é frequentemente atribuído à seleção sexual (Tseng & Rowe, 1999). O dimorfismo sexual do tamanho pode apresentar diversas magnitudes, desde diferenças próximas a 10% do tamanho de um sexo em relação ao outro até casos de um dos sexos ser 40 000 vezes maior (em relação à massa) do que o outro (Fairbairn, 2007). Embora seja um atributo que ocorre em diversos grupos, não existe um mecanismo único que produza estas diferenças.

Além da existência de dimorfismo sexual em populações locais, existe a possibilidade de que este dimorfismo varie em função da latitude (Armbruster *et al.*, 2000). Os mecanismos que podem gerar variações latitudinais no tamanho são tanto atribuídos à temperatura (Armbruster *et al.*, 2000; Blanckenhorn *et al.*, 2006; Leisnham *et al.*, 2008) quanto a diferenças hormonais entre as populações (Fairbairn, 2007; Gäde, 2002). Embora não seja possível identificar um mecanismo único, ambos agem como mecanismos de seleção em características da história de vida (Emlen & Nijhout, 2001; Emlen & Allen, 2001; Shingleton *et al.*, 2007).

Descrito por Linnaeus em 1762, o *Aedes (stegomyia) aegypti* é um mosquito originário da África, transmissor da Febre Amarela e do Dengue. Tem dispersão passiva, sendo realizada principalmente com participação humana. Essa é a característica que torna esta espécie presente em todos os continentes. É uma espécie de hábito altamente doméstico, podendo ocorrer em todas as formas do ciclo de vida no interior de residências. Assim como grande parte dos culicídeos, apresenta dimorfismo sexual conspícuo nas antenas, permitindo inclusive a utilização dessas como característica diagnóstica entre machos (plumosas) e fêmeas (pilosas) (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994).

Embora exista uma diferenciação clara nas antenas de machos e fêmeas, as diferenças nas histórias de vida tanto dentro das mesmas populações quanto entre populações podem produzir variações/covariações morfológicas em outros marcadores desencadeadas por pressões seletivas que atuam de forma diferenciada em relação a cada sexo. Uma dessas possíveis variações é o dimorfismo sexual no tamanho e na forma.

Considerando que existe variação geográfica em características da história de vida em culicídeos (Beserra & Castro-Júnior, 2008) é possível que existam variações morfológicas associadas a este gradiente latitudinal. Assim, o presente estudo tem como objetivo testar a existência e a magnitude do dimorfismo sexual em *Aedes aegypti*, utilizando-se do formalismo da morfometria geométrica.

2. METODOLOGIA

2.1. Sistema de estudo:

Os espécimes de *Aedes aegypti* foram fornecidos pelo professor Dr. Mário Navarro da Silva, do Laboratório de Entomologia Médica e Veterinária, LEMV-UFPR, provenientes de criação em laboratório (geração F1) de matrizes originárias dos municípios de Foz do Iguaçu, Paraná ([25° 32' 52" S 54° 35' 16" O](#)); Loanda, Paraná ([22° 55' 22" S 53° 08' 13" O](#)) e Porto Velho, Rondônia ([08° 45' 43" S 63° 54' 14" O](#)).



Figura 01: Localização do município de Foz do Iguaçu no estado do Paraná.



Figura 02: Localização do município de Loanda no estado do Paraná.

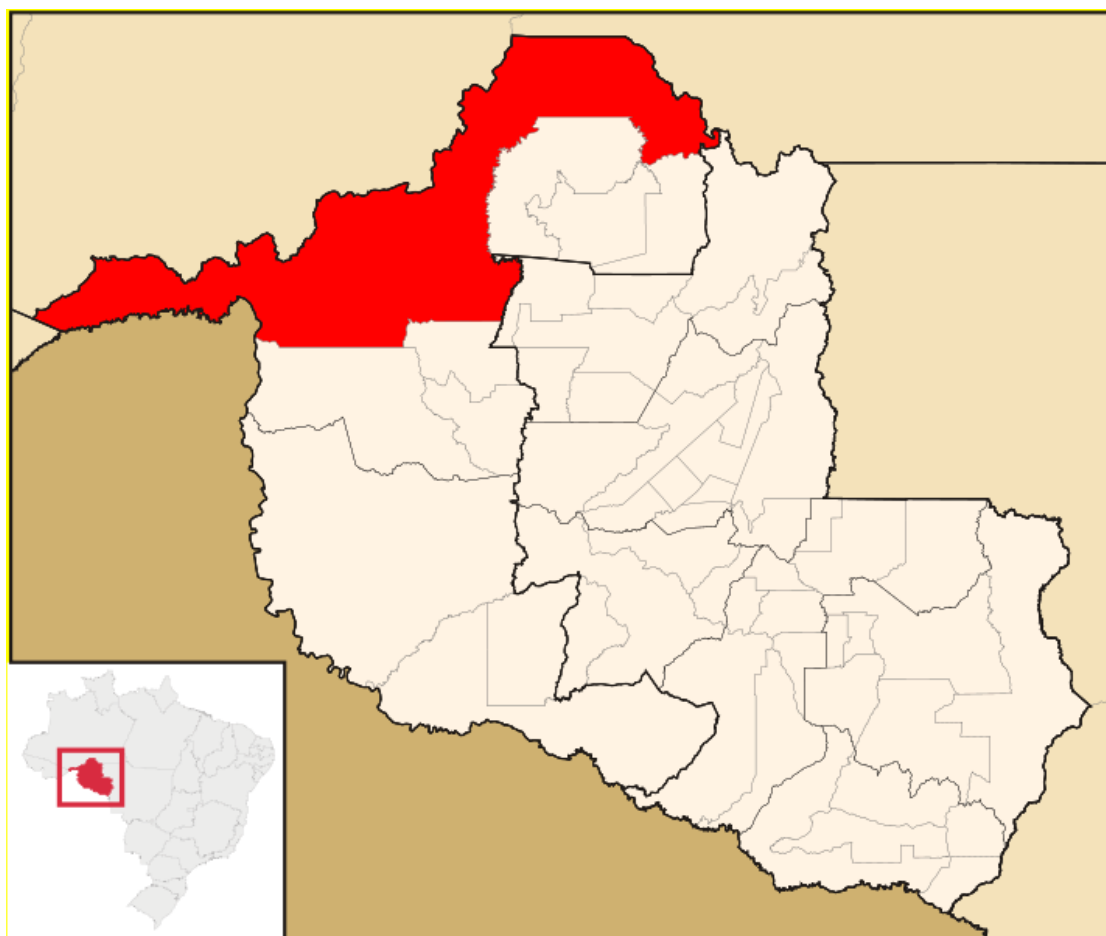


Figura 03: Localização do município de Porto Velho no estado de Rondônia.

