

Relação entre a qualidade dos machos da libélula *Micrathyrja* sp. (Odonata: Libellulidae) e a aquisição de cópulas

Luana dos Santos Ferreira Lins

Introdução

A seleção sexual é um processo evolutivo que surge da variação no sucesso reprodutivo entre indivíduos da mesma espécie (Darwin 1871). Os dois principais mecanismos subjacentes à seleção sexual são: a seleção intra-sexual e a seleção inter-sexual. A seleção intra-sexual é a competição entre indivíduos de um sexo pelo acesso a cópulas com indivíduos do outro sexo (Andersson 1994). A seleção inter-sexual, por sua vez, ocorre quando indivíduos de um sexo selecionam determinadas características fenotípicas em indivíduos do sexo oposto que são usadas como critério para a escolha de parceiros sexuais (Andersson 1994). Geralmente, as fêmeas selecionam machos de melhor qualidade utilizando como critério caracteres sexuais secundários conspícuos, tais como ornamentações (Futuyma 1997).

Quando há apenas um mecanismo envolvido na formação de um caráter sexual secundário, este caráter é considerado um sinal honesto da qualidade física do macho (Zahavi

1975). Um exemplo da sinalização honesta é a melanização das asas em machos de algumas espécies de insetos, em que a coloração escura das manchas alares sinaliza às fêmeas a habilidade imunológica dos potenciais parceiros sexuais (Schmid-Hempel 2003). Esta sinalização é honesta porque a melanina, proveniente da ingestão de fenilalanina na fase larval, é o mesmo composto usado para encapsular patógenos e dar a coloração escura das manchas alares. Portanto, quanto mais melanina um macho é capaz de produzir, melhor sua resposta imunológica e mais vistosa é sua coloração (Siva-Jothy 2000). Nas libélulas do gênero *Calopteryx*, por exemplo, a mancha presente na asa dos machos é um sinal honesto da eficiência da resposta imune dos machos, pois larvas bem alimentadas se tornam adultos com melhor resposta imune e maior pigmentação nas asas (Contreras-Garduño *et al.* 2006). Assim, as fêmeas ao selecionarem machos com manchas alares maiores, estão selecionando

também os indivíduos com melhor resposta imune.

Além da habilidade imunológica, a qualidade dos machos de libélulas também pode ser representada pela condição física, determinada pela quantidade de musculatura alar, pela quantidade de gordura e pela conspicuidade de algumas ornamentações como manchas coloridas no corpo destes insetos (Marden & Cobb 2004, Contreras-Garduño *et al.* 2006). Machos com musculatura alar mais desenvolvida têm maior capacidade de vôo e podem defender seus territórios por mais tempo, tendo assim vantagens para aquisição de fêmeas. Da mesma forma, o acúmulo de gordura é essencial para o suprimento de energia aos músculos do vôo, favorecendo a defesa territorial (Contreras-Garduño *et al.* 2006). Finalmente, em pelo menos algumas espécies de libélulas, a coloração conspicua das asas está correlacionada às reservas de gordura dos machos e com seu sucesso reprodutivo (Contreras-Garduño *et al.* 2006). Portanto, machos com mais músculos, maior acúmulo de gordura e com ornamentos mais conspicuos têm

melhor desempenho e adquirem mais cópulas.

O objetivo deste trabalho foi testar se a qualidade física dos machos da libélula *Micrathyria* sp. (Libellulidae) influencia sua probabilidade de adquirir cópulas. A hipótese é que os machos com melhor condição corporal, ornamentações maiores e melhor resposta imunológica terão mais chances de copular.

Métodos

Modelo de estudo

Machos de *Micrathyria* sp. disputam territórios na poça que as fêmeas utilizam para a oviposição (Buzatto 2006). Ao chegarem à poça as fêmeas voam por ela e podem avaliar os machos presentes ali. Em muitas ocasiões, os machos brigam entre eles, disputando a fêmea recém-chegada. Os machos vitoriosos são aqueles que interceptam a fêmea e conseguem copular. Logo após a cópula, a fêmea inicia a oviposição e o macho voa sobre a fêmea defendendo-a do ataque de outros machos que tentam copular com ela (Buzatto 2006). A defesa da fêmea evita que haja cópula com outro macho antes da oviposição, uma vez que machos de libélulas podem utilizar a

genitália para remover o esperma de outros machos de dentro da fêmea (Córdoba-Aguilar *et al.* 2003).

