
Ciências Biológicas

Victor Moraes Ghirotto

**Estudo comparativo da corte e cópula de duas
espécies de aranhas da família Dipluridae
(Araneae, Mygalomorphae)**



Rio Claro
2019

Victor Morais Ghirotto

Estudo comparativo da corte e cópula de duas espécies de aranhas
da família Dipluridae (Araneae, Mygalomorphae)

Orientador: José Paulo Leite Guadanucci

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2019

G425e

Ghirotto, Victor Morais

Estudo comparativo da corte e cópula de duas espécies de aranhas da família Dipluridae (Araneae, Mygalomorphae) / Victor Morais Ghirotto. -- Rio Claro, 2019

46 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: José Paulo Leite Guadanucci

1. Animais Comportamento. 2. Zoologia. 3. Comportamento sexual. 4. Aranha. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

RESUMO:

A família Dipluridae (Araneae, Mygalomorphae) está representada por aranhas de pequeno a médio porte, construtoras de teias de lençol ou funil. Em sua composição atual, é um grupo polifilético, incluindo as subfamílias Ischnothelinae (presente na África, América Central e do Sul e Índia), Euagrinae (África, Oceania, América do Norte e Central, Indochina e Ásia Central), Masteriinae (Oceania, América Central e do Sul) e Diplurinae (América do Sul). O comportamento sexual destas aranhas é pouco conhecido, existindo estudos apenas para sete espécies, *Microhexura montivaga* Crosby & Bishop, 1925 (Euagrinae), três *Euagrus* spp. Ausserer, 1875 (Euagrinae), *Australothele jamiesoni* Raven, 1984 (Euagrinae), *Phyxioschema suthepium* Raven & Schwendinger, 1989 (Euagrinae) e *Thelechoris striatipes* (Simon 1889) (Ischnothelinae). No presente trabalho, são descritos detalhadamente a corte e cópula, em condições laboratoriais, de *Diplura macrura* C. L. Koch 1841 (Diplurinae) e *Ischnothele annulata* Tullgren 1905 (Ischnothelinae). Ainda, estes comportamentos são analisados e comparados sob escopo filogenético, tanto num contexto da família Dipluridae como da infra-ordem Mygalomorphae. Cinco novas categorias comportamentais sexuais para a família são registradas, e dois comportamentos únicos foram observados e descritos pela primeira vez. Estas descrições constituem a primeira deste tipo para a subfamília Diplurinae e para espécies neotropicais de Dipluridae. A corte nas duas espécies é iniciada após o macho contactar a teia da fêmea. O comportamento reprodutivo em *D. macrura* envolve, nos machos, as seguintes categorias: *body vibration*, *palpal drumming*, *brushing*, *claspings*, *palpal boxing*, *hugging* e inserções alternadas dos palpos. Nas fêmeas, foram registradas: *body vibration*, *leg tapping*, e *catalepsis*. Em *I. annulata* envolve, nos machos, *body vibration*, *palpal drumming*, *brushing*, *post-brushing*, *claspings*, *palpal boxing*, *insertion lifting* e inserções alternadas dos palpos. Nas fêmeas, foram registradas *body vibration*, *leg tapping* e ausência de *catalepsis*. A presença de *palpal boxing*, observada em Ischnothelinae, é inédita fora do clado Crassitarsae, indicando uma possível condição plesiomórfica ou surgimento múltiplo para o comportamento. O comportamento de *hugging*, amplamente observado em Crassitarsae, é descrito para Diplurinae. Somado a características sinapomórficas morfológicas, este comportamento também sustenta a inclusão da subfamília Diplurinae em Crassitarsae. O hábito presente em fêmeas de elevarem seu corpo momentos antes da cópula é considerado significativo para futuras análises, estando amplamente presente em Crassitarsae, apesar da escassez de detalhamento em estudos, podendo ser um outro comportamento sinapomórfico do grupo. Comportamentos reprodutivos descritos para Mygalomorphae são revisados. Dados adicionais da história natural e biologia das duas espécies são fornecidos. Metas para estudos futuros com comportamento sexual de aranhas são sugeridas.

Palavras-chave: Diplurinae. Ischnothelinae. Comportamento sexual. Corte e cópula. Etologia.

ABSTRACT:

The family Dipluridae (Araneae, Mygalomorphae) is represented by small to medium spiders, spinners of sheet or funnel webs. In its current composition, it is a polyphyletic group, including the subfamilies Ischnothelinae (present in Africa, Central and South America and India), Euagrinae (Africa, Oceania, North and Central America, Indochina and Central Asia), Masteriinae (Oceania, Central and South America) and Diplurinae (South America). The sexual behavior of these spiders is poorly known, and studies exist only for seven species, *Microhexura montivaga* Crosby & Bishop, 1925 (Euagrinae), three *Euagrus* spp. Ausserer, 1875 (Euagrinae), *Australothele jamiesoni* Raven, 1984 (Euagrinae), *Phyxioschema suthepium* Raven & Schwendinger, 1989 (Euagrinae) and *Thelechoris striatipes* (Simon 1889) (Ischnothelinae). In the present work, the courtship and mating behavior, under laboratory conditions, of *Diplura macrura* C. L. Koch 1841 (Diplurinae) and *Ischnothele annulata* Tullgren 1905 (Ischnothelinae) are detailed described. Moreover, these behaviors are analyzed and compared through a phylogenetic scope, both in a context of the Dipluridae family and of the Mygalomorphae infraorder. Five new sexual behavioral categories for the family are recorded, and two unique behaviors were observed and described for the first time. These descriptions constitute the first of this kind for the subfamily Diplurinae and for Neotropical species of Dipluridae. The courtship in the two species is initiated after male contacting the female's web. The reproductive behavior in *D. macrura* involves, in males, the following categories: body vibration, palpal drumming, brushing, clasping, palpal boxing, hugging and alternating insertions of palps. In females, body vibration, leg tapping, and catalepsis were recorded. In *I. annulata* it involves, in the males, body vibration, palpal drumming, brushing, post-brushing, clasping, palpal boxing, insertion lifting and alternating insertions of palps. In females, body vibration, leg tapping and absence of catalepsis were recorded. The presence of palpal boxing, observed in Ischnothelinae, is unprecedented outside the clade Crassitarsae, indicating a possible plesiomorphic condition or multiple emergence for this behavior. The hugging behavior, widely observed in Crassitarsae, is described for Diplurinae. Added to the morphological synapomorphic characteristics, this behavior also supports the inclusion of the subfamily Diplurinae in Crassitarsae. The habit present in females of elevating their body moments before insertion is considered significant for future analyses, being widely present in Crassitarsae, despite the lack of detail in studies, it could be another synapomorphic behavior of the group. Reproductive behaviors described for Mygalomorphae are reviewed. Additional data on the natural history and biology of the two species are provided. Targets for future studies with sexual behavior of spiders are suggested.

Key-words: Diplurinae. Ischnothelinae. Sexual behavior. Courtship and mating. Ethology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1 Material de estudo	12
2.2 Experimentos	12
2.3 Análise do Comportamento	13
3 RESULTADOS	14
3.1 <i>Diplura macrura</i>	15
3.1.1 <i>Biologia dos animais</i>	15
3.1.2 <i>Comportamento reprodutivo</i>	18
3.2 <i>Ischnothele annulata</i>	23
3.2.1 <i>Biologia dos animais</i>	23
3.2.2 <i>Comportamento reprodutivo</i>	26
4 DISCUSSÃO	33
4.1 Sazonalidade	33
4.2 Comportamento reprodutivo	33
4.3 Cuidado parental	41
5 CONCLUSÃO	42
6 REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O filo Arthropoda é um grupo megadiverso, antigo e rico em informações biológicas (BRUSCA; BRUSCA, 2007). Dentre os artrópodes, a ordem Araneae apresenta uma grande diversidade de espécies, de morfologias e comportamentos (GONZAGA *et al.*, 2007). Essa ordem se divide em dois grandes grupos, as sub-ordens Mesothelae e Opisthothelae, onde a última contém a maior parte das espécies de aranhas e se divide em duas infra-ordens: Mygalomorphae e Araneomorphae (BRUSCA; BRUSCA, 2007). Dentre elas, Araneomorphae é mais diversa e mais bem estudada, inclusive em aspectos comportamentais. Em migalomorfas, o enfoque de estudos comportamentais (etológicos) vem crescendo, devido à percepção de que o comportamento, principalmente reprodutivo, não é simples e pobre em informações como se pensava há mais de 20 anos no meio científico. Descobertas relevantes estão sendo feitas a cada ano, revelando a complexidade e o potencial do estudo do comportamento reprodutivo destas aranhas. Nelas, o comportamento sexual tem caráter adaptativo e evolutivo, estando diretamente envolvido na seleção sexual, o que constitui um importante complemento para o conhecimento geral do grupo (COSTA; PÉREZ-MILES, 2002; COPPERI *et al.*, 2012; FERRETTI *et al.*, 2013; LORENZ, 2013).

O comportamento reprodutivo é muito particular a uma certa espécie. A especificidade de um táxon reflete tanto características morfológicas, historicamente mais aceitas e trabalhadas (WENZEL, 1992) quanto características moleculares e comportamentais, que também mostram alta importância taxonômica e filogenética (CODDINGTON, 1990; WENZEL, 1992).

Em aranhas ocorre um grande dimorfismo sexual. Nos machos adultos, o ápice do pedipalpo é especializado em um órgão copulatório cada, o bulbo copulador. Quando maduros e no período reprodutivo, os machos tecem uma teia especializada (teia espermática), na qual é depositado o líquido espermático proveniente da genitália, para posteriormente ser transferido aos bulbos copuladores (indução de esperma). A partir da primeira indução, os machos vagueiam à procura de fêmeas para a reprodução (FOELIX, 1996; FERRETTI *et al.*, 2013). A genitália feminina consiste em uma abertura, localizada na fenda epigástrica, que possui luz comum para o oviduto, que chega até os ovários, e ao receptáculo seminal (espermateca), que receberá a carga espermática e a armazenará até o momento da fecundação e logo posteriormente oviposição (FOELIX, 1996). Os ovos são depositados em uma bolsa de teia

(ooteca) que é construída pela fêmea. Pode haver cuidado parental, como uma vigília ou proteção dos ovos ou da prole, ou o abandono das ootecas no ambiente (FOELIX, 1996).

Através da corte e cópula, fêmeas conseguem optar por determinados parceiros e até podem selecionar o esperma que utilizarão para ovipor (EBERHARD, 1994). Estímulos táteis, vibratórios, auditivos e químicos podem ser utilizados como critério pela fêmea durante o processo de corte e de cópula (HUBER *et al.*, 2005). Os estímulos táteis que o macho realiza com o palpo durante a cópula poderiam explicar a grande diversificação e evolução de bulbos copulatórios nas aranhas (EBERHARD, 1985; ARNQVIST; DANIELSSON, 1999; HOSKEN; STOCKLEY, 2004).

A corte pode ser categorizada de acordo com os movimentos que o macho realiza e geralmente a ordem em que ocorrem é de crucial importância para o reconhecimento co-específico (FERRETTI *et al.*, 2013). Em geral, para as migalomorfas, a corte consiste em movimentos elaborados que o macho executa ao detectar a presença de uma fêmea. Esses movimentos coordenados são realizados para o reconhecimento específico, onde garantem a aproximação do macho sem que a fêmea o ataque, participando ativamente na seleção sexual. A corte começa com a percepção da fêmea pelo macho, geralmente realizada através do substrato frequentado pela fêmea ou recoberto com teia, a qual contém feromônios e sinais químicos, um sinalizador eficaz de sua presença (BARUFFALDI *et al.*, 2010). A experimentação do substrato é realizada por cerdas quimiorreceptoras, cujas bases possuem terminações nervosas, presentes nas partes distais das pernas (BRISTOWE; LOCKET, 1926; KASTON, 1936; BRISTOWE, 1941; FOELIX *et al.*, 2013). O macho então realiza movimentos vibratórios, estes podem ser oriundos de vibrações corpóreas, dos apêndices (quelíceras, palpos ou pernas) ou ambos (FERRETTI *et al.*, 2013). A seguir ocorre uma aproximação do macho, com o gradual aumento da intensidade e variação de movimentos. Ao se mostrar receptiva a fêmea tende a ou elevar a sua parte anterior exibindo suas quelíceras, ou realizar movimentos vibratórios em resposta, encorajando o macho a continuar a corte. Em muitas espécies de aranhas Mygalomorphae, o macho possui em seu primeiro par de pernas, na tíbia, um gancho (apófise tibial) que se encaixa nas quelíceras da fêmea (*Clasping*) a fim de aumentar a amplitude da elevação do prossoma da parceira, que possibilita o alcance da fenda epigástrica. Os movimentos vibratórios e táteis geralmente não se encerram com o início da cópula (definida pelo momento em que o macho começa a inserir o bulbo copulador na abertura genital da fêmea (FOELIX, 1996)). É durante a cópula que ocorre a transferência do material espermático para o receptáculo seminal da fêmea, através de diversas inserções do

bulbo copulador. Ao fim desse ritual, geralmente a fêmea permanece imóvel e o macho se distancia rapidamente, provavelmente para maximizar suas chances de sobrevivência evitando ataques da fêmea (FERRETTI *et al.*, 2013). Durante o *clasping* ou durante a inserção, comumente ocorre seleção sexual por escolha da fêmea. (COYLE; O'SHIELDS, 1990; EBERHARD, 1996).