2.2. Aquisição dos dados:

A sexagem dos espécimes foi realizada com base nas antenas e nos palpos maxilares. Foram utilizadas as asas direitas de machos e fêmeas de *Aedes aegypti*, por possuírem uma história de formação geral conhecida, além de se tratar de uma estrutura de fácil identificação de diversos marcadores do tipo I, definidos como a justaposição entre três tecidos (Monteiro & Reis, 1999) o que no caso das asas de *Ae. aegypti* correspondem as interseções entre as veias. Para a montagem das lâminas semi-permanentes, as asas foram retiradas do exemplar e colocadas em lâminas de microscopia com uma gota da solução de linear alquilbenzeno sulfonato de sódio e glicerina (detergente) e cobertas com lamínula. A utilização de um tenso ativo se deve ao fato da tensão superficial da glicerina pura ser dificilmente quebrada pela asa do *Ae. Aegypti*. A região dorsal das asas foram então fotografadas utilizando um sistema de captura de imagens acoplado a um microscópio estereoscópico em aumento de 15X. Posteriormente foram colocados 21 marcos anatômicos do tipo I nas imagens das asas (Anexo A), utilizando o programa TPSDig2.04 (Rohlf, 2006), como descritos a seguir: Marco 1 - h com C; Marco 2 - Sc com C; Marco 3 - R1 com a margem ; Marco 4 - R2 com a margem ; Marco 5 - R3 com a margem ; Marco 6 - R4+5; Marco 7 - M1+2 ; Marco 8 - M3+4; Marco 9 - CuA1; Marco 10 - CuA2; Marco 11 - A1; Marco 12 - CuA2 com CuA1; Marco 13 - M1+2 com M3+4; Marco 14 - R2 com R3; Marco 15 - R2+3 com R4+5; Marco 16 - R4+5 com r-m; Marco 17 - M com r-m; Marco 18 - M com m-cu; Marco 19 - CuA1 com m-cu; Marco 20 - r1-rs com R1; Marco 21 - h com Sc. Dessa forma, cada marco anatômico corresponde a uma coordenada (x, y) num plano cartesiano, sendo que, cada asa é representada por uma matriz com 21 coordenadas (x, y), correspondente aos vinte e um marcos anatômicos.

2.3. Morfometria geométrica:

O objetivo da utilização das técnicas desenvolvidas pela morfometria geométrica consiste na eliminação dos efeitos indesejáveis de tamanho, posição e orientação. Para eliminar a variável da posição, foi realizada a superposição, conhecida também como translação, em que o centróide (ponto médio) de cada configuração de pontos é recalculado de maneira que todos sejam deslocados para a origem do sistema cartesiano (Monteiro & Reis, 1999). Para eliminar a variável de tamanho foi realizada a proporcionalização, em que o valor do centróide de cada configuração de pontos é recalculado para ser igual a 1. (Monteiro & Reis, 1999). Para eliminar a variável da orientação foi realizada a rotação, com o intuito de que a distância entre os pontos correspondentes de cada configuração seja a menor possível. A rotação é realizada variando o ângulo das configurações em relação a um referencial, de forma a minimizar a soma das distâncias quadradas entre os marcos correspondentes das configurações (Monteiro & Reis, 1999). Dessa forma, as configurações finais constituem um grupo de variáveis que dizem respeito somente a forma das estruturas dessas espécies, que nesse contexto geométrico é definida como todas as propriedades de uma configuração de pontos que não se alteram por efeitos de tamanho, posição e sentido (Monteiro & Reis, 1999).

2.4. Dimorfismo na forma:

A amostra total foi analisada e posteriormente foi dividida por populações. Utilizou-se a análise dos componentes principais (PCA) para avaliar a variação total de forma entre os indivíduos, sem a delimitação de grupos *a priori*, que é uma premissa de análise. Foram gerados então gráficos com as deformações em cada componente principal, além da projeção dos indivíduos em um sistema de coordenadas formado pelos dois primeiros componentes principais, a fim de avaliar as tendências de formação de grupos.

A variação entre os grupos (machos e fêmeas) relativa à variação dentro dos grupos foi determinada através da análise das variáveis canônicas (CVA). A idéia geral desta análise é determinar se os grupos definidos a priori derivam de populações multivariadas diferentes. Ou seja, se a variação dentro dos grupos é menor do que a variação entre os grupos.

Para visualizar as deformações que ocorrem em cada eixo (porções positivas e negativas) foi realizada uma regressão entre as variáveis de forma e os escores dos indivíduos no eixos. Esta regressão (Rohlf *et al.*, 1996), gera gráficos com as deformações esperadas para cada grupo em cada parte do espaço das variáveis canônicas analisadas.

Toda as análises foram realizadas no software MorphoJ (Klingenberg, 2008).

2.5. Dimorfismo no tamanho:

O valor do tamanho do centroide de cada espécime foi transformado de pixels para milímetros. Para isso uma lamina de microscopia milimetrada foi fotografada na mesma escala as asas, proporcionando avaliar quantos pixels correspondiam a um milímetro. Posteriormente todos os indivíduos tiveram os valores em pixels de seus centroides divididos pelo valor em pixels correspondente a um milímetro, sendo dessa forma realizada a conversão de pixels para milímetros.

Em seguida a variação no tamanho foi analisada através de uma ANOVA de dois fatores, para os fatores: sexo (fator fixo), população (fator fixo) e interação entre sexo e população. Para analisar o efeito de interação entre as variáveis foi construído um gráfico de interação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Dimorfismo na forma:

Todas as populações apresentaram uma tendência à formação de dois grupos na análise dos componentes principais, como também a amostra total (Figura 04) . Nas populações de Foz do Iguaçu e Porto Velho o PC 1 é o eixo de maior separação entre os grupos (Figuras 05 e 07). Já na população de Loanda o PC 2 é o eixo de maior separação entre os grupos (Figura 06).