Ao contrário de muitas espécies de Libellulidae (Silsby 2000), os machos de *Micrathyria* sp. não possuem pigmentação de melanina na área proximal das asas. No entanto, no abdômen dos indivíduos dessa espécie há duas manchas no dorso do sexto segmento, com formato aproximadamente retangular e coloração esverdeada que contrasta com a cor escura do abdômen. Em algumas situações, o macho voa e/ou pousa com o abdômen flexionado e inclinado para cima expondo as manchas (obs. pess.). Uma vez que libélulas são orientadas visualmente (Silsby 2000), o tamanho dessas manchas pode influenciar o sucesso reprodutivo dos machos sinalizando sua qualidade física às fêmeas (Buzatto 2006).

Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva km 41 (02°24'S / 59°44'O), administrada pelo Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF) e situada a aproximadamente 80 km ao norte de Manaus, Amazônia Central. As coletas foram realizadas em

uma poça adjacente à estrada que dá acesso à reserva. Essa poça tem dimensões variadas ao longo do ano, mas durante os dois dias de coleta suas dimensões foram de aproximadamente 15 m de comprimento, 8 m de largura e 0,6 m de profundidade máxima.

Coleta de machos

Os machos de *Micrathyria* sp. foram coletados no período da manhã, a partir das 7:30 h, quando os indivíduos estão iniciando sua atividade na poça. Sempre que um casal de *Micrathyria* sp. foi avistado em cópula, o macho foi coletado e a fêmea solta. Logo após a coleta de um macho em cópula, outro macho que estava próximo e sem copular era coletado também. Portanto, os machos foram sempre coletados em pares: um macho em cópula e outro solitário. O macho que foi coletado em cópula foi considerado o macho de melhor qualidade naquele momento na poça e o macho solitário foi considerado de pior qualidade em relação àquele macho em cópula.

Condição física dos machos

Para calcular o índice de condição física dos machos, foi feita a razão entre a densidade do tórax e a

densidade do abdômen. Quanto maior a densidade do tórax, maior a quantidade de músculos e, portanto, melhor a qualidade dos machos já que os músculos do tórax estão relacionados à capacidade de vôo (Marden & Cobb 2004). Da mesma forma, quanto menor a densidade do abdômen, melhor a qualidade dos machos, pois a gordura tem baixa densidade e machos com maior estoque de gordura defendem melhor seu território (Contreras-Garduño *et al.* 2006). Assim, quanto maior o índice (densidade do tórax / densidade do abdômen), melhor será a condição física do macho. A forma do tórax foi considerada análoga a um paralelepípedo e, para calcular seu volume, foram medidos sua altura, largura e comprimento. A forma do abdômen foi considerada análoga a um cilindro e, para calcular o seu volume, foram medidos seu comprimento e maior diâmetro. A massa do tórax e do abdômen foram obtidas com uma balança (precisão de 0,001 g) e a densidade de cada uma dessas partes foi calculada dividindo a massa pelo volume.

Para calcular a área das manchas abdominais, o abdômen de cada macho foi fotografado e a área das manchas foi

calculada usando o programa Image Tool. A área de mancha de cada indivíduo foi considerada como o somatório da área das duas manchas. Como está sendo testado se os machos em cópula têm manchas maiores (e não a simetria das manchas), é esperado que machos com maior área total das manchas sejam mais atrativos para as fêmeas.

Experimento de resposta imune dos machos

No experimento de melanização, foram utilizados implantes de náilon com 0,2 mm de diâmetro para simular uma infecção patogênica (conforme Siva-Jothy 2000). Os implantes foram esterilizados em etanol 70% e inseridos sob a cutícula (2 mm de profundidade) na porção ventral do abdômen, entre o quarto e o quinto segmentos abdominais. Os implantes foram deixados por 3 h para que houvesse resposta imune do indivíduo implantado. Após a retirada, os implantes foram fotografados com escala no microscópico estereoscópico e as fotografias foram usadas para calcular a área melanizada do implante usando o programa Image Tool.