Em aranhas da infra-ordem Mygalomorphae, o comportamento sexual específico foi historicamente pouco explorado, com grupos sem descrições de corte e cópula, ou com tais descrições apenas para poucas espécies, como é o caso da família Dipluridae (FERRETTI *et al.*, 2013). Essa família abriga aranhas de pequeno a médio porte, que são caracterizadas pelas longas fiandeiras laterais posteriores e garras tarsais bipectinadas. Raven (1985), em seu grande trabalho de revisão das migalomorfas, estabeleceu quatro subfamílias dentro de Dipluridae: Diplurinae, com quatro gêneros, Ischnothelinae, com cinco gêneros, Masteriinae, com três gêneros e Euagrinae, com dez gêneros, totalizando 188 espécies válidas em 24 gêneros, sendo dois destes não catalogados em subfamílias (SIMON, 1889; RAVEN, 1979; COYLE, 1995; WORLD SPIDER CATALOG, 2016). Mais tarde, Goloboff (1993), Hedin; Bond (2006) e Bond *et al.* (2012), mostraram que, como atualmente definida, a família constitui um agrupamento polifilético. A subfamília Euagrinae retém caracteres plesiomórficos, estando dentro do clado Avicularoidea, mas fora de Bipectina (BOND *et al.*, 2012). Dados recentes indicam Diplurinae como Crassitarse, um clado dentro de Bipectina (Avicularoidea), que também inclui Cyrtaucheniidae, Nemesiidae, Theraphosidae, Barychelidae e Microstigmatidae (BOND *et al.*, 2012; PÉREZ-MILES *et al.*, 2017), e Ischnothelinae fora de Bipectina, sendo um grupo mais antigo, em posições mais próximas do ancestral comum a todos os Avicularoidea, assim como Euagrinae (BOND *et al.*, 2012) (Figura 1).

Em aranhas migalomorfas, o enfoque de estudos comportamentais (etológicos) vem crescendo, devido à percepção de que o comportamento, principalmente reprodutivo, não é simples e pobre em informações como se pensava no meio científico. Descobertas relevantes estão sendo feitas a cada ano, revelando a complexidade e o potencial do estudo do comportamento reprodutivo destas aranhas. Nelas, o comportamento sexual tem caráter adaptativo e evolutivo, estando diretamente envolvido na seleção sexual, o que constitui um importante complemento para o conhecimento geral do grupo (COSTA; PÉREZ-MILES,

2002; COPPERI *et al.*, 2012; FERRETTI *et al.*, 2013; LORENZ, 2013). O comportamento reprodutivo é muito particular a uma certa espécie. A especificidade de um táxon reflete tanto características morfológicas, historicamente mais aceitas e trabalhadas (WENZEL, 1992) quanto características moleculares e comportamentais, que também mostram alta importância taxonômica e filogenética (CODDINGTON, 1990; WENZEL, 1992). Ainda, a análise de comportamento reprodutivo em cativeiro não parece ser muito diferente comparada à condição natural deste comportamento observado na natureza (JACKSON, 1988; JACKSON; POLLARD, 1990).

Com relação ao conhecimento de aspectos reprodutivos, apenas cinco espécies diplurídeas foram estudadas: *Microhexura montivaga* Crosby & Bishop, 1925 (Euagrinae), *Euagrus* spp. Ausserer, 1875 (Euagrinae), *Australothele jamiesoni* Raven, 1984 (Euagrinae), *Phyxioschema suthepium* Raven & Schwendinger, 1989 (Euagrinae) e *Thelechoris striatipes* (Simon 1889) (= *Thelechoris karschi* Bösenberg & Lenz, 1895) (Ischnothelinae) (COYLE, 1985, 1986; RAVEN, 1988; RAVEN; SCHWENDINGER, 1989; COYLE; O'SHIELDS, 1990; FERRETTI *et al.*, 2013).

Não há estudos de comportamento reprodutivo para os clados Diplurinae e Masteriinae. No caso da subfamília Ischnothelinae, apenas uma espécie africana foi estudada, sendo desconhecida a biologia reprodutiva de qualquer Dipluridae sul-americana (COYLE, 1985, 1986; RAVEN, 1988; RAVEN; SCHWENDINGER, 1989; COYLE; O'SHIELDS, 1990). O estudo da biologia reprodutiva de outras Dipluridae pode ser inserido num contexto filogenético de padrões de comportamento e pode complementar o conhecimento sobre a família, e em uma abordagem mais inclusiva, sobre a infraordem Mygalomorphae (FERRETTI *et al.*, 2013).

Os estudos citados com a família Dipluridae foram sintetizados em Ferretti *et al.* (2013), em um quadro geral para Mygalomorphae, mostrando os comportamentos sexuais categorizados onde houve a padronização dos termos utilizados em diferentes trabalhos para o mesmo comportamento.

Quadro 1. Lista de comportamentos padronizados observados em Dipluridae já existentes na literatura.

Comportamento	Descrição	Especificidades em Dipluridae
Corte do macho		

<i>Palpal Drumming</i>	Movimentos alternados do pedipalpo para cima e para baixo.	Pode acompanhar o <i>leg tapping</i> , ambos em contato com a teia e às vezes associado com <i>body vibrations</i> .
<i>Leg Tapping</i>	Pancadas vigorosas com as pernas I e às vezes pernas II ou ambas contra o substrato, contra a teia da fêmea ou contra o corpo da fêmea.	Ocorrem pancadas com ambas as pernas I e II, em contato com a teia. Às vezes associado com <i>body vibrations</i> (Coyle & O'Shields 1990).
<i>Body Vibrations</i>	Movimentos em alta frequência do corpo ou pernas geralmente causado por contrações na direção interna das pernas III com o fêmur posicionado quase verticalmente.	Sem distinções.
<i>Brushing</i>	Levantar, flexionar e estender pernas I, II e pedipalpos, e tocar os da fêmea.	Sem distinções.
Corte da fêmea		
<i>Body Vibrations</i>	Movimentos em alta frequência do corpo ou pernas geralmente causado por contrações na direção interna das pernas III com o fêmur posicionado quase verticalmente.	Sem distinções.
Durante a cópula, macho		
<i>Clasping</i>	O macho usa ganchos em suas pernas I ou II para prender as quelíceras, pedipalpos ou pernas da fêmea.	Sem distinções.
Durante a cópula, fêmea		
<i>Catalepsis</i>	Estado imóvel durante e depois da cópula, em que as fêmeas permanecem quiescentes e permitem um macho puxá-la e empurrá-la.	Sem distinções.
<i>Body Jerks</i>	Espasmos de grande amplitude em todas as pernas e pedipalpos.	Sem distinções.

Editado de Ferretti *et al.* (2013).

Aparentemente todas as Dipluridae já estudadas apresentam uma sinalização vibratória geral similar no comportamento sexual, mas com diferenças minuciosas, que podem representar modificações de um comportamento ancestral (COYLE; O'SHIELDS, 1990). Coyle; O'Shields (1990), apontam que as vibrações corporais de *M. montivaga*, *Euagrus* spp. e *A. jamiesoni* (todas Euagrinae) envolvem movimentos para cima e para baixo mais vigorosos e

mais estereotipados que os da *T. striatipes* (Ischnothelinae). Além disso, a *T. striatipes* realiza movimentos de avanço (também chamado de caminhada) acompanhados de vibrações corporais e escoramento de teia sobre a sua malha de teia durante a corte, o que não foi observado em cortes de Euagrinae (apenas em tentativas de cortes sem sucesso de *M. montivaga*).

Coyle; O'Shields (1990) ainda notam que o *Clasping* é similar entre *T. striatipes* e *M. montivaga*, onde o macho de ambas as espécies possuem apófises na perna I, diferindo do *Clasping* das espécies *Euagrus* spp., *A. jamiesoni* e *P. suthepium*, em que os machos possuem apófises na perna II. Ainda, o comportamento feminino observado em *T. striatipes* de *Catalepsis* foi também observado em *M. montivaga* e *Euagrus* spp., e a inserção alternada de pedipalpos direito-esquerdo na genitália da fêmea que ocorre em *T. striatipes* foi notado também em *M. montivaga* e *A. jamiesoni*. As observações do comportamento sexual de *P. suthepium* foram aparentemente muito superficiais, não sendo descritos os comportamentos em detalhes, tornando a comparação interespecífica dificultada.

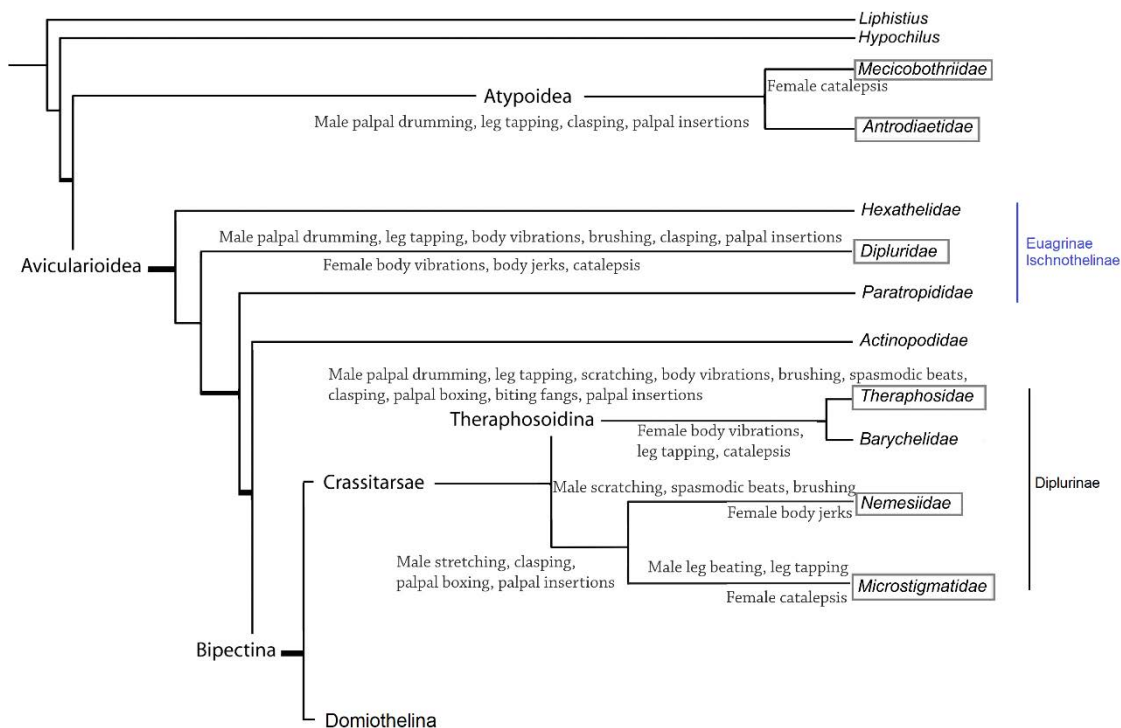
As espécies *Diplura macrura* C. L. Koch, 1841 (Diplurinae) e *Ischnothele annulata* Tullgren, 1905 (Ischnothelinae) são analisadas neste estudo. Ambas são animais comuns, a espécie *Diplura macrura* sendo encontrada na Mata Atlântica do Sudeste do Brasil, e *Ischnothele annulata* habitando o Cerrado (COYLE, 1995; INDICATTI, 2013). Indivíduos de *Diplura macrura* apresentam 3 cm em média de tamanho total do corpo com as quelíceras e fiandeiras, corpo esguio e pernas relativamente longas. Têm coloração preta em todo o corpo exceto pelo vermelho vivo no cefalotórax inteiro e em todas as coxas. Constroem suas tocas entre pedras ou entre pedras e o solo, com um lençol de teia perene espalhando-se discretamente por entre o substrato e as pedras (BRESOVIT *et al.*, 2004). A espécie *Ischnothele annulata* apresenta 2.5 cm em média de tamanho total do corpo com as quelíceras e fiandeiras, corpo mais compacto e pernas relativamente curtas. Suas fiandeiras são pseudo-segmentadas, sendo mais flexíveis. Tem coloração preto levemente acinzentada por todo o corpo, com carapaça cinza-prateada e marcações cinzas amareladas dorsalmente no abdômen. Constroem teias extensas e mais expostas, acima de pedras e substrato, com apenas o refúgio se localizando entre pedras ou entre pedra e substrato (COYLE, 1995).

A comparação de dados comportamentais entre Diplurinae e Ischnothelinae pode apresentar diferenças, refletindo suas relações filogenéticas distintas. O estudo de uma outra espécie de Ischnothelinae possibilita a primeira comparação entre duas espécies de Ischnothelinae.

Outras subfamílias de Dipluridae também podem apresentar diferenças comportamentais significativas entre elas, devido ao polifiletismo desta família, e devido a escassez de amostragem do comportamento sexual dessas aranhas.

Devido às relações já discutidas, é esperado encontrar similaridades na corte e cópula das espécies *T. striatipes* e *I. annulata*, ambas Ischnothelinae. O comportamento reprodutivo de Ischnothelinae pode mostrar características plesiomórficas, talvez compartilhadas com outros grupos de características basais, Avicularióideos não Bipectinados, o que inclui Euagrinae. Já a espécie *Diplura macrura* provavelmente teria similaridades maiores no comportamento sexual com aranhas das famílias do clado Crassitarsae, do que com as outras subfamílias de Dipluridae, apresentando comportamento reprodutivo com características mais derivadas. Ferretti *et al.* (2013) possui dados comportamentais filogenéticos já concretos de Mygalomorphae no geral, aos quais pode ser inserido as novas análises de Dipluridae (Figura 1).