Sendo assim, o dimorfismo sexual em *Ae. Aegypti* ocorre também na forma da asa. Tendo como base a premissa de que variações nas histórias de vida promovem modificações morfológicas, as possíveis causas seriam: (i) a diferença nas histórias de vida de machos e fêmeas, como o tempo de desenvolvimento larval e a temperatura de emergência (Calado & Navarro-Silva, 2002). (ii) a diferença de peso entre machos e fêmeas devido ao repasto sanguíneo consumido por estas (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994).

A redução de dimensionalidade foi praticamente a mesma em todas as populações, bem como a variação nos marcos. Sendo assim, é visível que o dimorfismo na forma é uma resposta comum em todas as populações. Entretanto, na população de loanda esse dimorfismo aparentemente está relacionado a características diferentes daquelas das outras populações. Teoricamente, no mínimo dois mecanismos podem ser responsáveis por uma variação de mesma direção, temperatura (Armbruster *et al.*, 2000; Blanckenhorn *et al.*, 2006; Calado & Navarro-Silva, 2002; Leisnham *et al.*, 2008) e regulação hormonal (Fairbairn, 2007; Gäde, 2002). Entretanto, existe uma relação entre temperatura e regulação hormonal, dificultando assim a determinação de qual mecanismo produz o efeito.

3.2. Descrição geral da variação na forma:

Na análise dos componentes principais as dimensões, que eram 38 foram reduzidas a 4 (explicam 70% da variação observada) para a amostra total. Da mesma forma, 4 dimensões foram determinadas (explicam 69% da variação observada) para Foz do Iguaçu, 4 (explicam 75% da variação observada) para Loanda e 3 (explicam 75% da variação observada) para Porto Velho.

A variação do dimorfismo tem a mesma direção em todas as populações. Ou seja, mesmo que sejam diferentes na forma, as respostas às pressões são as mesmas.

Na amostra total o primeiro componente principal (Figura 04) explica 27,23% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) a região entre a base (marcos 1 e 21) e o centro (marcos 12 a 20) diminuída em relação à forma consenso, pois esses conjuntos de marcos variam em sentidos opostos concorrentes na direção próximo distal. (ii) a região entre o centro e o ápice (marcos 3 a 8) aumentada em relação à forma consenso, pois esses conjuntos de marcos variam em sentidos opostos divergentes na direção próximo distal. (iii) alargamento devido à variação em sentidos opostos divergentes na direção antero posterior dos bordos anterior (marco 2) e posterior (marcos 9 a 11). O segundo componente principal (fig. 1) explica 19,29% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) redução da região entre o ápice e o centro, pois esses conjuntos de marcos variam em sentidos opostos concorrentes na direção próximo distal (ii) deslocamento em sentido proximal da base (alongamento da região entre a base e o centro da asa).

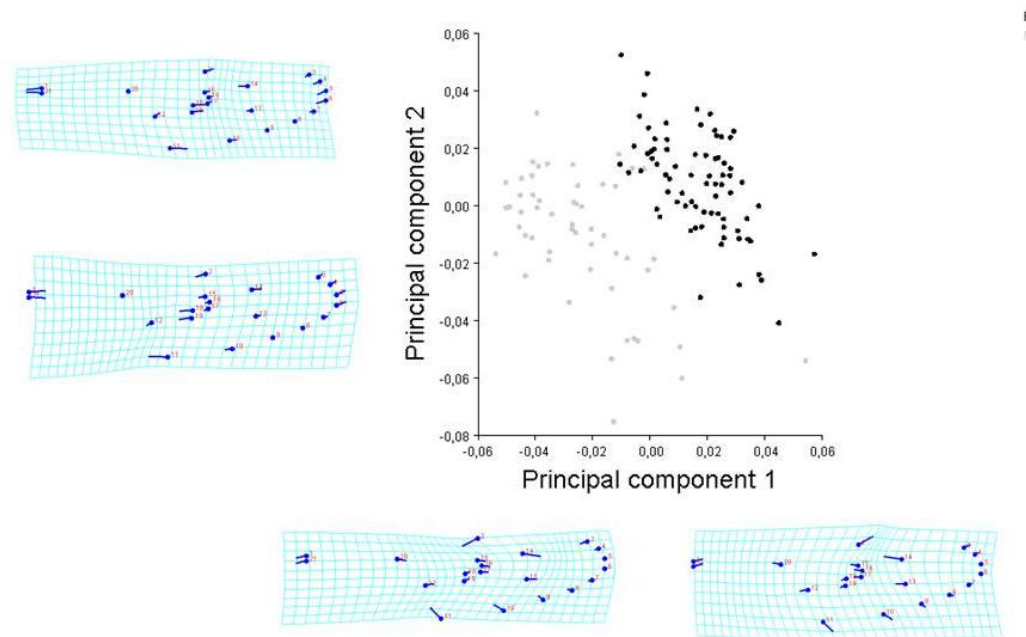


Figura 04: gráfico de dispersão (machos em cinza e fêmeas em preto) e grades de deformação da amostra total para o primeiro e segundo componentes principais.

Na população de Foz do Iguaçu o primeiro componente principal (Figura 05) explica 29,24% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) deslocamento no sentido proximal da base (alongamento). (ii) compressão da região central com o deslocamento dos marcos 2, 18 e 19 em sentido oposto ao dos marcos 13 e 14. (iii) alargamento devido à variação em sentidos opostos divergentes na direção antero posterior dos bordos anterior e posterior. O segundo componente principal (fig. 2) explica 19,64% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) alargamento devido à variação em sentidos opostos divergentes na direção antero posterior dos bordos anterior e posterior. (ii) a região entre a base e o centro diminuída em relação à forma consenso, pois esses conjuntos de marcos variam em sentidos opostos concorrentes na direção próximo distal. (iii) expansão distal da ponta.