Análises estatísticas

Para testar se a qualidade dos machos influencia sua probabilidade de copular, foi feita uma regressão logística para cada variável (índice de qualidade, área das manchas abdominais e resposta imune). A previsão é que machos com maior índice de condição física, maior área das manchas abdominais e maior área melanizada do implante tenham maior probabilidade de serem encontrados em cópula. Uma vez que os dados foram coletados de forma pareada (machos em cópula e machos solitários coletados no mesmo momento), foi usado o seguinte procedimento para manter o pareamento na regressão logística: em seis dos 11 pares, os machos em cópula foram considerados focais e a estes pares foi designado o valor 1. Se a hipótese de que machos de melhor qualidade têm maior probabilidade de copular estiver certa, o esperado é que a diferença dos valores entre os machos focais (em cópula) e os não focais (solitários) seja positiva para todas as variáveis. Para os outros cinco pares coletados, os machos solitários foram considerados focais e a estes pares foi designado o valor 0. Para esses pares, o esperado é que a diferença dos valores dos machos focais

(solitários) e dos não focais (macho em cópula) seja negativa para todas as variáveis.

Resultados

Foram observadas 11 cópulas de *Micrathyria* sp., resultando em 22 machos coletados (11 copulando e 11 solitários). Os parâmetros usados para medir o índice de condição física dos machos (a densidade do abdômen e do tórax) não são correlacionados ($r=0,25$; $n=11$; $p=0,15$). A média do índice de condição física dos machos em cópula foi de 1,67 (DP=0,53) e dos solitários foi de 1,60 (DP=0,34). O índice de condição física não influencia a probabilidade do macho adquirir cópulas ($\chi^2=0,28$; $n=11$; $p=0,59$; Figura 1). A média da área das manchas nos machos em cópula foi de 10,58 mm² (DP=0,99) e dos machos solitários de 10,26 mm² (DP=0,70). Machos com manchas maiores não têm maior probabilidade de copular ($\chi^2=1,15$; $n=11$; $p=0,28$; Figura 2). A média da área melanizada do implante dos machos em cópula foi de 8,92 mm² (DP=0,54) e dos solitários de 8,65 mm² (DP=0,41). Machos com melhor resposta imune não têm maior probabilidade de copular ($\chi^2=1,80$; $n=11$; $p=0,18$; Figura 3).

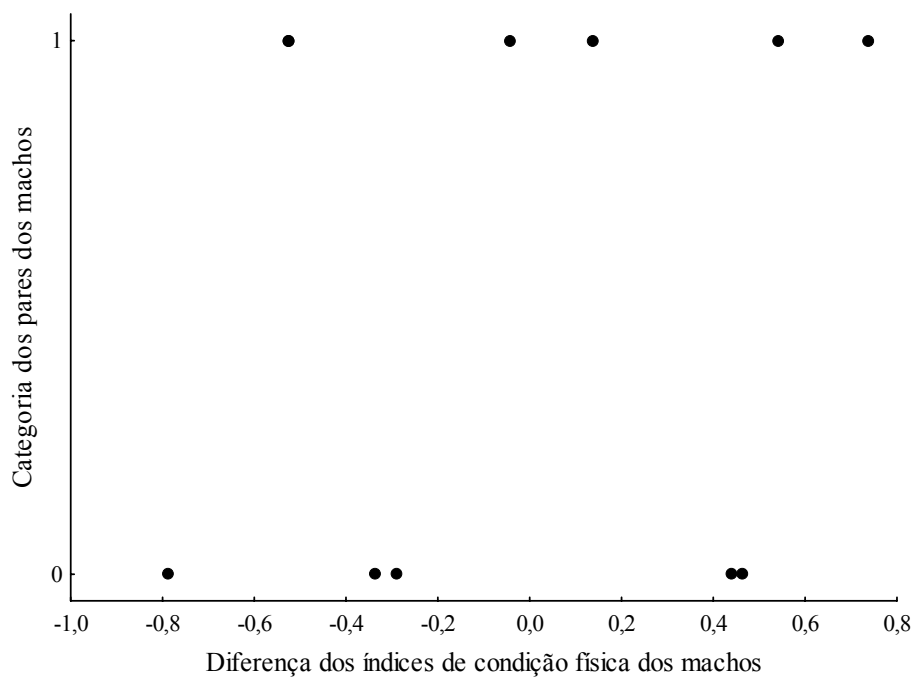


Figura 1. Distribuição dos pares de machos de *Micrathyria* sp. nos quais o indivíduo focal foi o macho em cópula (categoria 1) e pares nos quais o indivíduo focal foi o macho solitário (categoria 0) em relação à diferença do índice de condição física entre o macho focal e o não focal.