Figura 1



Hipótese filogenética de Bond *et al.* (2012), com o comportamento sexual característico de cada família (em retângulos cinzas). Hipótese recente dos locais das subfamílias de Dipluridae indicadas. Domiothelina não tem dados. (Modificado de Ferretti *et al.* (2013))

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material de Estudo

Os animais utilizados no estudo foram mantidos no Laboratório de Aracnologia de Rio Claro, na UNESP de Rio Claro, coletados e assim mantidos sob licença permanente para coleta de material zoológico, SISBIO (Prof. Dr. José Paulo L. Guadanucci; número: 41256-1). As aranhas da espécie *Ischnothele annulata* foram obtidas por nascimento em cativeiro, de um casal matriz coletado em Novembro de 2014 no município de Barreiras - BA, e foram obtidos juvenis coletados em Setembro de 2016 em Pirenópolis – GO, em ambientes de Cerrado do tipo Carrasco (DE ARAUJO, 1998), e consistem de aproximadamente 40 indivíduos. Os animais foram mantidos em recipientes plásticos com furos para ventilação, de tamanho 7 cm x 7 cm x 5 cm (largura x comprimento x altura) para indivíduos jovens e machos adultos, terra ou algodão umedecido para hidratação e oferta semanal de presas (baratas da espécie *Phoetalia pallida* (Brunner von Wattenwyl, 1865), criadas em laboratório) para alimentação, com higienização do recipiente quando convier. O comportamento predatório foi observado sempre que as aranhas se alimentavam. Para algumas fêmeas adultas a serem analisadas durante a cópula, foram feitos recintos grandes (20 cm x 20 cm x 9 cm ou maior) com terra e pedras para a simulação de um ambiente natural e espaçoso para contemplar o máximo de respostas do macho ao território da fêmea. Já as aranhas da espécie *Diplura macrura* foram obtidas por coleta em ambiente natural, em quatro locais, em Mata Atlântica semidecídua de altitude em Campinas - SP, em Março de 2016, sendo 5 casais adultos, e um casal adulto em Mata Atlântica semidecídua em Itapetininga – SP, em Abril de 2017, um casal adulto e quatro juvenis em Mata Atlântica semidecídua no P.E. do Ibitipoca, em Janeiro de 2017, e um macho adulto em Mata Atlântica semidecídua em Pains – MG, em Abril de 2017; estas aranhas foram mantidas no mesmo padrão descrito previamente para *I. annulata*. As demais espécies diplurídeas foram estudadas a partir da literatura disponível.

2.2 Experimentos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Aracnologia de Rio Claro, na UNESP de Rio Claro. Casais foram selecionados e os machos foram colocados no recinto da respectiva fêmea, o mais distante possível do abrigo da mesma. O comportamento das aranhas foi observado, filmado com duas câmeras digitais (SONY HANDYCAM DCR-SR47), narrado e descrito, até o final do processo copulatório. O processo copulatório pode se constituir de

mais de um evento de cópula, e considerou-se seu final após 15 minutos do término do último contato físico entre os animais, ou quando o macho se distanciou do território (recinto) da fêmea, ou quando um dos indivíduos foi ferido pelo outro. Os machos que conseguiram uma cópula bem sucedida (com inserção do bulbo na genitália da fêmea) só foram pareados com outra fêmea após uma semana para possibilitar a recarga do bulbo com esperma (BAERG, 1958). Alguns machos, ao finalizarem um processo copulatório, foram posteriormente pareados com uma outra fêmea que tenha ou não finalizado um outro processo copulatório, simulando o que poderia ocorrer em ambiente natural (formando um casal diferente para o estudo).

2.3 Análise do comportamento

As unidades comportamentais foram analisadas e as categorias comparadas com as das outras Dipluridae e com as listadas por Ferretti *et al.* (2013). Os comportamentos das diferentes espécies de Dipluridae foram comparados num contexto filogenético, analisando-se as possíveis diferenças padrões entre os comportamentos, e a análise final foi inserida no contexto cladístico de comportamento reprodutivo de Mygalomorphae estabelecido por Ferretti *et al.* (2013) (Fig. 1).

3 RESULTADOS

Quadro 2. Lista de comportamentos padronizados observados em Dipluridae com resultados inclusos.

Comportamento	Descrição	Especificidades em Dipluridae
Corte do macho		
<i>Palpal drumming</i>	Movimentos alternados do pedipalpo para cima e para baixo.	Pode acompanhar o <i>leg tapping</i> , ambos em contato com a teia e às vezes associado com <i>body vibrations</i> .
<i>Leg tapping</i>	Pancadas vigorosas com as pernas I e às vezes pernas II ou ambas contra o substrato, contra a teia da fêmea ou contra o corpo da fêmea.	Ocorrem pancadas com ambas as pernas I e II, em contato com a teia. Às vezes associado com <i>body vibrations</i> (Coyle & O'Shields 1990).
<i>Body vibrations</i>	Movimentos em alta frequência do corpo ou pernas geralmente causado por contrações na direção interna das pernas III com o fêmur posicionado quase verticalmente.	Sem distinções.
<i>Brushing</i>	Levantar, flexionar e estender pernas I, II e pedipalpos, e tocar os da fêmea.	Sem distinções.
Corte da fêmea		
<i>Body vibrations</i>	Movimentos em alta frequência do corpo ou pernas geralmente causado por contrações na direção interna das pernas III com o fêmur posicionado quase verticalmente	Sem distinções.
<i>Leg tapping</i>	Pernas I e pedipalpos são rapidamente flexionadas, levantadas e abaixadas, contatando o solo.	Pedipalpos participam junto com as pernas.
Durante a cópula, macho		
<i>Clasping</i>	O macho usa ganchos em suas pernas I para prender as quelíceras, pedipalpos ou pernas da fêmea.	Sem distinções.
<i>Palpal boxing</i>	Movimento alternado do pedipalpo, para cima e para baixo, em contato com o esterno da fêmea.	Sem distinções.
<i>Hugging</i>	O macho “abraça” a fêmea com as pernas II,	Sem distinções.

	envolvendo seu prossoma entre as pernas II e III, segurando-a.	
<i>Post brushing/Leg rubbing</i>	O macho, pouco antes até durante a inserção, estica as pernas II e continuamente move-as para cima e para baixo, tocando e esfregando seu metatarso ou tarso nas coxas ou esterno da fêmea.	Exclusivo
<i>Insertion Lifting</i>	O macho, imediatamente após o <i>palpal boxing</i> e o encaixe do clasping, repentinamente eleva seu corpo com as pernas III e IV, levantando o corpo da fêmea e iniciando a inserção.	Exclusivo
Durante a cópula, fêmea		
<i>Catalepsis</i>	Estado imóvel durante e depois da cópula, em que as fêmeas permanecem quiescentes e permitem um macho puxá-la e empurrá-la.	Sem distinções.
<i>Body jerks</i>	Espasmos de grande amplitude em todas as pernas e pedipalpos.	Sem distinções.

Editado de Ferretti *et al.* (2013).

3.1 *Diplura macrura*

3.1.1 *Biologia dos animais*

As coletas de *D. macrura* são inéditas para o Estado de São Paulo e representam um aumento na área de ocorrência e o registro mais ao Sul para a espécie (PEDROSO *et al.*, 2016). Ainda, os animais analisados apresentam de 10 a 11 cerdas modificadas nas liras da face prolateral da maxilla, representando um aumento na variação da quantidade destas cerdas em *D. macrura*, de 7 a 9 para 7 a 11 (PEDROSO *et al.*, 2016).

Um macho coletado jovem em Campinas - SP maturou no dia 08.02.2017. Um macho jovem coletado em Ibitipoca - MG maturou dia 24.03.2017. Um macho de Campinas - SP foi coletado já adulto em 30.04.2016. Um macho de Itapetininga - SP foi encontrado in situ cortejando uma fêmea que se encontrava dentro de uma toca debaixo de uma pedra, às 11h da manhã do dia 30.04.2017. Infelizmente a cópula foi interrompida. A partir de uma fêmea copulada em 04.05.2016 em cativeiro, houve postura da ooteca em 08.08.16; desta, eclodiram 90 juvenis de 0.5cm, no dia 19.09.2016. As cópulas ocorreram em Março, Abril, e começo de Maio (dias 1 e 5 de Maio de 2017), ou seja, no último mês e logo após a estação chuvosa da área de ocorrência (que vai de Outubro a Março, (INMET)), com ooteca em Agosto (dia 8) e

filhotes nascendo em Setembro (dia 19), no início da próxima estação chuvosa. Os machos se tornaram adultos em Fevereiro e Março, no final da estação chuvosa. A teia destas aranhas consiste em uma malha relativamente densa em alguns pontos, que se afunila em um ou mais tubos, rente à pedras, à parede do terrário, eventualmente se inserindo em frestas ou sob pedras. Quando há mais de um tubo ou toca, estes são interconectados diretamente ou por abertura do funil. Todos os indivíduos se mostraram ávidos predadores, subjulgando até mesmo presas ligeiramente maiores que elas próprias, e raramente recusando alimentação, exceto em período pré e pós-ecdise, onde jejuam. Ao detectar movimentação de presa na teia, a aranha rapidamente se dirige à mesma, e com um movimento das pernas I e pedipalpos, puxa repentinamente a presa até suas quelíceras. Na grande maioria dos casos em que as presas capturadas eram grandes (de comprimento maior que o comprimento do corpo das aranhas), as quelíceras foram inseridas no dorso da barata, próximo à cabeça, com a aranha mantendo seu abdômen flexionado para cima, provavelmente para evitar se machucar com a presa em áreas vitais. As presas são levadas para dentro do tubo ou buraco e a aranha se alimenta.

Uma ooteca foi obtida de uma das aranhas coletadas e copuladas, oviposta em 08.08.2016. A ooteca é fixa, bem conectada à malha de teia, em um tubo mais extenso na malha de teia, acima do substrato. A fêmea permaneceu em cima ou muito próxima da ooteca durante todo o período de incubação. Aproximadamente 90 filhotes eclodiram da ooteca no dia 19.09.2016, permanecendo no refúgio da mãe por cerca de 3 dias, quando começaram a se espalhar pelo terrário, alguns adotando tocas próprias, e foram então separados e individualizados para criação controlada. Até Outubro de 2017, os filhotes não maturaram, mas mudaram de sete a oito vezes, e encontram-se próximos do tamanho adulto.

As cópulas foram realizadas colocando o macho no terrário da fêmea, parcialmente ou densamente escorado com teia. Todas iniciaram com o cortejo do macho (com *body vibration*, exceto o macho de Pains - MG, que iniciou com *palpal drumming*) após o contato com a teia da fêmea, sendo este iniciado imediatamente, ou após algum tempo de pausa (geralmente alguns segundos). Em uma das cópulas, ocorrida em 25.04.2017, com animais de Campinas - SP, o macho correu ao ser colocado no terrário da fêmea, que o perseguiu brevemente, mas o macho recuou alguns centímetros e começou o cortejo, e a fêmea não exibiu perseguição, respondendo ao macho com comportamentos de cortejo. Quatro cópulas com sucesso foram obtidas com animais desta espécie, sendo três com animais do Pico das Cabras (Campinas -

SP), e uma com animais de Itapetininga - SP. Duas sem sucesso também foram obtidas, onde em uma houve cortejo do macho e da fêmea, com animais de Ibitipoca - MG, mas o macho havia perdido os palpos previamente, impossibilitando a cópula; e em outra, apenas o macho cortejou e a fêmea se mostrou agressiva para com o macho, perseguindo-o para fora de seu território, sendo o macho de Pains - MG e a fêmea de Ibitipoca - MG.

Figura 2



A-K. *Diplura macrura*. A. Fêmea adulta de Campinas - SP, hábito dorsal; B. Macho adulto de Campinas - SP, hábito dorsal (foto cortesia de Pedro Alvaro Barbosa de Aguiar Neves); C. Juvenil de segundo ínstar, de

Campinas - SP, hábito dorsal; D. Juvenil de Campinas - SP predando barata, note a inserção das quelíceras no dorso da presa de grande tamanho; E. Teia *in situ* debaixo de pedra (erguida) de subadulto em Campinas - SP; F. Fêmea adulta, a mesma da imagem 2.A, com filhotes de primeiro ínstar, recém eclodidos, em sua teia; G-H. Fêmea adulta guardando sua ooteca, mesmo indivíduo da imagem 2.A; I-J. Teia construída em cativeiro de fêmea adulta de Campinas - SP; K. Juvenil espreitando em sua teia, de noite, *in situ*, em formação rochosa no P. E. do Ibitipoca - MG. Feito pelo autor.

3.1.2 Comportamento reprodutivo

A descrição geral do comportamento segue Ferretti *et al.* (2013), mas as especificidades comportamentais observadas são ressaltadas. O substrato onde ocorre a corte a cópula pode ser tanto terra, levemente coberta pela teia da aranha, ou a própria teia dos animais, escorada acima da terra. O mesmo vale para a descrição do comportamento de *I. annulata*.

Macho:

Body vibration: Flexionadas e tocando o substrato, todas as pernas (mas principalmente I e II) se contraem, puxando a teia vagarosamente em sentido ao centro do corpo e em seguida se movendo rapidamente para frente, fazendo o corpo se erguer ligeiramente, e causando uma vibração, geralmente de apenas uma frequência, mas podendo envolver repetições. Usualmente seguido ou precedido de pausas, às vezes seguido de *palpal drumming*. A frequência é de uma vibração por segundo, com vibrações únicas durando aproximadamente um segundo. Em uma cópula, foi observado o *body vibration* durante a inserção.

Palpal drumming: Movimentos alternados do palpo, levemente flexionado, para cima e para baixo, encostando no substrato, geralmente com pouca intensidade e frequência (3 batidas por segundo, em média, durando até três segundos). Em uma das cópulas com sucesso, o macho não realizou *palpal drumming*.

Brushing: O macho estende as pernas I e encosta os tarsos na fêmea, e movendo-os para baixo rapidamente, procedendo ao toque e repetindo o movimento, assim raspando a fêmea. Este movimento pode ser acompanhado de algo similar a *palpal drumming*, com pausas, onde o *palpal drumming* do *brushing* se torna *palpal boxing* após a finalização do movimento.

Clasping: O macho, após o *brushing* e ligeiramente antes do *palpal boxing*, encaixa suas apófises da tíbia da perna I entre o pedipalpo e a quelícera da fêmea de cada respectivo lado, segurando-a, levantando-a e puxando-a para perto (ao flexionar a perna) para prosseguir a cópula. O *clasping* continua até o final da inserção.

Palpal boxing: O macho, posicionado ligeiramente embaixo da fêmea, com suas apófises segurando-a, rapidamente estende e flexiona o pedipalpo repetidamente, contactando, com o dorso do címbio/tíbia, o esterno ou coxas das pernas anteriores da fêmea em um movimento rápido (5 batidas por segundo, em média).