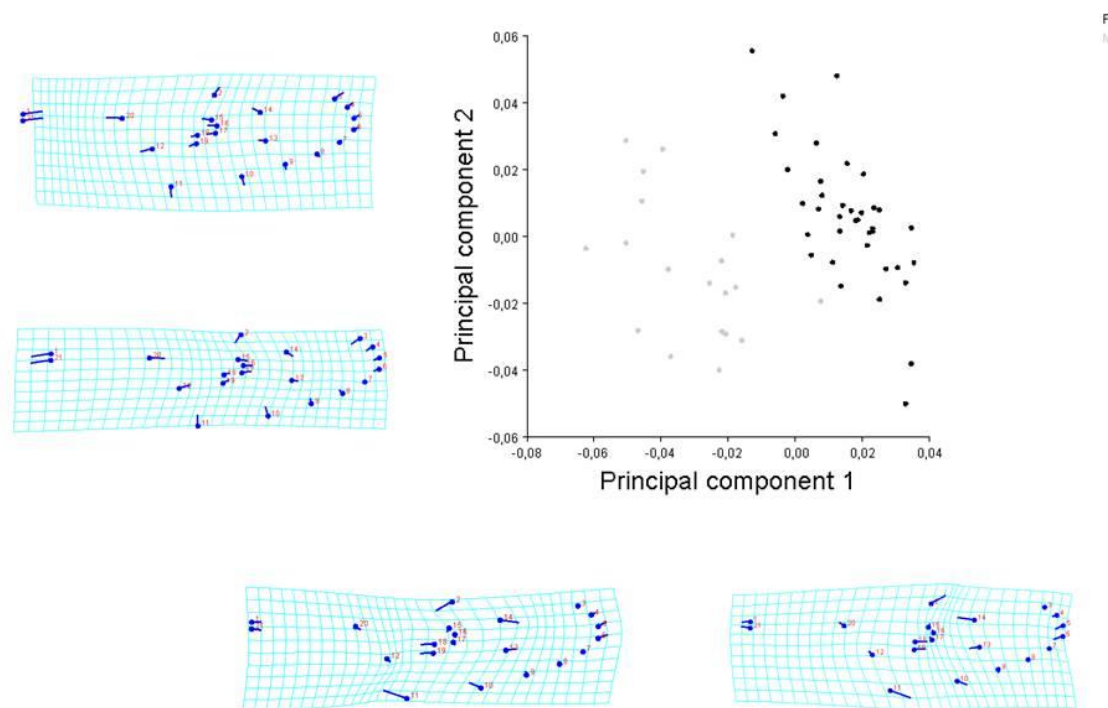


Figura 05: gráfico de dispersão (machos em cinza e fêmeas em preto) e grades de deformação da amostra Foz do Iguaçu para o primeiro e segundo componentes principais.

Na população de Loanda o primeiro componente principal (Figura 06) explica 30,35% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) compressão da ponta com o deslocamento dos marcos 15 a 19 em sentido oposto aos marcos mais distais. (ii) deslocamento da base em sentido proximal (alongamento da região entre a base e o centro da asa). (iii) deslocamento proximal do bordo anterior e deslocamento distal do bordo posterior em sentidos convergentes gerando (causando) um estreitamento da asa. O segundo componente principal (Figura 06) explica 20,48% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) alargamento devido à variação em sentidos opostos divergentes na direção antero posterior dos bordos anterior e posterior. (ii) deslocamento dos marcos 13 a 17 em sentido proximal. (iii) compressão da base da asa na direção antero posterior. (iiii) deslocamento proximal do marco 20.

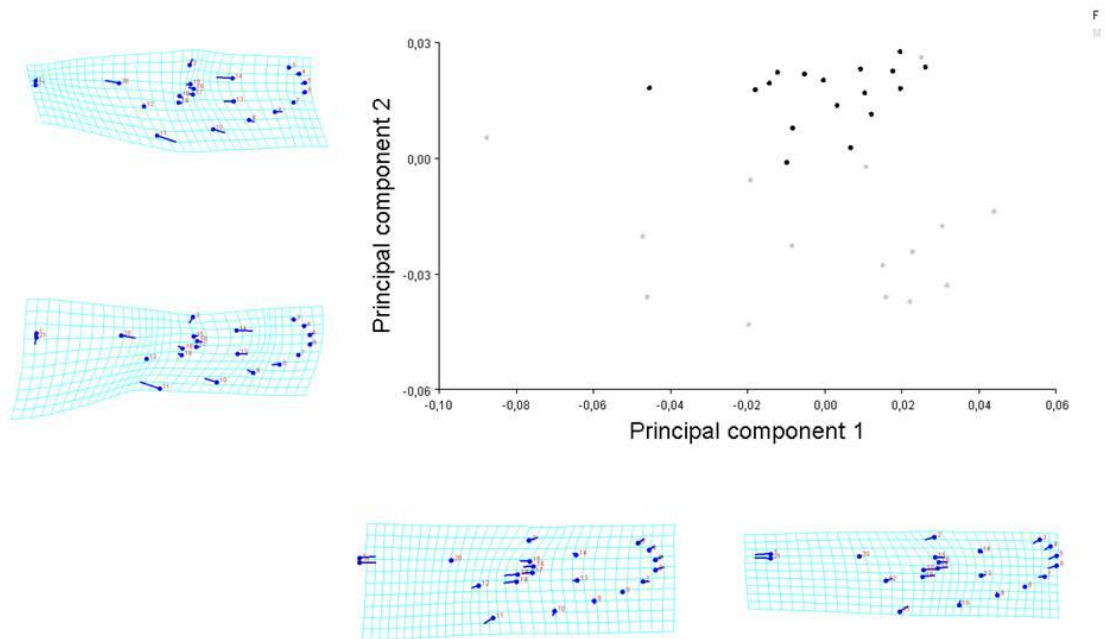


Figura 06: gráfico de dispersão (machos em cinza e fêmeas em preto) e grades de deformação da amostra Loanda para o primeiro e segundo componentes principais.

Na população de Porto Velho o primeiro componente principal (fig. 4) explica 36,29% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) alargamento devido à variação em sentidos opostos divergentes na direção antero posterior dos bordos anterior e posterior. (ii) a região entre a base e o centro diminuída em relação à forma consenso, pois esses conjuntos de marcos variam em sentidos opostos concorrentes na direção próximo distal. (iii) alargamento da região entre o centro e o ápice da asa. O segundo componente principal (Figura 07) explica 30,08% da variação. Neste eixo, os indivíduos com escores positivos possuem uma asa com: (i) deslocamento proximal do marco 2.