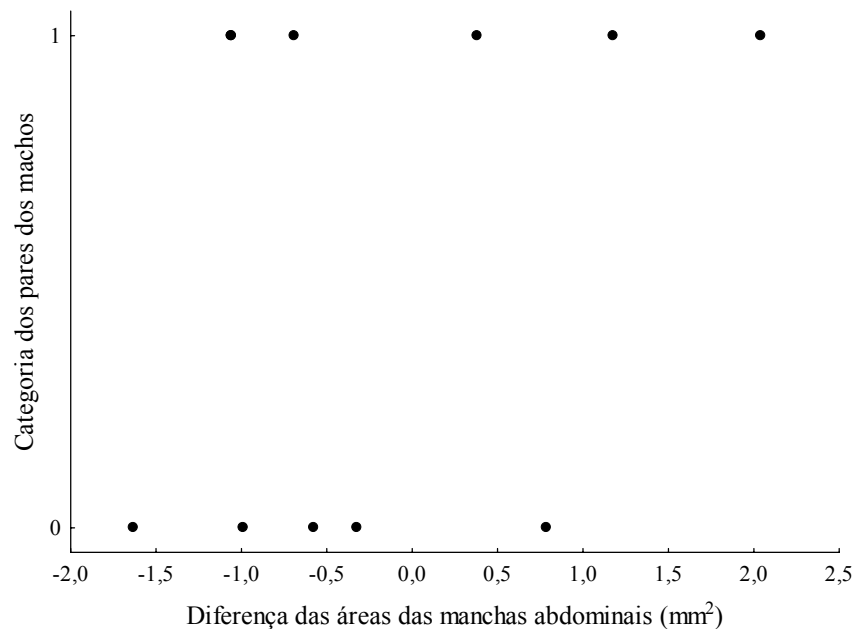


Figura 2. Distribuição dos pares de machos de *Micrathyria* sp. nos quais o indivíduo focal foi o macho em cópula (categoria 1) e pares nos quais o indivíduo focal foi o macho solitário (categoria 0) em relação à diferença das áreas das manchas abdominais entre o macho focal e o não focal.

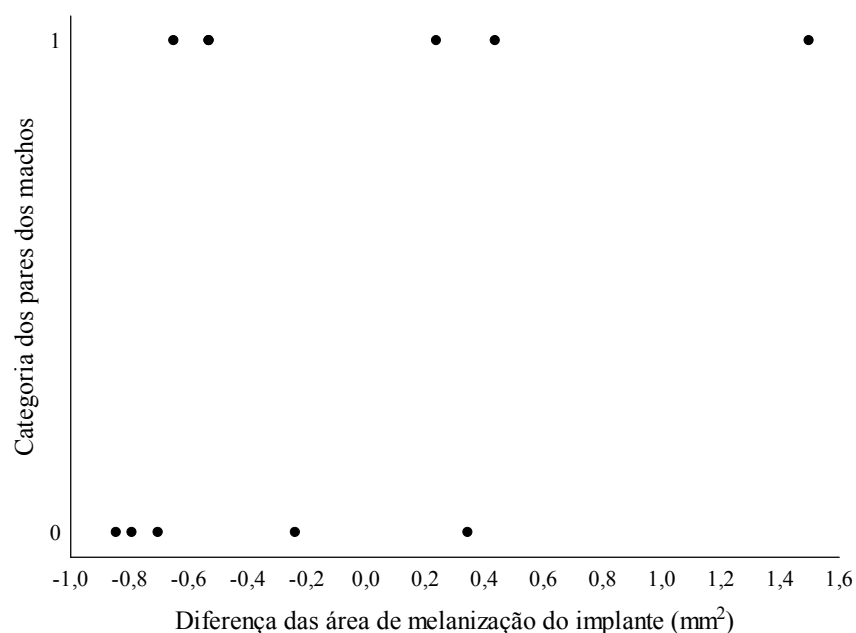


Figura 3. Distribuição dos pares de machos de *Micrathyria* sp. nos quais o indivíduo focal foi o macho em cópula (categoria 1) e pares nos quais o indivíduo focal foi o macho solitário (categoria 0) em relação à diferença das áreas de melanização do implante entre o macho focal e o não focal.