Insertion: O macho, ao puxar a fêmea para si, insere alternadamente o êmbolo de cada palpo na genitália da fêmea, fecundando-a.

Hugging: Acompanhado da puxada antes da inserção, o macho ‘’abraça’’ a fêmea com suas pernas II, envolvendo o prossoma da fêmea, entre as pernas II e III, segurando-a enquanto a inserção ocorre.

Fêmea:

Body vibration: A fêmea vibra o corpo com ajuda das pernas, de maneira similar ao macho. Quando realizado, pareceu estimular o macho a continuar o cortejo, interrompendo uma pausa. Comportamento infrequente (observado em apenas duas cópulas).

Leg tapping: A fêmea bate, de forma alternada ou não, os pedipalpos e principalmente pernas I (e em poucas vezes também as pernas II) contra o substrato, estes estando flexionados e sendo levantados e abaixados repetidamente, com rápida frequência e intensidade (Em média, 5 batidas no substrato por segundo). Algumas vezes o movimento ocorre em menor frequência. A participação do pedipalpo muito provavelmente é secundária, acompanhando as pernas, portanto descaracterizando-o como *palpal drumming*.

Catalepsis: A fêmea permanece imóvel, inativa e passiva durante as inserções do macho, desde o *palpal boxing*.

Os comportamentos de cortejo são frequentemente interrompidos por pausas. O macho realiza *body vibrations*, seguidos de pausas e/ou avanços sobre a teia da fêmea. A fêmea responde positivamente ao cortejo avançando e usualmente com *leg tappings*, o que encoraja o macho a avançar e/ou realizar *body vibrations*. Com o avanço mútuo, o macho, ao alcançar a fêmea, estica as pernas para a realização do *brushing*. Quando o macho realiza o *brushing*, ou ele recua, mas sem se distanciar muito, e retoma o processo de cortejo (realizando *body vibration* ou *palpal drumming*) , ou procede para a finalização do *brushing* (que leva ao *palpal boxing* e *clasping*) resultando finalmente em cópula, onde a partir daí não há pausas. O *brushing* do macho inicialmente atinge as pernas anteriores da fêmea. Esta, em resposta, rapidamente

ergue o corpo, fazendo com que o *brushing* seja realizado nas quelíceras, nas coxas ou trocânteres das pernas I e II, ou no esterno da fêmea. Durante o *brushing*, a fêmea move as pernas I ou II, flexionando-as levemente, durante poucas vezes e em menor intensidade que o movimento das pernas do macho. Ela cessa este movimento após o *clasp* se estabelecer. O macho se posiciona frente à fêmea, com seu cefalotórax e abdômen retos, elevado a aproximadamente 20° do solo, enquanto o cefalotórax da fêmea encontra-se perpendicular ao solo, e seu abdômen flexionado a aproximadamente 45° do eixo de seu cefalotórax. As pernas I, segurando a fêmea, permanecem flexionadas, com o fêmur direcionado para cima, e a fêmea mantém as pernas flexionadas normalmente, sem apoio, com o macho segurando-a totalmente. O macho então insere o êmbolo de um dos palpos na abertura genital da fêmea, de modo similar ao padrão de aranhas Mygalomorphae: há a extensão do palpo, seguida da extensão do êmbolo, sendo este rotacionado a aproximadamente 170 graus em direção ao eixo do corpo do macho, e este é inserido pelo aumento na extensão do palpo. Ele movimenta levemente o êmbolo para dentro e para fora durante a inserção, e retira depois de alguns segundos, alternando para o outro pedipalpo. Ocorreram de 8 a 11 inserções por cópula, com uma média de 10 inserções por cópula. Após as inserções, os machos esperam um momento oportuno e largam a fêmea repentinamente, se afastando, e a fêmea permanece alguns segundos em inatividade. Em uma corte, um macho permaneceu na posição de cópula e continuou segurando a fêmea após as inserções enquanto limpava os êmbolos com a quelícera por dois minutos, depois parou, esperou alguns segundos, e soltou a fêmea, recuando repentinamente para longe. Em todas as observações, a fêmea avançou e portanto mudou de posição, distanciando-se de seu abrigo (tubo de teia), durante a corte. Ver tabela 1 para durações dos comportamentos.

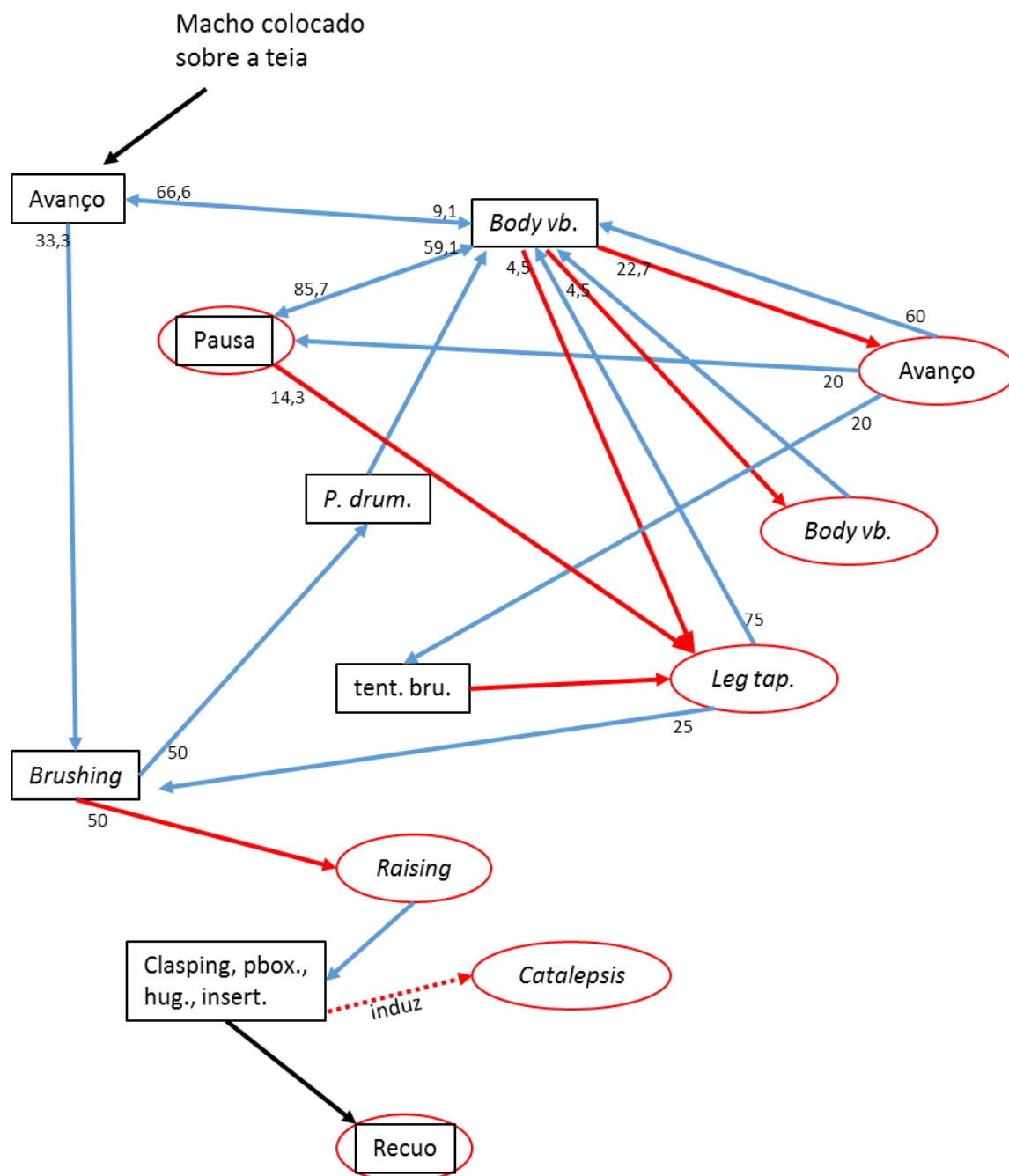
Os processos copulatórios com sucesso duraram de 6 a 18 minutos, com média de 13 minutos. O comportamento de *hugging* foi observado apenas em *D. macrura*.

Figura 3



A-H. Comportamento reprodutivo de *Diplura macrura*. A. Macho realizando corte, fêmea saindo de seu abrigo; B. Macho e fêmea aproximados, macho realizando corte; C. Macho realizando *brushing*, com a fêmea tendo erguido seu cefalotórax; D. Macho iniciando o *clasping* e *palpal boxing* após o *brushing*; E. Fêmea cortejando o macho, com avanço seguido de *leg tapping*, macho havia recuado previamente; F. Comportamento de *palpal boxing*; G-H. Dois casais diferentes com fêmea em *catalepsis* e macho realizando inserção e *hugging* com a perna II. Note o movimento (partes borradas) nas pernas e palpos presente nas imagens C, D, E e F. Feito pelo autor.

Figura 4



Resumo das sequências comportamentais de corte e cópula de *D. macrura*, baseado na análise de dois processos copulatórios. Comportamentos masculinos em retângulos pretos, e o feminino em elipses vermelhas. Comportamentos realizados por ambos os sexos estão representado dentro de elipse em conjunto com retângulo. As flechas indicam a sequência de comportamentos e os números nas bases das flechas indicam a porcentagem de ocorrência da sequência denotada pela flecha em questão. Flechas sem números indicam 100% de chance. Flechas vermelhas indicam resposta da fêmea; azuis respostas do macho. A flecha tracejada denota a indução de *catalepsis* pelos comportamentos copulatórios do macho. Body vb: *body vibration*; P. drum.: *palpal drumming*; leg tap.: *leg tapping*; tent. bru.: tentativa de *brushing*, onde o macho não alcança a fêmea; pbox.: *palpal boxing*; hug.: *hugging*; insert.: *insertion*; raising: comportamento de erguimento do cefalotórax exibido pela fêmea. Feito pelo autor.

Tabela 1

	Duração do processo de inserção em segundos	Médias da duração da inserção por palpo em segundos (variação)
Cópula 1 (Campinas - SP)	574	35.7 (8-64)
Cópula 2 (Campinas - SP)	422	20 (20)
Cópula 3 (Campinas - SP)	303	57.2 (33-84)
Cópula 4 (Itapetininga - SP)	150	18.3(10-22)
Média total	362,5	33 (8-84)
Desvio padrão da média total	179,8	10

Durações do processo de inserções (contando desde a primeira inserção até a última, antes do recuo) e das inserções por palpo, em segundos. Feito pelo autor.

3.2 *Ischnothele annulata*

3.2.1 *Biologia dos animais*

Animais abundantes em sua área de ocorrência, com suas teias visíveis por fora de frestas ou buracos em rochas, troncos, fendas. Macho e fêmea podem viver juntos por curto período de tempo (Em Barreiras - BA, o macho matriz foi achado junto com uma fêmea, habitando em sua teia; no laboratório, este foi mantido junto com ela, no mesmo terrário, por aproximadamente dois meses). Há presença de certo cuidado parental, em que os filhotes recém eclodidos permanecem por algum tempo na teia da mãe e podem compartilhar as presas entre eles mesmos e com a mãe. Alguns filhotes crescem muito mais rápido que outros, mesmo com igual frequência de alimentação. São vorazes, detectando presas caídas em sua teia e se locomovendo rapidamente até a presa. Mordem e picam a presa, levantando o abdômen a 45-90° do cefalotórax, provavelmente por ser uma área vital e sensível onde presas mais agressivas poderiam machucar o animal. Uma fêmea adulta (que já copulou no passado), em pré-ecdise, em certo momento, não desencadeou cortejo em dois machos colocados sob sua teia, mas passou por ecdise 5 dias após este evento. Após mais 6 dias, quando o exoesqueleto da fêmea esclerotizou e o animal voltou a comer, machos colocados sob sua teia iniciaram rapidamente o cortejo, inclusive resultando em uma cópula de sucesso.

Das *I. annulata* de Pirenópolis – GO, uma fêmea copulou com sucesso em 16.11.2016, postando uma ooteca no dia 01.12.2016, nascendo aproximadamente 70 filhotes em 22.12.2016. Outra ooteca, resultante da mesma fêmea e da mesma cópula, oviposta dia 19.01.2017, eclodiu em 05.02.2017, com aproximadamente 50 filhotes. As fêmeas de *I. annulata* de Barreiras – BA fizeram ootecas também em Dezembro, e em Janeiro, com menos de um mês de incubação e nascimento de 50-100 filhotes. Os filhotes permanecem na teia da fêmea por um longo período (podem permanecer por meses, até serem separados), e dividem

presas entre si e entre sua mãe. Alguns irmãos mantidos separados da mãe, mas juntos entre si, mostraram a mesma cooperação, com a ocorrência de canibalismo apenas em indivíduos maiores (com meses de vida) e quando estes ficavam alguns dias sem alimento.

Ocorreram no total 10 cópulas com sucesso. Sete cópulas foram com animais de Barreiras - BA, duas com animais de Pirenópolis - GO, e uma com um macho de Pirenópolis e uma fêmea de Barreiras. As cópulas ocorreram de Novembro a Fevereiro, com os machos se tornando adultos no início da estação chuvosa de suas áreas de ocorrência (Setembro - Outubro, Pirenópolis - GO e Barreiras - BA, onde a estação chuvosa vai de Outubro a Abril (INMET)), e morrendo dentro de cinco a sete meses a partir da data sua maturação. As cópulas ocorreram no meio da estação chuvosa, com filhotes nascendo aproximadamente dois meses depois, do meio ao final da estação chuvosa (INMET).

Em seis dos dez processos copulatórios, ocorreram mais de uma cópula (onde o macho insere o palpo, recua, e volta novamente a cortejar resultando em novas inserções). Em dois dos que não ocorreram mais de uma cópula, a fêmea ainda exibía comportamentos de corte (*body vibration*).