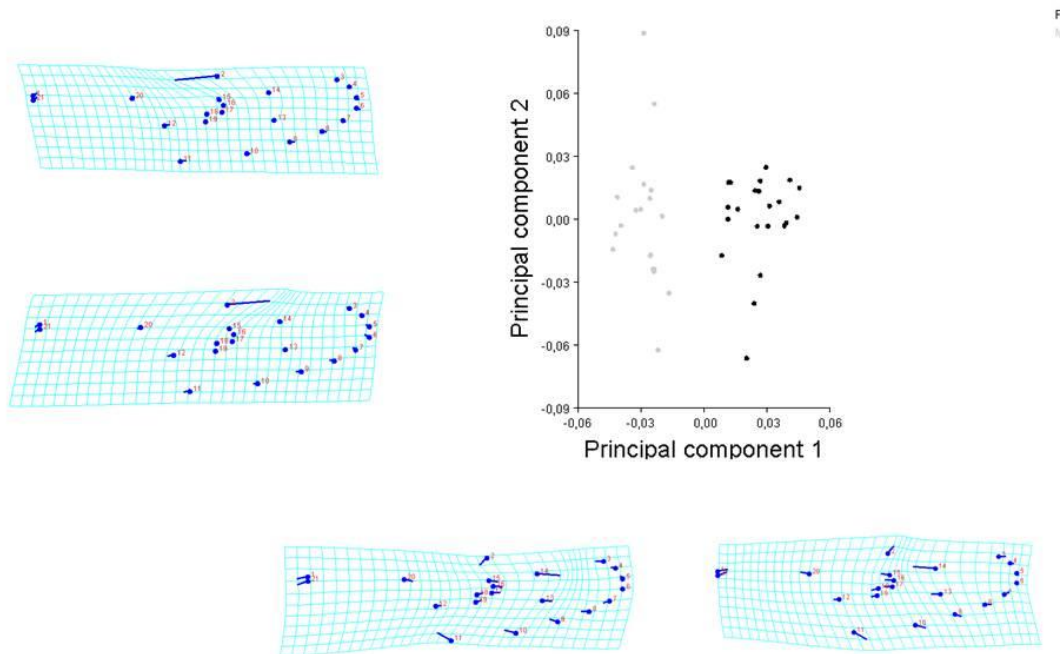


Figura 07: gráfico de dispersão (machos em cinza e fêmeas em preto) e grades de deformação da amostra Porto Velho para o primeiro e segundo componentes principais.

Em todas as populações e PCs os indivíduos com escores negativos possuem asas com deformações opostas às deformações dos indivíduos positivos.

3.3. Descrição da magnitude do dimorfismo:

A variação entre os grupos relativa à variação dentro dos grupos foi determinada através da análise das variáveis canônicas (CVA), que resultou, para cada população, em um eixo explicando 100% da variação (fig. 08,09,10 e 11). Neste eixo, o espaço foi dividido entre os grupos que representam machos e fêmeas, com distância de Mahalanobis entre eles de 7,4145 ($p < 0,0001$) para a amostra total, 13,5942 ($p < 0,0001$) para Foz do iguaçu, 12,4619 ($p < 0,0001$) para Loanda e 92,0311 ($p < 0,0001$) para Porto Velho

Na amostra total os indivíduos com escores positivos (fêmeas) possuem asas expandidas Antero – posteriormente, com leve expansão distal, além de compressão proximal do marco 14 (Figura 08) . Da mesma forma na população de Foz do Iguaçu os indivíduos com escores positivos (fêmeas) possuem asas expandidas Antero – posteriormente, com leve expansão distal, além de compressão proximal do marco 14. Na população de Loanda os indivíduos com escores positivos (fêmeas) possuem asas expandidas Antero – posteriormente, além de compressão proximal dos marcos 13 ao 17 e compressão antero posterior da base. Na população de Porto Velho os indivíduos com escores positivos (machos) possuem asas comprimidas Antero – posteriormente, além de deslocamento em sentido distal do centro e proximal da base. Em todas as populações os indivíduos com escores negativos possuem asas com deformações opostas às deformações dos indivíduos positivos.

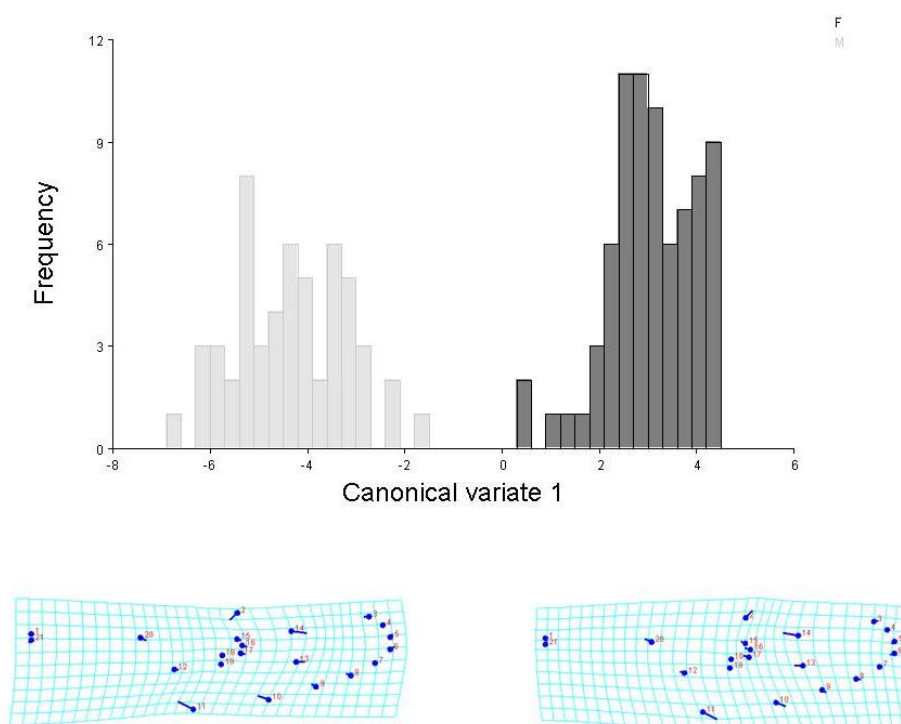


Figura. 08: gráfico representando as deformações na análise dos componentes principais para a amostra total. Os indivíduos com escores negativos são os machos (em cinza) e os com escores positivos são as fêmeas (em preto).