Discussão

Os resultados deste estudo apontam que a qualidade do macho não influencia a probabilidade de aquisição de cópulas em machos da libélula *Micrathyria* sp.. Da mesma forma, o tamanho e a simetria das asas não influenciam a aquisição de cópulas em *Micrathyria* sp. (Buzatto 2006). Portanto, nenhuma das características fenotípicas tradicionalmente usadas para avaliar a qualidade dos machos em libélulas (e.g. Siva-Jothy 2000, Contreras-Garduño *et al.* 2006) parece explicar a seleção de parceiros por fêmeas de *Micrathyria* sp.. Entretanto, dado que machos de libélulas possuem a

capacidade de utilizar sua genitália para remover o esperma de outros machos de dentro da fêmea (Córdoba-Aguilar *et al.* 2003), as fêmeas de *Micrathyria* sp. podem selecionar seus parceiros usando como critério a qualidade do cortejo copulatório e/ou da estimulação genital promovida pelo macho durante a cópula (Eberhard 1996). É possível, portanto, que, na população de estudo, a seleção inter-sexual ocorra principalmente durante e/ou após a cópula.

Quando os machos possuem características sexuais secundárias conspicuas que sinalizem sua habilidade imunológica, essas características comumente são usadas pelas fêmeas

como preditoras da qualidade do macho (Siva-Jothy 2000). Neste estudo, demonstrou-se que a eficiência da resposta imune não aumenta a chance dos machos adquirirem cópulas, provavelmente porque as fêmeas não têm como identificar machos com melhor resposta imune. Como não há uma correlação entre a área da mancha abdominal e a resposta imune ($r=0,16$; $n=11$; $p=0,48$), não existe um padrão de melanização corporal ou qualquer outra ornamentação conspícua que sinalize para as fêmeas quais machos de *Micrathyria* sp. têm melhor resposta imune.

Em situações em que a intensidade da seleção sexual é alta, diferentes estratégias de acasalamento podem emergir entre machos da mesma população como forma de obter cópulas (Gross 1996). Na poça de estudo, há ao menos mais duas espécies de libélulas da família Libellulidae, *Orthemis* sp. e *Erythrodiplax* sp., que apresentam machos com duas estratégias de acasalamento. Em *Orthemis* sp., há um grupo de machos com melhor qualidade física que ocupam a poça (local de oviposição das fêmeas) e outro composto por machos com pior condição física que se distribuem na

borda da mata, longe da poça (Rosa *et al.* 2008). Uma distribuição similar foi observada para os machos de *Erythrodiplax* sp., espécie em que alguns machos defendem territórios na poça, enquanto outros machos (possivelmente satélites) posicionam-se na mata ao redor da poça (obs. pess.). Dado que a poça é um sítio de oviposição escasso e a competição por ele deve ser alta, é possível que machos de *Micrathyria* sp. também apresentem duas estratégias reprodutivas. Dessa forma, os machos na poça seriam os mais competitivos e, por isso, apresentam pouca variação de condição física, assim como registrado neste estudo (note a pequena variação no eixo x das figuras 1-3). Os machos com pior condição física devem estar distribuídos em outras áreas onde gasto de energia com brigas e defesa territorial com outros machos é menor, mas onde a chance de conseguir uma cópula é também menor (Rosa *et al.* 2008).

Em conclusão, as características fenotípicas estudadas até o momento nos machos de *Micrathyria* sp. não parecem influenciar a probabilidade de aquisição de cópulas e, provavelmente, não estão sinalizando a qualidade destes machos para as fêmeas. Uma

característica fenotípica que parece variar entre os machos é a cor das manchas abdominais, que podem ser atrativas para as fêmeas. Seria interessante fazer um estudo comparando a cor das manchas dos machos para testar se machos em cópula têm manchas com cores mais vistosas que os machos solitários.