Ootecas foram ovipostas apenas por fêmeas grandes (maiores que 1.7 cm de corpo, sem as fiandeiras), que haviam vivido pelo menos um ano a mais, ou seja, estavam maturadas a mais de um ciclo. As fêmeas menores, que maturaram e copularam na mesma época, praticamente não ovipuseram ootecas (duas exceções de oito fêmeas menores copuladas), sendo que as duas exceções resultaram em ootecas pequenas, tendo uma eclodido e outra não.

Figura 5



A-I. *Ischnothele annulata*. A. Fêmea adulta pós-ecdise, *in situ*, Barreiras - BA; B. Casal adulto (fêmea à esquerda) com filhotes de primeiro ínstar na teia, de Pirenópolis - GO; C. Ooteca na teia da fêmea, com a fêmea escondida dentro da teia, em cativeiro, de Barreiras - BA; D. Filhotes de primeiro ínstar compartilhando teia da mãe em cativeiro, de Barreiras - BA; E. Juvenil com sua teia em cativeiro, de Pirenópolis - GO; F. Teia de fêmea adulta em cativeiro, de Barreiras - BA; G. Teia de juvenil em cativeiro, de Pirenópolis - GO; H. Fêmea adulta e sua teia *in situ*, com filhotes de primeiro ínstar, em Barreiras - BA, note a presença ocasional de uma fêmea adulta de *Dolichothele exilis* Mello-Leitão, 1923; I. Fêmea adulta e sua teia *in situ*, com presença de filhotes de primeiro ínstar, em Barreiras - BA. Feito pelo autor.

3.2.2 Comportamento reprodutivo

Macho:

Body vibration: Contrações de todas as pernas, flexionadas e tocando o substrato, tremendo ou vibrando a perna vigorosamente, geralmente de mais de uma frequência (mais vibrações em menor período de tempo - 2 por segundo, durando geralmente de dois a cinco segundos, ou mais, com um caso de 100 segundos ininterruptos de vibração, com uma vibração por segundo), e tendo uma média grande de vibrações a cada evento de *body vibration* (de 5 a 30 pulsos ou vibrações seguidas). O corpo se ergue e se abaixa repetidamente (vibra). A intensidade deste movimento é muito variável, com vibrações mais lentas, em menos repetições, e que acarretam em menor amplitude de movimento dos apêndices. Usualmente seguido ou precedido de pausas, às vezes seguido de *palpal drumming*, muitas vezes combinando movimentos, com avanço/caminhada (na direção da fêmea) ou *palpal drumming* juntamente com *body vibration*. Em uma cópula, foi observado um macho realizando *body vibration* durante a inserção.

Palpal drumming: Movimentos alternados do palpo, levemente flexionado, para cima e para baixo, encostando no substrato, geralmente com alta intensidade e frequência (6 batidas por segundo, em média, durando geralmente dois a quatro segundos). O movimento geralmente é precedido por *body vibration*, e geralmente antecedido de pausa, ou avanço, ou mesmo *brushing*, parecendo mudar de movimento gradualmente, sendo os movimentos aparentemente ligados cronologicamente. Um tipo de *palpal drumming* é realizado acompanhando o *brushing* e, durante o *clasping*, se torna o *palpal boxing*, com o macho realizando um movimento ininterrupto de alternar o palpo durante a transição destas categorias.

Brushing: O macho, próximo à fêmea, estende as pernas I e II, movendo-as para cima e para baixo, e avança para alcançar a fêmea encostando repetidamente os tarsos nas patelas, tíbias, metatarsos ou tarsos das pernas I e II da fêmea, e move-os para cima e para baixo rapidamente, assim raspando-a. A perna I do macho é estendida previamente a um avanço, que só então leva a participação de sua perna II. O início deste movimento geralmente é acompanhado de *body vibration*. Este movimento é sempre acompanhado de *palpal drumming*, mas com os palpos mais estendidos em um movimento contínuo desde o começo

do *brushing* até o próximo movimento, onde o *palpal drumming* se torna *palpal boxing*. É sempre sucedido pelo *palpal boxing* e *clasping* (estes quase simultâneos), ou por recuo.

Post-brushing: imediatamente após o *brushing*, aparentemente a partir do movimento das pernas realizado pelo *brushing*, quando o macho inicia o *clasping*, as pernas II deste, bem esticadas e direcionadas para cima, se movem rapidamente para cima e para baixo e um pouco para o lado (de dentro para fora), tocando a fêmea em sua perna I ou às vezes em sua perna II. Este comportamento permanece durante a inserção.

Clasping: O macho, após o *brushing* e ligeiramente antes (ou ao mesmo tempo) do *palpal boxing*, encaixa suas apófises da tíbia da perna I entre o pedipalpo e a quelícera da fêmea de cada respectivo lado, segurando-a, quando começa a levantá-la levemente, direcionar-se levemente para baixo, e preparar-se para o *insertion lifting*. O *clasping* continua até o final da inserção.

Palpal boxing: O macho, a partir do movimento rápido de *palpal drumming*, com suas apófises segurando a fêmea, rapidamente estende e flexiona o pedipalpo repetidamente, contactando, com o dorso do címbio/tíbia, o esterno ou coxas das pernas anteriores da fêmea em um movimento muito rápido (8 batidas por segundo, em média). Ocorre sempre depois do avanço do *brushing* ou antes do *insertion lifting* ou de recuo.

Insertion Lifting: o macho, a partir do *palpal boxing*, realizando *clasping*, e com as pernas II frequentemente realizando o *post-brushing*, com a fêmea levemente levantada, a aproximadamente 30° do eixo inicial do corpo (geralmente horizontal), com as pernas III e IV flexionadas, estende, num movimento muito repentino, a perna IV, com ajuda da extensão mais leve da III, levantando a fêmea a aproximadamente 90° do eixo inicial de seu corpo, com o abdômen levemente levantado para cima, e imediatamente no ato do movimento insere o êmbolo de um dos palpos na abertura genital da fêmea. A perna III não é estendida totalmente como a perna IV, mas ajuda a levantar o corpo do macho.

Insertion: O macho insere alternadamente o êmbolo de cada palpo na genitália da fêmea, fecundando-a.

Fêmea:

Body vibration: Vibrações discretas do corpo de apenas uma contração por movimento. A vibração é realizada de maneira similar ao macho, mas em muito menor intensidade

(amplitude de movimento e frequência) e o corpo não é levantando significativamente. Algumas fêmeas vibraram discretamente mais de uma vez em um curto período de tempo (5-6 segundos). Este comportamento foi notado em apenas 5 cortes, mas pela descrição pode não ter sido notado em outras ocasiões.

Leg tapping: A fêmea bate, de forma alternada ou não, os pedipalpos e pernas I (e raramente pernas II) contra o substrato, estes estando flexionados e sendo levantados e abaixados repetidamente, com rápida frequência e intensidade (Em média, 6 batidas no substrato por segundo). Algumas vezes o movimento ocorre em menor frequência, com 2 batidas por segundo. Muitas vezes associado com avanço, sendo realizado junto com a caminhada. Algumas vezes a fêmea bate apenas os pedipalpos no substrato, de forma leve e lenta (2 batidas por segundo). Quando acompanhado das pernas, as batidas ocorriam em maior frequência e intensidade. Muitas vezes essa batida de palpos pouco intensa precede o *leg tapping* usual.

Os comportamentos de cortejo são frequentemente interrompidos por pausas. Durante o cortejo e inclusive entre inserções, tanto o macho quanto a fêmea realizam avanços em direção um ao outro que podem resultar em recuos de curta distância (até 6 distâncias de corpo), ou em continuação do cortejo ou avanço. Logo após os recuos, as aranhas se viram novamente em direção ao parceiro e continuam o cortejo ou avanço. O macho realiza *body vibrations*, seguidos de pausas e/ou avanços sob a teia da fêmea. A fêmea responde positivamente ao cortejo avançando e usualmente com *leg tapplings*, o que encoraja o macho a avançar e/ou realizar *body vibrations*. Com o avanço mútuo, o macho, ao alcançar a fêmea, estica as pernas para a realização do *brushing*. Quando o macho realiza o *brushing*, ou ele recua, se afastando da fêmea, e retoma o processo de cortejo, ou procede para a finalização do *brushing* (que leva ao *palpal boxing*, *insertion lifting* e *clasping*) resultando finalmente em cópula. Alguns avanços do macho contam com *body vibration* e *palpal drumming* pouco intenso, gerando avanços rítmicos com as vibrações. Durante o *brushing*, a fêmea, sem erguer o corpo, move as pernas I ou II na mesma intensidade que o macho, acompanhando seu movimento, aparentando um *brushing* mútuo, na maioria das vezes. Em todas as observações, a fêmea avançou e portanto mudou de posição, saindo de seu abrigo (tubo de teia), durante a corte. Durante a inserção, algumas fêmeas se movimentam muito, com pernas se estendendo e flexionando, e até mesmo girando o corpo no emaranhado de teia.

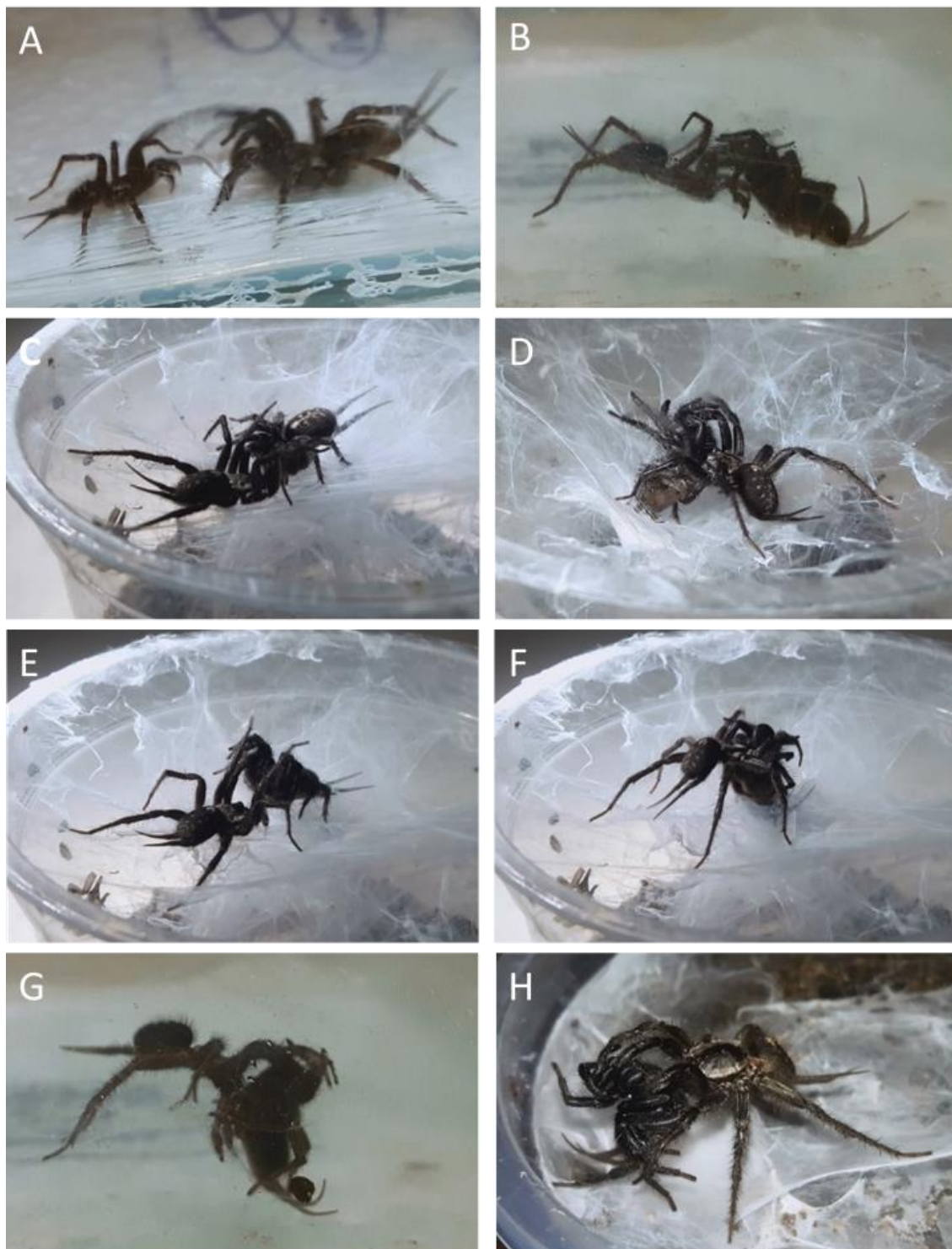
Durante a inserção, geralmente o macho mantém o abdômen e o cefalotórax no mesmo eixo, ou o abdômen levemente inclinado para baixo, de frente para a fêmea, que tem seu cefalotórax a aproximadamente 110° do cefalotórax do macho, estando em posição vertical levemente para trás, e seu abdômen se mantém flexionado a $80-90^\circ$ do cefalotórax. Em algumas cortes, houve variação nestes ângulos, especialmente em cortes com inserções muito breves e repetidas, onde o macho aparenta ser mais cauteloso e se movimenta muito. O macho insere o êmbolo da mesma maneira descrita para *D. macrura*, porém movimenta mais rapidamente o mesmo quando inserido. Ocorreram de 1 a 6 inserções por cópula, e 3 a 10 por processo copulatório inteiro, com média 4 inserções por cópula. Após e durante a inserção, as fêmeas de *I. annulata* são sempre ativas e se movimentam, geralmente recuando, logo após o desencaixe do macho. A atividade das fêmeas durante a cópula configura uma clara ausência de *catalepsis*. O processos copulatórios duraram de 7 a 33 minutos, com média de 13 minutos. Os comportamentos de *insertion lifting* e *post-brushing* são inéditos, descritos pela primeira vez, sendo exclusivos de *I. annulata*. Ver tabela 2 para duração dos comportamentos.