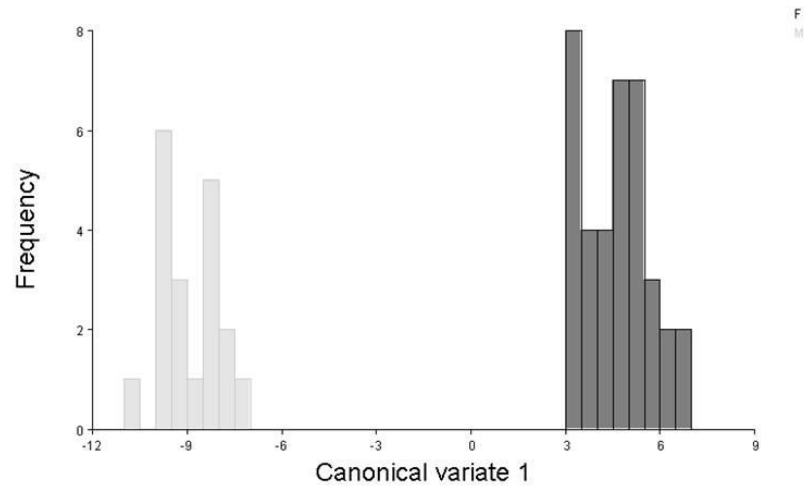


Figura 09: gráfico representando as deformações na análise dos componentes principais para a população de Foz do Iguaçu. Os indivíduos com escores negativos são os machos (em cinza) e os com escores positivos são as fêmeas (em preto).

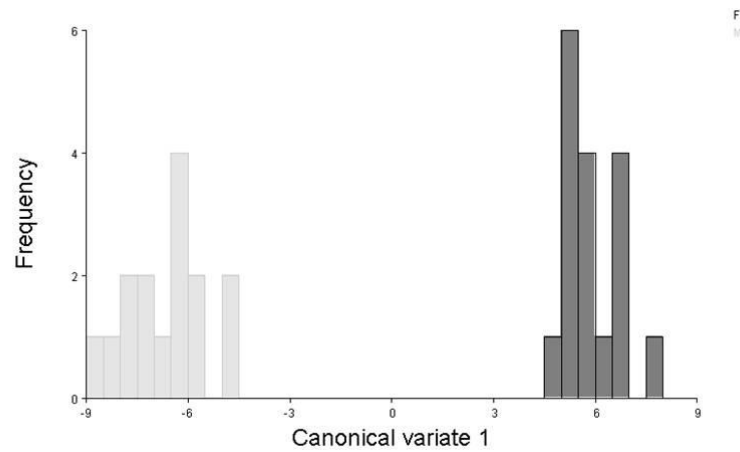


Figura 10: gráfico representando as deformações na análise dos componentes principais para a população de Loanda. Os indivíduos com escores negativos são os machos (em cinza) e os com escores positivos são as fêmeas (em preto).

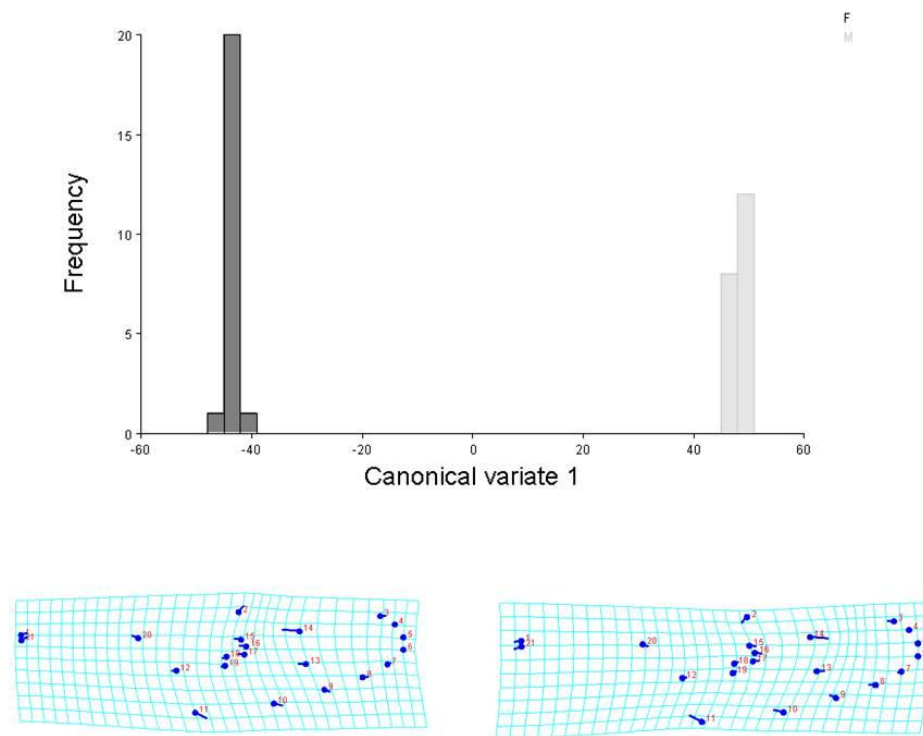


Figura 11: gráfico representando as deformações na análise dos componentes principais para a população de Porto Velho. Os indivíduos com escores negativos são as fêmeas (em preto) e os com escores positivos são os machos (em cinza).

A determinação da variação de forma nas populações resultam em que no geral as fêmeas possuem uma asa expandidas em relação aos machos. As fêmeas de *Ae. aegypti* carregam um abdôme mais pesado que o dos machos devido ao repasto sanguíneo e aos ovos (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994). Nesse contexto, a maior sustentação do voo proporcionada por asas expandidas poderia ser um fator evolutivo causador do dimorfismo, o que poderia explicar que a variação seja no mesmo sentido ao longo da distribuição. Entretanto, as causa próximas e últimas do fenômeno ainda não são bem estabelecidas (Fox *et al.*, 2007).

