

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Ciências Biológicas - Bacharelado

LARISSA RODRIGUES FARIA

**USO DE EQUIPAMENTOS DE CAPTAÇÃO VIBRACIONAL COMO UMA
FERRAMENTA DE ESTUDO DO COMPORTAMENTO EM ARANHAS**

UBERLÂNDIA - MG

2022

LARISSA RODRIGUES FARIA

**USO DE EQUIPAMENTOS DE CAPTAÇÃO VIBRACIONAL COMO UMA
FERRAMENTA DE ESTUDO DO COMPORTAMENTO EM ARANHAS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal
de Uberlândia para como parte das
exigências para a obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas

Orientadora: Profª. Dra. Vanessa Stefani
Sul Moreira

UBERLÂNDIA - MG

LARISSA RODRIGUES FARIA

**USO DE EQUIPAMENTOS DE CAPTAÇÃO VIBRACIONAL COMO UMA
FERRAMENTA DE ESTUDO DO COMPORTAMENTO EM ARANHAS**

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente (Orientador): _____

Profa. Dra. Vanessa Stefani Sul Moreira
Universidade Federal de Uberlândia

Examinadores: _____

Msc. Adilson Quero Júnior
Universidade Federal de Uberlândia

Dra. Aline Leles Nascimento
Universidade Federal de Uberlândia

Uberlândia, 23 de março de 2022

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por iluminar minha mente, me dar força e coragem para seguir em frente.

Aos meus queridos pais, Darci e Nicodemos, todo o meu amor e gratidão eterna por tudo o que fizeram e vem fazendo por mim para que eu conseguisse chegar até aqui.

Aos meus gatos, Thanos e Eloá, pela companhia de todos os dias.

À minha orientadora, Vanessa, que me deu apoio, me auxiliou e sempre esteve disponível durante todo o desenvolvimento do meu trabalho. Obrigada por compartilhar seu conhecimento comigo e acreditar no meu potencial.

À minha avó, Horizontina, que sempre acreditou em mim e hoje me ilumina lá do céu.

Agradeço a todos os meus amigos que estiveram comigo nessa caminhada, com quem divido minhas tristezas e alegrias. Obrigada por me ajudarem, escutarem meus desabafos, me motivarem e me proporcionarem tantos bons momentos juntos. Vocês são tudo.

Por fim, meu agradecimento à UFU e à banca examinadora, Aline e Adilson, que aceitaram meu convite para fazer parte desse momento tão importante.

Resumo

Muito se tem investigado a respeito da transmissão de informações comportamentais por vibrações, especialmente os relacionados à reprodução em aranhas. Com o avanço da tecnologia, tornou-se cada vez mais recorrente o uso de equipamentos que visam aprimorar os resultados das pesquisas comportamentais dentro do laboratório. O presente estudo analisou, através de um levantamento bibliográfico, quais os principais equipamentos de mensuração da vibração, quais as principais famílias de aranhas usadas nos experimentos vibracionais, se o UEVC (uso de equipamentos vibracionais em comportamentos) em aranhas é mais relevante em os estudos de comportamento sexual que em outros comportamentos e se existe uma relação desses estudos vibracionais em aranhas considerando a latitude e o ano da publicação dos artigos. A partir disso, esperamos que os principais equipamentos utilizados para mensurar vibrações sejam os “sem contato”, que os UEVC sexuais sejam mais relevantes do que outros comportamentos, e que exista uma relação positiva entre o UEVC e os parâmetros de latitude e ano das publicações. Os resultados mostraram que os comportamentos reprodutivos são mais recorrentes (50%) que outros comportamentos, mas não mais relevantes, que o equipamento mais utilizado foi o Vibrômetro Laser Doppler (LDV), confirmando assim nossa hipótese. As famílias de aranhas mais estudadas foram, respectivamente, Lycosidae (30,18%), Araneidae (20,75%) e Salticidae (16,98%), sendo maioria não tecedeiras, o que pode se justificar pelo fato de serem mais fáceis de serem manipuladas em laboratório. O uso de equipamentos vibracionais não foi estatisticamente superior em países de altas latitudes e o UEVC não apresentou maior abundância em estudos de comportamentos sexuais. Por fim, observamos que o uso desses equipamentos aumentou relativamente conforme o ano de publicação, fato esse que se dá por causa da modernização e globalização da tecnologia, que vem ficando cada dia mais acessível.

Palavras-chaves: comunicação vibracional, vibrômetro, vibração, comportamento sexual

Abstract

Much has been investigated about the transmission of behavioral information by vibrations, especially those related to reproduction in spiders. With the advancement of technology, the use of equipment that aims to improve the results of behavioral research within the laboratory has become increasingly recurrent. The present study analyzed, through a bibliographic survey, which are the main vibration measurement equipment, which are the main families of spiders used in vibrational experiments, if the UEVC (use of vibrational equipment in behaviors) in spiders is more relevant in the studies of sexual behavior than in other behaviors and whether there is a relationship between these vibrational studies in spiders considering the latitude and year of publication of the articles. From this, we expect that the main equipment used to measure vibrations are “non-contact”, that sexual UEVC are more relevant than other behaviors, and that there is a positive relationship between the UEVC and the parameters of latitude and year of publications. . The results showed that reproductive behaviors are more recurrent (50%) than other behaviors, but not more relevant, that the most used equipment was the Laser Doppler Vibrometer (LDV), thus confirming our hypothesis. The most studied spider families were, respectively, Lycosidae (30.18%), Araneidae (20.75%) and Salticidae (16.98%), most of which are not weavers, which can be explained by the fact that they are easier to be manipulated in the laboratory. The use of vibrational equipment was not statistically higher in high latitude countries and the UEVC did not show greater abundance in studies of sexual behavior. Finally, we observed that the use of this equipment has increased relatively according to the year of publication, a fact that is due to the modernization and globalization of technology, which is becoming more and more accessible.