Figura 6



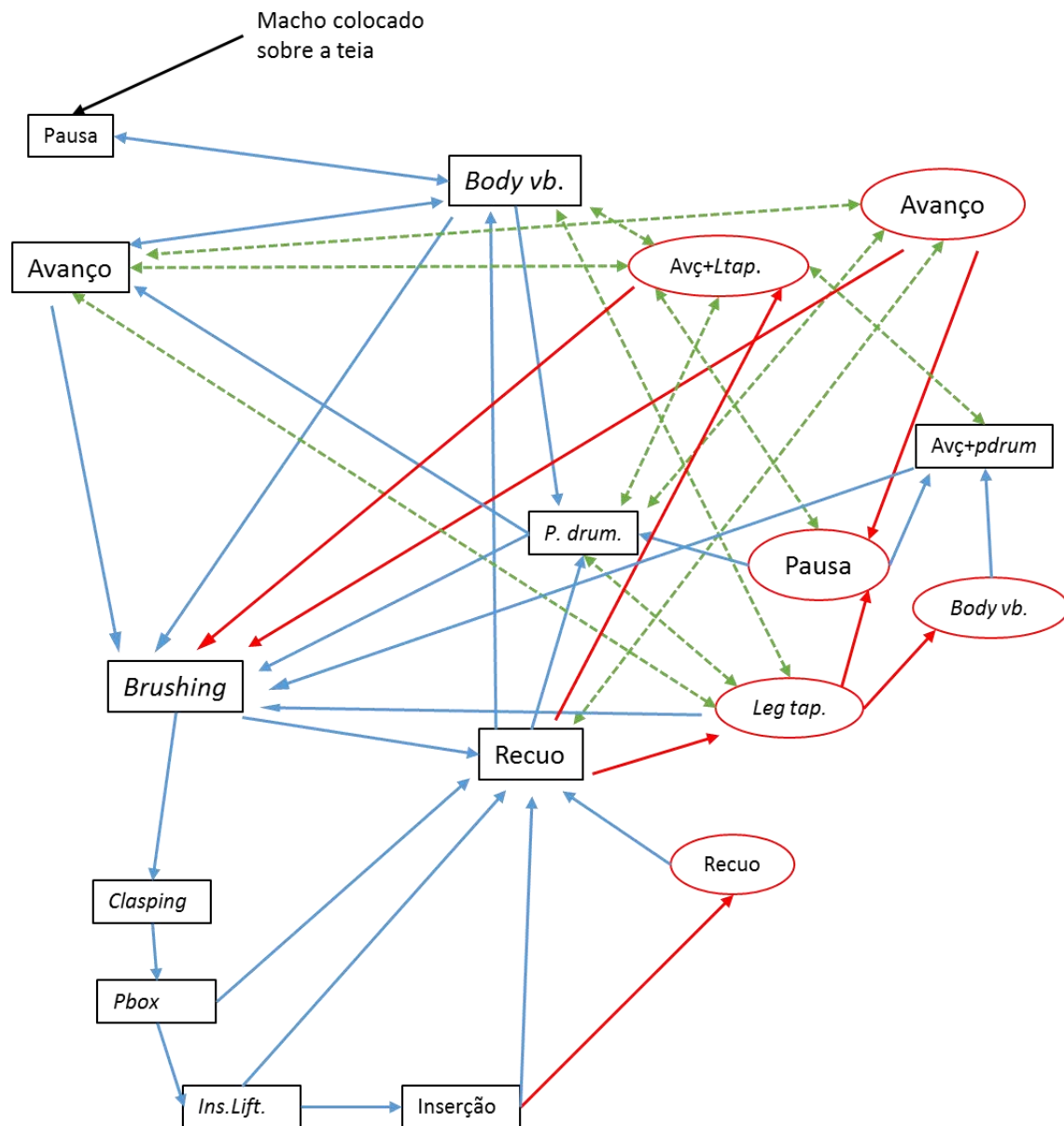
A-F. Comportamento de corte em *I. annulata*. A-C. Sequência cronológica de comportamentos. A. Fêmea avançou e macho recuou; B. Fêmea cortejou (*leg tapping*) e macho se vira para ela, avançando; C. Macho corteja (*palpal drumming*) e avança em direção à fêmea, fêmea recua; D. Macho realizando uma tentativa de *brushing*, frustrada pela teia; E. Fêmea realizando *leg tapping*; F. Macho realizando *palpal drumming*. Note o movimento (partes borradas) nas pernas e palpos presente nas imagens C, D, E e F. Feito pelo autor.

Figura 7



A-H. Processo copulatório em *I. annulata*. A. Macho realizando *brushing*, com fêmea acompanhando com suas pernas; B. Macho realizando *palpal boxing*, com *clasping* e *post-brushing*; C. Macho se posicionando abaixo da fêmea, preparando-se para o *palpal boxing* e posterior *insertion lifting*; D. Macho realizando *post-brushing* enquanto há inserção; E. Macho realizando *post-brushing* e *palpal boxing*, com *clasping*, se preparando para o *insertion lifting*, momentos antes da imagem 6.F (cerca de menos de meio segundo); F. Menos de meio segundo após a imagem 6.E, após o rápido movimento de *insertion lifting*, concomitantemente à inserção; G. Macho realizando a inserção do êmbolo esquerdo; H. Macho realizando inserção, note as pernas I realizando *clasping*. Note o movimento (partes borradas) nas pernas e palpos presente nas imagens A, B, D e F. Feito pelo autor.

Figura 8



Resumo das sequências comportamentais de corte e cópula de *I. annulata*, baseado na análise de três processos copulatórios. Comportamentos masculinos em retângulos pretos, e o feminino em elipses vermelhas. As flechas indicam a sequência de comportamentos. Flechas vermelhas indicam resposta da fêmea; azuis respostas do macho; verdes tracejadas indicam respostas mútuas, realizadas tanto pela fêmea quanto pelo macho, em ambas as direções possíveis. As porcentagens não estão indicadas devido à maior complexidade no repertório desta espécie. Body vb.: body vibration; P. drum.: palpal drumming; leg tap: leg tapping; avç + ltap: avanço juntamente com leg tapping; avç + pdrum: avanço juntamente com palpal drumming; pbox: palpal boxing; ins.lift.: insertion lifting. Feito pelo autor.

Tabela 2

	Duração do processo de inserção em segundos	Médias da duração da inserção por palpo em segundos (variação)
Processo copulatório 1	200	6.0 (4-11)
Processo copulatório 2	122	5.8 (3.5-10)
Processo copulatório 3	115	14.7 (7-18)
Processo copulatório 4	80	8.8 (5-12)
Processo copulatório 5	70	13.3 (5-24)
Processo copulatório 6	70	15.8 (3-30)
Processo copulatório 7	40	10 (8-12)
Processo copulatório 8	26	11.3 (1-20)
Processo copulatório 9	25	7.6 (2-11.5)
Processo copulatório 10	17	6.2 (3-9.7)
Média total	76.5	10 (1-30)
Desvio padrão da média total	56.7	3,5

Durações do processo de inserções (contando desde a primeira inserção até a última, antes do recuo) e das inserções por palpo, em segundos. Feito pelo autor.

4 DISCUSSÃO

4.1 Sazonalidade

Com base no presente estudo e na literatura, é possível se comparar a sazonalidade dos acontecimentos reprodutivos de algumas espécies de Dipluridae. *Euagrus* spp tiveram cópulas nos meses chuvosos (COYLE, 1986). Em *Phyxioschema suthepium*, os machos maturaram no meio da estação seca, também onde as cópulas ocorreram, e ootecas foram produzidas e eclodidas antes e no começo da estação chuvosa (RAVEN; SCHWENDINGER, 1989). Em *Thelechoris striatipes*, os machos maturam logo antes da estação chuvosa e as cópulas acontecem no começo e meio da estação chuvosa.

As Dipluridae estudadas em geral, incluindo as duas espécies do presente estudo, aparentemente geram ootecas que eclodem durante a estação chuvosa, tendo assim os recém-nascidos umidade e alimento (insetos no geral) trazidos por esta estação, o que resulta em uma boa taxa de sobrevivência. Aranhas mais velhas conseguem tolerar muito melhor a baixa umidade ou baixa oferta hídrica e fome (observação pessoal).

4.2 Comportamento reprodutivo

O comportamento observado das duas espécies diplurídeas concordam com algumas hipóteses já corroboradas, como a presença de feromônios sexuais na teia da fêmea (COSTA; PÉREZ-MILES, 2002; FERRETTI *et al.*, 2013), com o macho respondendo com cortejo à presença da fêmea em poucos segundos de contato com sua teia, mesmo quando a fêmea se encontra muito longe da região onde o macho foi colocado, ou mesmo estando escondida sob pedras.

Outra hipótese já corroborada em outros estudos trata sobre a função de comportamentos vibratórios do cortejo, como *body vibration* e *palpal drumming/leg tapping*. Estes comportamentos seriam uma comunicação sísmica distante e serviriam para reconhecimento intraespecífico do casal (COSTA; PÉREZ-MILES, 2002). A fêmea responde receptivamente ao cortejo do macho (com cortejo e avanço em direção ao macho), e estimula-o a proceder com o cortejo, o que foi observado em ambas as espécies estudadas no presente trabalho.

A fêmea que não desencadeou cortejo dos machos dias antes de passar por ecdise, provavelmente ao entrar em pré-ecdise, cessa a produção de feromônios, explicando a ausência de cortejo dos machos. Quatro fêmeas recém copuladas foram expostas a novos machos poucos dias depois da cópula. Três rejeitaram os cortejos destes machos (não

demonstrando receptividade e não havendo cópula), e uma foi receptiva. Outras fêmeas não foram expostas.

O comportamento sexual apresentado por *I. annulata* é extremamente complexo, pois é composto por muitas unidades comportamentais (10 unidades, em contraste com 8 unidades apresentadas pela família Dipluridae inteira, antes do presente trabalho), havendo muito movimento no processo, e muitos comportamentos que parecem se misturar (como a caminhada ou avanço junto com *body vibration*) e geralmente mais de um evento de cópula, ou seja, mais de uma inserção a cada processo copulatório, algo incomum para Mygalomorphae (FERRETTI *et al.*, 2013). Outro comportamento não usual é o recuo após o *palpal boxing*, ocorrido em quatro cópulas. Em outros grupos, incluindo a *D. macrura*, o *palpal boxing* sempre resulta na finalização da cópula, com inserção (FERRETTI *et al.*, 2013). Em *I. annulata* foram observados machos que recuavam após o *palpal boxing*, não dando início à cópula, mas voltando ao cortejo, ocorrido em quatro cópulas. Em *D. macrura*, o *palpal boxing* sempre resultara na finalização da cópula, com inserção, algo também observado em outros grupos que realizam *palpal boxing* (FERRETTI *et al.*, 2013). O *body vibration* observado em *I. annulata* e em *D. macrura* realizado por um macho durante a cópula, enquanto a inserção ocorria, é um comportamento esperado que aparentemente trata-se de uma sinalização pré-copulatória realizada ocasionalmente, podendo ou não ter influência sobre a cooperação da fêmea (FERRETTI, com. pess.). Em *I. annulata*, a ocorrência de *post-brushing* provavelmente tem muito mais influência na fêmea, devido à sua frequente realização durante as cópulas.

Já o *body vibration* realizado pela fêmea de *I. annulata*, aparentemente trata-se de um comportamento incentivador, já que em três das cinco vezes em que foi observado, em cinco cópulas distintas, o macho interrompeu uma pausa de vários segundos imediatamente após o *body vibration* da fêmea, voltando a cortejá-la vigorosamente (com *body vibration* e *palpal drumming*). Nas outras duas vezes, o macho não foi estimulado, mas o casal já havia copulado. A fêmea poderia estar indicando disponibilidade (dada a tendência a ocorrerem cópulas múltiplas durante um processo copulatório nesta espécie), ou checando a condição física do macho, incitando-o a continuar o cortejo (onde ele gastaria mais energia) (FERRETTI, com. pess.).

Aparentemente durante tentativas de realizar o *brushing*, em *I. annulata*, o macho, tentando alcançar a fêmea, quando já próximo dela (menos de um corpo de distância entre os animais),

move as pernas I para cima e para baixo, tocando o substrato, como um *leg tapping*, acompanhado de avanço. Quando a fêmea é alcançada, o *brushing* se segue. Em alguns casos, a fêmea se encontrava fisicamente separada do macho (com teia entre os animais, embora próximos), quando esta tentativa foi realizada, aparentemente incentivando a fêmea a se aproximar do macho dando a volta na barreira que os separa, o que foi verificado logo após esta tentativa. Quase sempre que o macho não alcança a fêmea, ele recua e volta a realizar movimentos iniciais como *palpal drumming* e *body vibration*. Apenas dois casos de *insertion liftings* que não culminaram em inserções foram observados, embora não houve inserções sem o *insertion lifting* prévio, mesmo que em uma versão menos vigorosa (com um erguimento do corpo mais discreto) em cópulas onde ocorreram inserções e recuos múltiplos. Estes dois casos foram registrados em cópulas em que o macho fazia inserções repetidas muito rápidas, inserindo apenas um palpo e recuando rapidamente para prosseguir cortejando, diferentemente dos outros machos, que permaneciam em *clasping* e alternando repetidamente os palpos e inserindo-os na fêmea durante vários segundos.