Agradecimentos

Agradeço ao Glauco pelas conversas e inúmeras explicações sobre muitos temas biológicos ao longo do curso, pela correção super paciente e dedicada deste projeto. A Lelê pela sua correção paciente, pelos momentos divertidos ao longo do curso e por toda a ajuda. Ao Paulinho por tornar esses dias aqui sempre muito felizes, por todas as inúmeras explicações estatísticas, por ter sido um ótimo companheiro de poça, por não me deixar desanimar com a falta de libélulas, por ser a alegria em pessoa. Agradeço ao Tiko, nosso baiano arretado, por todo o companheirismo em campo, por todas as idéias, por todo o carinho, por todas as fotos e por ter me feito ver os bichos mais legais na Amazônia. Agradeço ao Fabricera pelo material e métodos de como montar a

rede sem que ela caia, pela explicação de que se eu dormir como um feijão na rede e acordar sem coluna, “a culpa é minha”, por todas suas histórias engraçadas. Obrigada Zé, por suas aparições ao longo do curso sempre muito felizes para nós e suas conversas sempre boas. Obrigada Flavinha pela em campo, pelas fotos engraçadas e pelas boas conversas. Agradeço a todos os professores que passaram pelo curso, sempre nos ajudando e passando suas diferentes experiências. Agradeço em especial aos grandes amigos dessa jornada do EFA 2009 (menos pra paulista marrenta, brincadeirainha Marienta) que fizeram deste mês no meio da Amazônia uma experiência inesquecível, sempre muito divertida e cheia variedades culturais. Meus queridos, muito obrigada por tudo nesses 30 dias de muitas experiências memoráveis. Obrigada pela paciência, por toda a ajuda, por toda a alegria, por todas as diferenças que me ajudaram muito a aprender que ser diferente é legal (risos). Não vou citar cada nome, mas tenham certeza que tenho muito a agradecer a cada um de vocês. Agradeço aos meus grandes amigos Rafa e Dani pela revisão no projeto, por todo o apoio e por me abrigarem.

Agradeço ao meu Vitú por me incentivar muito a vir ao curso e a continuar persistindo sempre nos meus sonhos.

Referências

- Andersson, M.B. 1994. Sexual selection. Princeton: Princeton University Press.
- Buzatto, B.A. 2006. A massa corporal e a simetria alar de machos da libélula *Micrathyria* sp. (Odonata: Libellulidae) influenciam seu sucesso reprodutivo? In: Livro do curso de campo “Ecologia da Floresta Amazônica” (J.L.C. Camargo & G. Machado, eds.). Manaus: PDBFF/INPA.
- Contreras-Garduño, J., J. Canales-Lazcano & A. Córdoba-Aguilar. 2006. Wing pigmentation, immune ability, fat reserves and territorial status in males of the rubyspot damselfly, *Hetaerina americana*. *Journal of Ethology*, 24:165-173.
- Córdoba-Aguilar, A., E Uhía-Castro & A. Cordero-Rivera. 2003. Sperm competition in Odonata (Insecta): the evolution of female multiple mating and rivals' sperm displacement. *Journal of Zoology*, 261:381-398.
- Darwin, C. 1871. The descent of man and selection in relation to sex. London: John Murray.
- Eberhard, W. G. 1996. Female control: sexual selection by cryptic female choice. Princeton: Princeton University Press.
- Futuyma, D.J. 1997. Biologia evolutiva. Brasília: Sociedade Brasileira de Genética.
- Gross, M.R. 1996. Alternative reproductive strategies and tactics: diversity within sexes. *Trends in Ecology and Evolution*, 11:92-98.
- Hamilton W.D. & M. Zuk. 1982. Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science*, 218:384-386.
- Marden, J.H. & J.R. Cobb. 2004. Territorial and mating success of dragonflies that vary in muscle power output and presence of gregarine gut parasites. *Animal Behaviour*, 68:857-865.
- Rosa, C., C. Leite, D. Marra, G. Sinimbu & L. Soares. 2008. A influência da condição física na adoção de duas estratégias de acasalamento por machos da libélula *Orthemis* sp. (Odonata:

Libellulidae). In: Livro do curso de campo “Ecologia da Floresta Amazônica” (J.L.C. Camargo & G. Machado, eds.). Manaus: PDBFF/INPA.

Schmid-Hempel, P. 2003. Variation in immune defence as a question in evolutionary ecology. *Proceedings of the Royal Society of London*, 270:357-366.

Silby, J. 2000. Dragonflies of the world. Washington: Smithsonian Institution Press.

Siva-Jothy, M.T. 2000. A mechanistic link between parasite resistance and expression of a sexually selected trait in a damselfly. *Proceedings of the Royal Society of London*, 267:2523-2527.

Zahavi, A. 1975. Mate selection: a selection for handicap. *Journal of Theoretical Biology*, 53:205-214.