3.4. Variação no tamanho:

O tamanho do centróide, considerado um indicador não alométrico de tamanho, não foi diferente entre as populações (anexo C) mas foi diferente

entre os sexos (Anexo B), sendo as fêmeas maiores que os machos em todos os casos. Foi realizado um teste de análise de variância (ANOVA) utilizando a população de origem e o sexo do indivíduo como efeitos fixos. Os resultados indicam que o efeito sexo e interação entre sexo e população foram significativos (Tabela 1). A interação foi analisada através de um gráfico de interações (Figura 9) indicando: (i) que o tamanho do centróide tende a aumentar a medida em que se segue para o norte, (ii) que a interação é significativa porque os indivíduos machos de Loanda possuem tamanho de centróide bem menor do que das outras populações.

No geral as espécies ectotérmicas apresentam um padrão em que as fêmeas são maiores do que os machos (Blackenhorn *et al.*, 2006) e de que existe variação geográfica latitudinal em que há correlação positiva entre aumento no tamanho do corpo e aumento latitudinal conhecida como regra de Bergmann (Blackenhorn *et al.*, 2006). Os resultados encontrados estão de acordo com a ideia de que, em geral, as fêmeas de espécies ectotérmicas são maiores do que os machos. Também existe a concordância entre os resultados deste trabalho e a variação prevista pela regra de Bergmann reversa.

Tabela 1: Análise de variância do tamanho do centróide (variável resposta) em relação à população de origem, sexo do indivíduo e interação entre os fatores principais. Na tabela estão descritos os graus de liberdade (GL) de cada efeito e interação; a soma dos quadrados (SQ), o quadrado médio (QM), a estatística F (F) e a probabilidade associada.

	GL	SQ	QM	F
sexo	1	2,20073	2,20073	453,165***
população	2	0,0166	0,0083	1,7089
sexo*população	2	0,03802	0,01901	3,9143*
Resíduos	124	0,60219	0,00486	

*P<0,05; *** P<0,001.

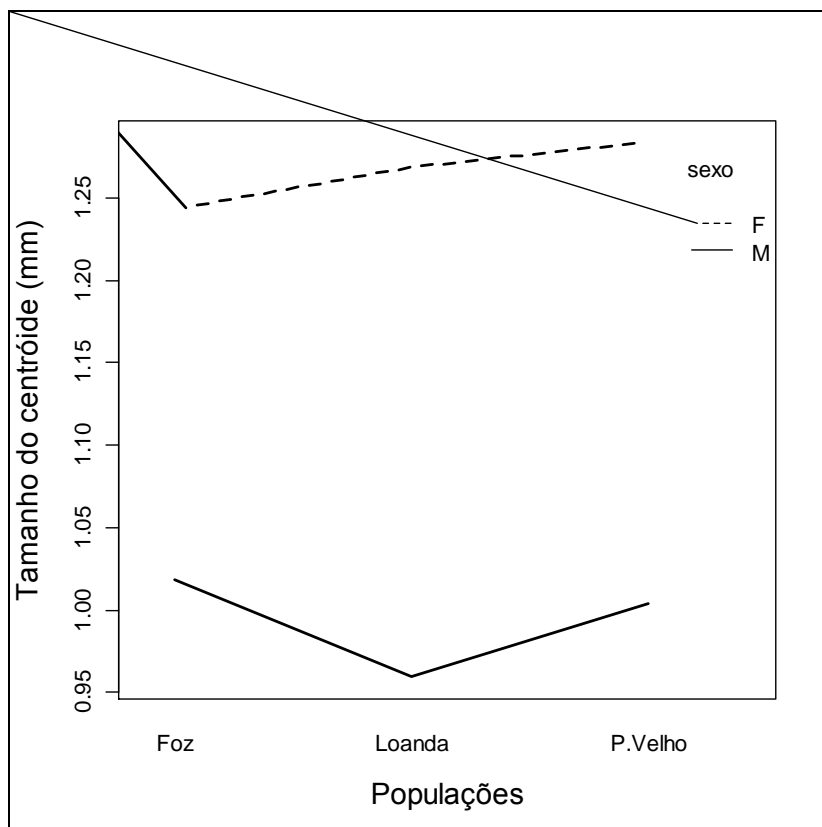


Figura 11. Gráfico de interações entre o tamanho do centróide e as diferentes populações, indicando um padrão consistente com a regra de Bergmann reversa.

4. REFERÊNCIAS

ARMBUSTER, P.; BRADSHAW, W. E.; RUEGG, K. & HOLZAPFEL, C. M. 2000. Geographic Variation and the Evolution of Reproductive Allocation in the Pitcher-Plant Mosquito, *Wyeomyia smithii*. *Evolution*, 55 (2): 439-444.

BESERRA, E. B. & CASTRO-JÚNIOR, F. P. 2008. Biologia Comparada de Populações de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) da Paraíba. *Neotropical Entomology*, 37 (1): 81- 85.

BLANCKENHORN, W. U.; STILLWELL, R. C.; YOUNG, K. A.; FOX, C. W. & ASHTON, K. G. 2006. When Rensch Meets Bergmann: Does Sexual Size Dimorphism Change Systematically With Latitude? *Evolution*, 60: 2004-2011.

CALADO, D. C. & NAVARRO-SILVA, M. A. 2002. Exigências térmicas de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894 (Diptera, Culicidae) em condições de laboratório. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46 (4): 547- 551.

CONSOLI, R. A. G. B. & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. 1994. Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil. Editora Fundação Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

EMLLEN, D. J. & ALLEN, C. E. 2004. Genotype to Phenotype: Physiological Control of Trait Size and Scaling in Insects. *Integrative and Comparative Biology*, 43: 617- 634.

EMLLEN, D. J. & NIJHOUT, H. F. 2001. Hormonal control of male horn length dimorphism in *Onthophagus taurus* (Coleoptera: Scarabaeidae): a

second critical period of sensitivity to juvenile hormone. *Journal of Insect Physiology*, 47: 1045- 1054.