O *brushing* de *I. annulata* geralmente possui participação ativa da fêmea, que arranha mutuamente o macho em resposta aos rápidos movimentos das pernas anteriores do mesmo. Em *D. macrura* o *brushing* é ativamente realizado apenas pelo macho, onde a fêmea, arranhada, apenas recebe os movimentos e movimenta muito pouco seus apêndices durante o processo. A fêmea de *D. macrura* responde a esse comportamento levantando o cefalotórax, ao se preparar para o *clasping* e a inserção do macho. O comportamento em *I. annulata* de *post-brushing*, sendo frequente nas cópulas, é uma forte evidência de cortejo copulatório, fora da fase de corte, algo raro em migalomorfas, sendo esta uma hipótese ressaltada em Ferretti *et al.* (2012), com o macho realizando movimentos que podem servir para estimular a fêmea a permanecer copulando e não se movimentar demais. Esta função é compatível com a característica das fêmeas de *I. annulata* serem muito ativas e se movimentarem durante a inserção (o que caracteriza a ausência de *catalepsis*). *Xenonemesia platensis* (Microstigmatidae) também apresenta um comportamento de cortejo copulatório, o *leg beating*, provavelmente com a mesma função, de estimular a fêmea (FERRETTI *et al.*, 2012). Em *D. macrura*, nenhum macho exibiu cortejo copulatório.

Ao final da cópula, quando o macho desencaixa o *clasping* e se retira repentinamente, as fêmeas de *I. annulata* se demonstram mais ativas, sempre também recuando e se movimentando, porém de forma não agressiva. Em *D. macrura*, as fêmeas tendem a permanecerem imóveis por um curto período, com apenas uma exceção em que uma fêmea

logo após o desencaixe, também se retirou repentinamente. A ausência de *catalepsis* observada em *I. annulata* é um comportamento interessante, pois a fêmea fica ativa durante a inserção, o que muito provavelmente significa uma dificuldade maior para o macho fecundá-la. Isto pode ter função, ou atuar indiretamente, como um tipo de seleção sexual, onde apenas machos que consigam estimular e segurar as fêmeas conseguiriam uma fertilização bem sucedida. O comportamento feminino de *catalepsis* é amplamente distribuído por grupos de Mygalomorphae, mas também é ausente em alguns (presente em seis famílias e totalmente ausente em duas, JACKSON; POLLARD, 1990; FERRETTI *et al.*, 2013; observação pessoal).

Em ambas as espécies, nas fêmeas, logo antes da inserção, a abertura genital é levemente protraída, deixando a abertura genital mais exposta, como já observado em outras espécies (COYLE; O'SHIELDS, 1990). Os machos de *I. annulata*, depois de uma cópula de sucesso, após soltar a fêmea, se distancia sem rapidez, muitas vezes permanecendo na teia da fêmea, dentro de seu território e até mesmo perto dela, não sendo demonstrado sinais de agressividade nem pela fêmea nem pelo macho. Alguns indivíduos, de ambos os sexos, até mesmo limpam seus apêndices tranquilamente após a cópula, os machos dentro das teias das fêmeas, sem se incomodar com a presença ou proximidade da mesma. As fêmeas também não aparentavam se incomodar. Os machos foram retirados do terrário da fêmea após alguns minutos. Apenas um caso de canibalismo foi observado, ao final de uma cópula com sucesso, após um período de inatividade do casal, separado por alguns centímetros, a fêmea rapidamente perseguiu e matou o macho. Um caso de convivência e tolerância mútua por certo tempo também foi registrado, onde um macho residiu junto com uma fêmea em um pequeno terrário (12 x 12 cm) por um mês e meio, até falecer aparentemente por senilidade. A permanência pacífica e cooperativa de filhotes na teia das mães, e entre si, evidencia uma alta tolerância de convivência de indivíduos desta espécie com outros da mesma espécie, algo não usual para aranhas (FOELIX, 1996). Em *D. macrura*, não foram registrados canibalismos, mas em todas as cópulas, o macho prezou por se retirar rapidamente do território da fêmea após a separação do casal em cópula. Em *I. annulata*, alguns comportamentos discretos foram notados, mas não foram presentes em todas nem na maioria das cópulas, e aparentemente não causaram influência significativa no processo copulatório:

Atrito de quelíceras: Tanto machos quanto fêmeas foram observados poucas vezes esfregando as quelíceras uma na outra, para cima e para baixo, geralmente entre *body vibrations*. Mordida na teia (*tear silk*, JACKSON; POLLARD, 1990): O macho, enquanto realiza *body*

vibration junto com caminhada, quando encontra teia entre ele e a fêmea, morde a teia, agarrando com as quelíceras e puxando, rasgando-a.

A corte em *I. annulata* apresenta movimentos em sua maioria interligados cronológica e estruturalmente, com a união de movimentos diferentes ou mudanças graduais de um movimento para outro, sendo frequente a realização do *body vibration* juntamente com *palpal drumming*, caminhada, ou ligeiramente antes do *brushing*. Em *D. macrura*, o macho nunca realiza *body vibration* com caminhadas ou antes do *brushing*. Ainda, o *body vibration* da *I. annulata* pode ser apresentado em diferentes intensidades, diferentemente da *D. macrura*. Esta característica é presente também em *T. striatipes*, onde o macho realiza diferentes intensidades e variações de *body vibration*, também unindo-se com outros movimentos, e a fêmea também caminha realizando *body vibration*. Portanto, esta mescla estruturo-cronológica pode ser uma característica da corte de Ischnothelinae. O comportamento de cópulas múltiplas no mesmo processo copulatório presente em *I. annulata* é algo notável, e pode estar relacionado com uma menor agressividade da fêmea, embora um canibalismo tenha sido registrado, esta parece ser muito tolerante com machos que repetem inserções. Machos de *T. striatipes* (Ischnothelinae) também apresentam algo similar, consistindo de “numerosos turnos de tentativas sem sucesso de inserção do palpo, relativamente poucas inserções com sucesso, e uma tendência para copular denovo com diferentes fêmeas”. Esta aparente exclusividade destas duas espécies pode também ser característica de Ischnothelinae. O comportamento de rasgar a teia visto em *I. annulata* também foi registrado para *Porrhothele antipodiana* (*tear silk*, JACKSON; POLLARD, 1990), aparentemente com a mesma função, alcançar de modo mais fácil e direto o parceiro, no meio de uma malha complexa de teia. Talvez este comportamento sirva para não “quebrar” o ciclo de corte do macho, onde ele pouparia tempo entre comportamentos de cortejo por rasgar a teia e avançar de modo mais rápido.

Uma outra notável característica observada foi o comportamento de *hugging*, já descrito na literatura, originalmente nomeado como *hug* por Bertani *et al.* (2008), mas não considerado como uma categoria em Ferreti *et al.*, 2013. Bertani *et al.* (2008), descrevem o comportamento de forma errônea, citando que o macho agarra a fêmea com suas pernas III, quando as fotos (Figs. 4 e 5) e a discussão do próprio artigo (Figs. 4 e 5), e em cópulas da mesma espécie observadas pelo autor, o macho o faz com as pernas II, e as pernas III permanecem tocando o substrato. No presente trabalho, o *hugging* foi registrado apenas para *Diplura macrura* (Diplurinae). Este comportamento, consistindo do macho agarrar a fêmea

com suas pernas II durante a inserção, está presente em diversas espécies de aranhas do clado Crassitarsae, como muitas Theraphosidae e Nemesiidae (COSTA; PÉREZ-MILES, 1992; COSTA; PÉREZ-MILES, 2002; BERTANI *et al.*, 2008; FERRETTI *et al.*, 2011; observação pessoal), e ausente em algumas fora do clado, como as Dipluridae previamente estudadas e Mecicobothriidae (COYLE, 1985, 1986; RAVEN, 1988; RAVEN; SCHWENDINGER, 1989; COYLE; O'SHIELDS, 1990; COSTA; PÉREZ-MILES, 1998). Curiosamente, encontra-se ausente em *Xenonemesia platensis*, uma Microstigmatidae (FERRETTI *et al.*, 2012) e em Barychelidae (observação pessoal), sendo ambas incluídas no clado Crassitarsae, e aparentemente presente em *Porrhothele antipodiana*, uma Hexathelidae (fotos em Jackson; Pollard (1990)), fora do clado Crassitarsae. O *hugging* aparentemente está ligado à estabilidade, com o macho segurando a fêmea enquanto ocorre a inserção, o que pode explicar sua presença em aranhas do clado Crassitarsae, que inclui animais de médio a grande porte, e principalmente, animais que copulam em substrato com pouca teia. Também pode estar envolvido com a aparente agressividade da fêmea, onde o comportamento das fêmeas de se levantarem com as quelíceras e presas abertas (ver discussão abaixo), previamente ao *clasping* é observado nos mesmos grupos que apresentam *hugging*. Este pode ser um comportamento razoavelmente bem conservado em Crassitarsae, sumindo em grupos especializados, como em Barychelidae, que apresenta espécies que habitam buracos estreitos (observação pessoal) e em *Xenonemesia platensis*, Microstigmatidae, sendo uma espécie de tamanho muito reduzido (FERRETTI *et al.*, 2012). A presença em outros grupos mais basais pode indicar uma convergência evolutiva. Outra possibilidade é que este comportamento seja plesiomórfico para Mygalomorphae, tendo desaparecido independentemente em alguns grupos. Mais estudos ajudarão a elucidar essa questão.

O *palpal boxing* é um comportamento amplamente presente em Crassitarsae, inclusive em *D. macrura*, ausente nas Dipluridae previamente estudadas (não-Diplurinae), porém presente em *I. annulata*. *Palpal boxing* é descrito para Nemesiidae, Microstigmatidae e Theraphosidae (FERRETTI *et al.*, 2013). A priori, este comportamento parece típico do clado Crassitarsae, mas sua presença em *I. annulata*, que não se inclui neste clado, pode denotar mais de um surgimento independente em diferentes grupos. Na espécie *T. striatipes*, a única outra Ischnothelinae com comportamento reprodutivo descrito, o macho realiza *palpal drumming* na teia, que começou no *brushing* antes e durante o *clasping*, previamente à inserção. Este *palpal drumming*, similar ao comportamento do macho em *I. annulata* antes do *palpal boxing*,

pode ser um primórdio, ou, algo que pode levar ao desenvolvimento de um *palpal boxing* bem estabelecido, embasando a hipótese de seu surgimento independente em aranhas fora do clado Crassitarsae.

Um comportamento similar é descrito para *A. jamiesoni* (Euagrinae), o macho, ao realizar o *clasping*, bate alternadamente os palpos nas quelíceras da fêmea, podendo também este comportamento ser um primórdio de *palpal boxing*, denovo embasando o surgimento independente deste comportamento. A função do *palpal boxing* não é bem estabelecida (COSTA; PÉREZ-MILES, 2002; FERRETTI *et al.*, 2013), e estudos com esse escopo poderão ajudar a elucidar a questão de sua presença complexa em grupos de Mygalomorphae.

Um comportamento observado em *D. macrura* e ausente em *I. annulata* é o da própria fêmea se levantar, geralmente em posição aparentemente ameaçadora, com as quelíceras e as presas se abrindo, logo antes do *clasping*. Este comportamento não é uma condição necessária para o *clasping* ocorrer, mas com certeza facilita o encaixe do macho, principalmente em espécies que usam como abrigo o solo com pouca teia escorada (COSTA; PÉREZ-MILES, 2002). O substrato do território das *D. macrura* é escorado irregularmente com teia, tendo espaços em que a teia fica rente ao solo, sendo sempre menos escorado com teia do que de *I. annulata*, que preenche todo o terrário com teia. Em *I. annulata*, a fêmea não muda de angulação em relação ao horizonte até que o macho a conduza, empurrando-a para cima. Há uma clara distinção entre a fêmea se levantar previamente ao encaixe do macho e da fêmea ser levantada, passivamente. Curiosamente, este comportamento feminino é muito comum em Theraphosidae (observação pessoal, COSTA; PÉREZ-MILES, 1992; COSTA; PÉREZ-MILES, 2002), presente em Microstigmatidae (FERRETTI *et al.*, 2012) e Nemesiidae (observação pessoal), porém ausente em Barychelidae (observação pessoal), talvez relacionado com o hábito destas aranhas, do clado Crassitarsae de permanecerem em tocas com pouca teia, tendo contato com o solo. Aranhas que usam a teia densamente escorada como abrigo, como a *I. annulata*, praticamente sempre se encontram sobre a teia durante a reprodução, talvez tendo assim o macho mais pontos de apoio e estabilidade para erguer a fêmea, diminuindo a necessidade de facilitação do processo (levantamento próprio da fêmea) (COSTA; PÉREZ-MILES, 2002). Em Barychelidae, e possivelmente outras aranhas de alçapão ou tocas estreitas, este comportamento pode ter perdido sua função pela estabilidade gerada pela cópula em um local mais estreito, como a toca da fêmea. Obviamente, é preciso mais estudos com estes grupos para testar esta hipótese. Em Dipluridae, este tipo de comportamento foi relatado apenas para *A. jamiesoni* (Euagrinae), aparentemente um sinal de

agressividade, e ainda assim o macho empurra a fêmea ao realizar o *clasping*, sendo uma mistura da fêmea se levantar e ser levantada.

O posicionamento de cópula parece ser muito variável dentro de um grupo. Em Euagrinae, os machos de *Euagrus* spp. se mantêm ventre-a-ventre com as fêmeas, onde, ambos estão de ventre para o outro, inclinados para um mesmo lado, com os abdômens no mesmo eixo de seus respectivos cefalotóraxes. Já em *M. motivaga*, outra Euagrinae, o macho e a fêmea se mantêm em postura similar ao padrão para Mygalomorphae e também para Dipluridae (incluindo as espécies observadas no presente estudo), com o macho e a fêmea frente a frente, e o macho posicionado embaixo da fêmea, e a fêmea levemente inclinada para cima, estando os cefalotóraxes formando uma angulação de aproximadamente 20 a 150 graus (COYLE, 1985, 1986; RAVEN, 1988; RAVEN; SCHWENDINGER, 1989; COYLE; O'SHIELDS 1990; FERRETTI *et al.*, 2013). A priori, não há nenhum padrão filogenético visível quanto à posição dos animais durante a cópula, e estudos focados em elucidar as questões que levam a um determinado padrão de posição poderão trazer questões interessantes.