FAIRBAIRN, D. J. 2007. Introduction: the enigma of sexual size dimorphism. In: Fairbairn, D.J., W. U. Blanckenhorn & T. Székely (eds). *Sex, Size and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism*. Oxford University Press, Oxford. pp 1- 10.

FOX, C. W.; STILWELL, R. C. & MOYA-LARAÑO, J. Variation in selection, phenotypic plasticity, and the ecology of sexual size dimorphism in two seed-feeding beetles. In: Fairbairn, D.J., W. U. Blanckenhorn & T. Székely (eds). *Sex, Size and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism*. Oxford University Press, Oxford. pp 88- 96.

GÄDE, G. 2002. Sexual Dimorphism in the Pyrgomorphid Grasshopper *Phymateus morbillosus*: from Wing Morphometry and Flight Behaviour to Flight Physiology and Endocrinology. *Physiological Entomology*, 27: 51- 57.

KLINGENBERG, C. P. 2008. MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm

KLINGENBERG, C. P. & MCINTYRE, G. S. 1998. Geometric morphometric of developmental instability: Analyzing patterns of fluctuating asymmetry with Procrustes Methods. *Evolution*, 52 (5): 1363- 1375.

LEISNHAM, P. T.; SALA, L. M. & JULIANO, S. A. 2008. Geographic Variation in Adult Survival and Reproductive Tactics of the Mosquito *Aedes albopictus*. *Journal of Medical Entomology*, 45 (2): 210- 221.

MONTEIRO, L. R. & REIS, S. F. 1999. Princípios de morfometria geométrica. Holos Editora, 189p.

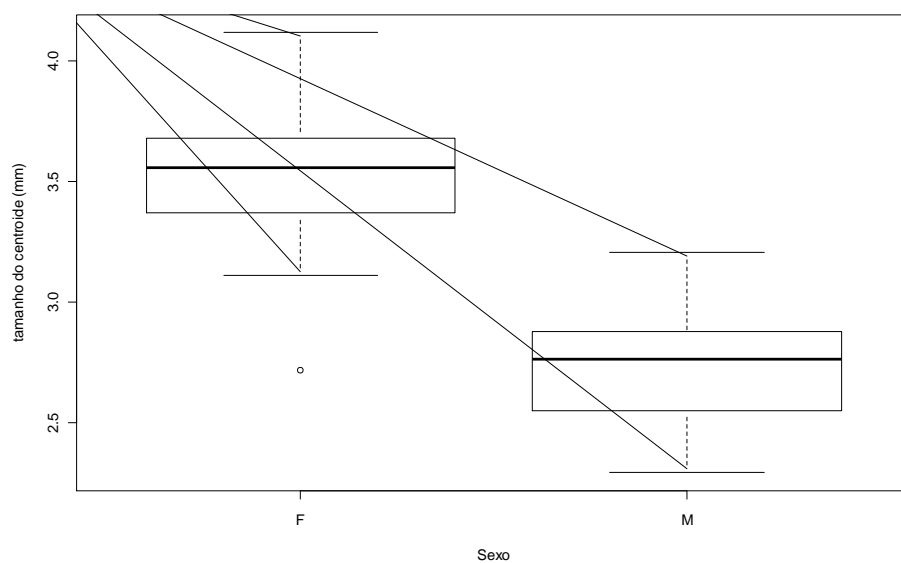
ROHLF, F. J. 2005. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.05. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>

SHINGLETON, A. W.; FRANKINO, W. A.; FLATT, T.; NIJHOUT, H. F. & EMLEN, D. J. 2007. Size and shape: the developmental regulation of static allometry in insects. *BioEssays*, 29: 536- 548.

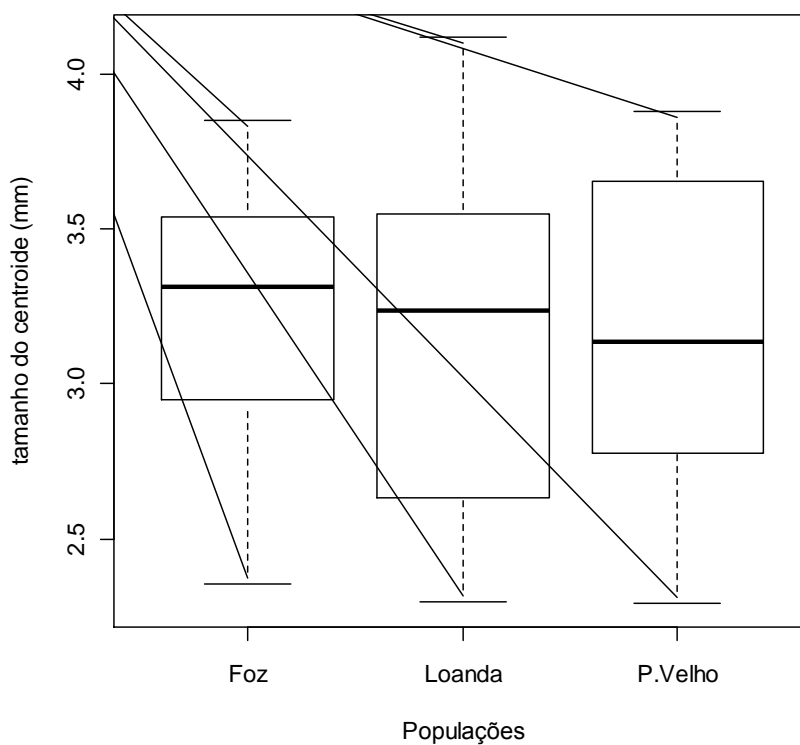
TSENG, M. & ROWE, L. 1999. Sexual dimorphism and allometry in the giant water strider *Gigantometra gigas*. *Canadian Journal of Zoology*, 77: 923-929.

ANEXOS

Anexo A. Imagem da Asa direita da Fêmea de *Ae. Aegypti* proveniente do município de Foz do Iguaçu evidenciando os 21 marcos anatômicos utilizados no presente estudo.



Anexo B. Gráfico do tamanho do centroide em relação ao sexo, para a amostra total, evidenciando a diferença de tamanho de machos em relação a fêmeas.



Anexo C. Gráfico do tamanho do centroide em relação à população de origem, evidenciando a semelhança de tamanho entre as localidades.