A família Hexathelidae apresenta uma espécie analisada quanto ao comportamento reprodutivo, *Porrhothele antipodiana* (JACKSON; POLLARD, 1990), aparentemente ignorada por Ferretti *et al.* (2013). A espécie possui comportamentos interessantes, como *clasping* aberrante (realizado apenas com uma das pernas do macho, ou realizado em pernas diferentes da fêmea), *palpal drumming*, *tear silk*, *body vibration (tug)*, *nip*, *hugging*, *clasping* (perna I) pelo macho, e *palpal drumming*, *body vibration* e *catalepsis* pela fêmea. A fêmea parece realizar *palpal drumming* e *body vibration* pouquíssimas vezes, diferentemente da corte do macho. O comportamento de *nip* aparenta ser exclusivo, sendo uma espécie de *palpal boxing* com o uso das quelíceras, afastadas entre si, encostando as quelíceras na região ventral da fêmea logo após o *clasping* e afastando e aproximando as quelíceras contra o ventre da fêmea. O comportamento das quelíceras do macho, estando afastadas, com ou sem as presas extendidas, é chamado de *gapping*. O comportamento de *hugging* realizado pelo macho não é discutido no artigo original, mas pode ser constatado pelas fotos de cópulas contidas no artigo (Figs. 16, 17, 18, 21, 22, JACKSON; POLLARD, 1990). Algumas fotos mostram cópulas sem o *hugging*. Apesar da óbvia presença, este comportamento em *P. antipodiana* necessita de confirmação e melhor análise, revisando o comportamento reprodutivo da espécie e checando sua frequência, constância e influência nos processos copulatórios. Canibalismo por parte das fêmeas também foi registrado.

4.3 Cuidado parental

O cuidado parental também apresenta alguma diferença entre as espécies analisadas. Os filhotes de *Diplura macrura* são muito mais independentes da mãe do que os de *I. annulata*, permanecendo pouco tempo em seu refúgio, o que é algo característico de aranhas da família Theraphosidae (observação pessoal). A espécie *P. suthepium* também apresentou maior independência dos filhotes recém eclodidos, tendo estes dispersado em poucos dias de nascimento. Os hábitos de cuidados parentais de outras Dipluridae e de outras famílias migalomorfas ainda precisam ser estudados e com maior detalhamento.

5 CONCLUSÃO

A análise de comportamento reprodutivo em aranhas, especialmente Mygalomorphae, consiste em um campo relativamente novo e pouco explorado. Embora Ferretti *et al.* (2013) tenha sido um grande passo na revisão, padronização e aperfeiçoamento de metodologias adequadas e padronizadas, estudos antigos encontram-se fora de padrões e portanto com difícil interpretação. Portanto, a correta interpretação dos comportamentos sexuais em aranhas, é naturalmente prejudicada, especialmente na identificação de homologies. As diferenças minuciosas entre comportamentos similares, a falta de detalhamento em estudos antigos, e a baixa amostragem de grupos distintos incorpora essa dificuldade. Análises e comparações devem ser feitas com cautela, e serão mais conclusivas conforme mais estudos detalhados na área surgirem. A observação de comportamentos antes descritos apenas para um clado específico, em outros grupos, mostra que o comportamento sexual, num escopo geral, pode ser ainda mais complexo que o esperado. É importante ressaltar que a descrição padronizada e muito precisa dos comportamentos é essencial, pois a detecção de diferenças ou de uma homoplasia em comportamentos se mostra muito complexa e minuciosa. A criação de um banco de dados em vídeos destes comportamentos talvez seja uma contribuição muito boa para a área. Um banco de dados do tipo seria aplicável atualmente pela facilidade de uso de equipamentos de filmagem e da publicação online.

6 REFERÊNCIAS

- ARNQVIST, G.; DANIELSSON, I. Postmating sexual selection: the effects of male body size and recovery period on paternity and egg production rate in a water strider. **Behavioral Ecology**, [s.l.], v. 10, n. 4, p. 358-365, 1999.
- BAERG, W. J. **The tarantula**. Lawrence: University of Kansas Press, 1958.
- BARUFFALDI, L.; COSTA, F. G.; RODRÍGUEZ, A.; GONZÁLEZ, A. Chemical communication in *Schizocosa malitiosa*: evidence of a female contact sex pheromone and persistence in the field. **Journal of chemical ecology**, [s.l.], v. 36, n. 7, p. 759-767, 2010.
- BERTANI, R.; FUKUSHIMA, C. S.; DA SILVA JUNIOR, P. I. Mating behavior of *Sickius longibulbi* (Araneae, Theraphosidae, Ischnocolinae), a spider that lacks spermathecae. **Journal of Arachnology**, [s.l.], v. 36, n. 2, p. 331-335, 2008.
- BOND, J. E.; HENDRIXSON, B. E.; HAMILTON, C. A.; HEDIN, M. A reconsideration of the classification of the spider infraorder Mygalomorphae (Arachnida: Araneae) based on three nuclear genes and morphology. **PLoS One**, [s.l.], v. 7, n. 6, p. 387, 2012.
- BRESCOVIT, A. D.; BERTANI, R.; PINDO-DA-ROCHA, R.; RHEIMS, C. A. Aracnídeos da Estação Ecológica Juréia-Itatins: inventário preliminar e história natural. **Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna**, [s.l.], p. 198-221, 2004.
- BRISTOWE, W. S. **The comity of spiders**, London: Ray Society, 1941. 2 v.
- BRISTOWE, W. S.; LOCKET, G. H. The courtship of British lycosid spiders, and its probable significance. In: **Proceedings of the Zoological Society of London**, Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, p. 317-347, 1926.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2 ed, [s.l.], Koogan, 2007.
- CODDINGTON, J. A. Cladistics and spider classification: Araneomorph phylogeny and the monophyly of orbweavers (Araneae: Araneomorphae, Orbiculariae). **Acta Zoologica Fennica**, [s.l.], 1991.
- COPPERI, S.; FERRETTI, N.; POMPOZZI, G.; PÉREZ-MILES, F. Can't you find me? Female sexual response in an Argentinean tarantula (Araneae, Theraphosidae). **Revista Colombiana de Entomología**, [s.l.], v. 38, n. 1, p. 164-166, 2012.
- COSTA, F. G.; PÉREZ-MILES, F. Notes on mating and reproductive success of *Ceropelma longisternalis* (Araneae, Theraphosidae) in captivity. **Journal of Arachnology**, [s.l.], p. 129-133, 1992.
- COSTA, F. G.; PEREZ-MILES, F. Behavior, life cycle and webs of *Mecicobothrium thorelli* (Araneae, Mygalomorphae, Mecicobothriidae). **Journal of Arachnology**, [s.l.], v. 26, p. 317-329, 1998.

COSTA, F. G.; PÉREZ-MILES, F. Reproductive biology of uruguayan theraphosids (Araneae, Mygalomorphae). **The Journal of Arachnology**, [s.l.], v. 30, n. 3, p. 571-588, 2002.

COYLE, F. A. Observations on the mating behaviour of the tiny mygalomorph spider, *Microhexura montivaga* Crosby & Bishop (Araneae, Dipluridae). **Bulletin of the British arachnological Society**, [s.l.], v. 6, p. 328-330, 1985.

COYLE, F. A. Courtship, mating, and the function of male-specific leg structures in the mygalomorph spider genus *Euagrus* (Araneae, Dipluridae). Em **International Congress of Arachnology 9** (Panama) (eds. W. G. Eberhard, Y. D. Lubin and B. C. Robinson), Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, p. 33-38, 1986.

COYLE, F. A. A revision of the funnelweb mygalomorph spider subfamily Ischnothelinae (Araneae, Dipluridae). **Bulletin of the AMNH**, [s.l.], no. 226, 1995.

COYLE, F. A.; O'SHIELDS, T. C. Courtship and mating behavior of *Thelechoris karschi* (Araneae, Dipluridae), an African funnelweb spider. **Journal of Arachnology**, [s.l.], p. 281-296, 1990.

DE ARAUJO, F. S. Estudos fitogeográficos do carrasco no nordeste do Brasil. Campinas, **Universidade Estadual de Campinas**, 119p, 1998.

EBERHARD, W. G. Sexual selection and animal genitalia. **Harvard University Press**, Cambridge, 1985.

EBERHARD, W. G. Evidence for widespread courtship during copulation in 131 species of insects and spiders, and implications for cryptic female choice. **Evolution**, [s.l.], v. 48, n. 3, p. 711-733, 1994.

EBERHARD, W. G. Female control: sexual selection by cryptic female choice. **Princeton University Press**, Princeton, 1996.

FERRETTI, N.; POMPOZZI, G.; PÉREZ-MILES, F. Sexual behavior of *Acanthogonatus centralis* (Araneae: Mygalomorphae: Nemesiidae) from Argentina, with some notes on their burrows. **Journal of Arachnology**, [s.l.], v. 39, n. 3, p. 533-537, 2011.

FERRETTI, N.; POMPOZZI, G.; COPPERI, S.; GONZÁLEZ, A.; PÉREZ-MILES, F. Copulatory behavior of Microstigmatidae (Araneae: Mygalomorphae): a study with *Xenonemesia platensis* from Argentina. **Journal of Arachnology**, [s.l.], p. 252-255, 2012.

FERRETTI, N.; POMPOZZI, G.; COPPERI, S.; GONZÁLEZ, A.; PÉREZ-MILES, F. Sexual behaviour of mygalomorph spiders: when simplicity becomes complex; an update of the last 21 years. **Arachnology**, [s.l.], v. 16, n. 3, p. 85-94, 2013.

FOELIX, R. F. **Biology of Spiders**: Oxford University Press. New York, 1996.

FOELIX, R.; ERB, B.; RAST, B. Alleged silk spigots on tarantula feet: Electron microscopy reveals sensory innervation, no silk. **Arthropod structure & development**, [s.l.], v. 42, n. 3, p. 209-217, 2013.

GOLOBOFF, P. A. A reanalysis of mygalomorph spider families (Araneae). **American**

Museum novitates; no. 3056, 1993.

GONZAGA, M. O.; SANTOS, A. J.; JAPYASSÚ, H. F. Socialidade e cuidado parental. **Ecologia e comportamento de aranhas**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, p. 185-207, 2007.

HEDIN, M.; BOND, J. E. Molecular phylogenetics of the spider infraorder Mygalomorphae using nuclear rRNA genes (18S and 28S): conflict and agreement with the current system of classification. **Molecular phylogenetics and evolution**, [s.l.], v. 41, n. 2, p. 454-471, 2006.

HOSKEN, D. J.; STOCKLEY, P. Sexual selection and genital evolution. **Trends in ecology & evolution**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 87-93, 2004.

RHEIMS, C.; HUBER, B.; BRESCOVIT, A. D. Exaggerated female genitalia in two new spider species (Araneae: Pholcidae), with comments on genital evolution by female choice versus antagonistic coevolution. **Insect Systematics & Evolution**, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 285-292, 2005.

INDICATTI, P. R. **Aranhas do parque nacional de Itatiaia**, Rio de Janeiro/Minas Gerais, Brasil. Itatiaia: Parque Nacional de Itatiaia (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 16), 2013.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia.). **Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)**, (1961-1990).

JACKSON, R. R. The biology of *Jacksonoides queenslandica*, a jumping spider (Araneae: Salticidae) from Queensland: intraspecific interactions, web-invasion, predators, and prey. **New Zealand journal of zoology**, [s.l.], v. 15, n. 1, p. 1-37, 1988.

JACKSON, R. R.; POLLARD, S. D. Intraspecific interactions and the function of courtship in mygalomorph spiders: a study of *Porrhothele antipodiana* (Araneae: Hexathelidae) and a literature review. **New Zealand Journal of Zoology**, [s.l.], v. 17, n. 4, p. 499-526, 1990.

KASTON, B. J. The senses involved in the courtship of some vagabond spiders. **Brooklyn Entomological Soc**, [s.l.], 1936.

LORENZ, K. **The foundations of ethology**. Springer Science & Business Media, [s.l.], 2013.

PEDROSO, D. R.; CASTANHEIRA, P. S.; BAPTISTA, R. L. C. Redescription and synonymies of *Diplura macrura* (CL Koch, 1841) and *D. lineata* (Lucas, 1857), with notes on the genus (Araneae, Dipluridae). **European Journal of Taxonomy**, [s.l.], n. 210, 2016.

PÉREZ-MILES, F.; GUADANUCCI, J.P.L.; JURGILAS, J.P.; BECCO, R.; PERAFÁN, C. Morphology and evolution of scopula, pseudoscopula and claw tufts in Mygalomorphae (Araneae). **Zoomorphology**, [s.l.], v. 136, n. 4, p. 435-459, 2017.

RAVEN, R. J. Systematics of the mygalomorph spider genus *Masteria* (Masteriinae: Dipluridae: Arachnida). **Australian Journal of Zoology**, [s.l.], v. 27, n. 4, p. 623-636, 1979.

RAVEN, R. J. The spider infraorder Mygalomorphae (Araneae): cladistics and systematics. **Bulletin of the AMNH**, [s.l.], v. 182, article 1, 1985.

RAVEN, R. J. Preliminary observations on the mating behavior of the Australian mygalomorph spider *Australothele jamiesoni* (Dipluridae, Araneae, Arachnida). **Memoirs of the Queensland Museum**, [s.l.], n. 25, p. 471–474, 1988.

RAVEN, R. J.; SCHWENDINGER, P. J. On a new *Phyxioschema* (Araneae, Mygalomorphae, Dipluridae) from Thailand and its biology. **Bulletin of the British arachnological Society**, [s.l.], 1989.

SIMON, E. Voyage de ME Simon au Venezuela (décembre 1887–avril 1888). 4e Mémoire. **Ann. Soc. Entomol. France**, [s.l.], v. 9, n. 6, p. 169-220, 1889.

WENZEL, J. W. Behavioral homology and phylogeny. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 361-381, 1992.

WORLD SPIDER CATALOG. **Natural History Museum Bern**. 2016. Disponível em: <http://wsc.nmbe.ch>, Acesso em: 04 Maio 2016.