Keywords: vibrational communication, vibrometer, vibration, sexual behaviour.

SUMÁRIO

	Páginas
1. Introdução	8
2. Objetivos	10
3. Metodologia	11
3.1. Levantamento de dados e critérios de seleção dos artigos	11
3.2. Análises estatísticas	11
4. Resultados	13
5. Discussão	18
6. Conclusão	21
7. Referências Bibliográficas	22

1 - INTRODUÇÃO

As aranhas formam um grupo muito diverso, contemplando cerca de 49.933 espécies descritas, divididas em 131 famílias, cujo tamanho varia desde espécies com 0,37mm até indivíduos com mais de 30 cm (World Spider Catalog, 2022). As aranhas se comunicam por meio de diferentes canais de comunicação, como o químico, visual o acústico e tátil (Huber 2005; Uhl & Elias 2011; Foelix 2011). A comunicação acústica e tátil, por sua vez, envolve a emissão de um sinal de comunicação de um emissor a um receptor, que receberá e interpretará esse sinal por meio da vibração. Os sinais vibracionais são percebidos por órgãos especiais (ex: tricobótrios que são pelos especializados localizados nas pernas e palpos) através do substrato, teia, ar e água (Foelix 2011).

Uma aranha em sua teia possui a habilidade para detectar vibrações que venham de qualquer lado, mas muitas dessas vibrações são causadas por ruídos ambientais que são de pouco interesse para a aranha (Virant-Doberlet, 2014). Juntamente com os ruídos ambientais, as aranhas conseguem detectar sinais vibratórios relevantes durante a comunicação intraespecífica, como por exemplo, a detecção de um potencial presa na teia ou de um macho com intenções nupciais (Martes, 1984). Para as espécies de aranhas que não tecem teias para capturar suas presas ou para encontrarem seus co-específicos, os substratos usados para detectar vibrações podem ser diversos (Foelix, 2011). Entre os tipos de substratos encontrados em ambientes terrestres o solo, areia, rocha, folhas e serrapilheira são os mais conhecidos, porém existem aranhas que vivem em ambientes aquáticos e que podem usar a lâmina d'água como substrato (Foelix, 2011 – Costa-Schmidt, 2008). Cada tipo de substrato possui diferente propriedade física, sinalizando espectros de ondas vibracionais distintas e exigindo uma adaptação diferente para o ambiente em que se encontram (Elias et al., 2004). Por exemplo, para a aranha da espécie *Habronattus dossenus* Griswold 1987 (Salticidae), o tipo de substrato onde a aranha se encontra afeta diretamente na eficácia da transmissão de sinais de corte sísmicos, pois cada um deles possui diferentes propriedades de filtragem (Elias et al., 2004). Nesse sentido, o uso de equipamentos para mensurações das vibrações pode auxiliar na identificação de padrões naturais de comunicação.

A vibração através do substrato provavelmente foi importante para os animais como um canal de comunicação por milhões de anos, mas nossa consciência da vibração como uma

informação biologicamente relevante tem uma história de apenas 30 anos (Hill et al 2019). Embora o mecanismo exato de produção da vibração e a natureza precisa da onda produzida nem sempre sejam compreendidos, os avanços técnicos recentes deram respostas às questões cada vez mais sofisticadas sobre como os animais enviam e recebem sinais através do substrato. Com o uso da mensuração da vibração fornecendo informações quantitativas em interações predador-presa, recrutamento para alimentação, escolha de parceiros, competição intrasexual e interações sociais maternas/ninhadas em uma variedade de animais, esses equipamentos têm sido relevantes para os estudos de comunicação em aranhas (Hill et al. 2019).

Com o progresso da tecnologia de computadores, a acessibilidade dos equipamentos eletrônicos e o desenvolvimento de algoritmos para reconhecimento de sinais levaram a muitas aplicações de detecção e reconhecimento automatizados de espécies animais que dependem de sons identificáveis (Hill et al. 2019). Vários equipamentos podem ser utilizados para mensurar os diferentes comportamentos, como por exemplo, os acelerômetros e transdutores de vibração – que envolvem o uso de sensores individuais que fornecem medidas em pontos discretos ao entrar em contato com o dispositivo (Barth & Geethabali, 1982; Speck & Barth, 1982; Schmitt 1993). Existem também equipamentos sem contato, como o Vibrômetro Laser Doppler (LDV) que se tornaram bem estabelecidas na comunidade de testes modais por serem capazes de coletar dados para expor inconsistências no comportamento dinâmico de estruturas e fornecer insights para modelagem e previsão do comportamento dinâmico (Elias et al., 2010; Brandt; 2020). Nesse contexto, investigar quais as principais famílias de aranhas são estudadas e o uso de equipamentos que quantificam as vibrações promovidas por comportamentos, possibilitará uma maior compreensão a respeito dos estudos em aranha.

2 - OBJETIVOS

Considerando o uso de equipamentos vibracionais em estudos de comportamentos de aranhas, o presente trabalho tem como objetivo:

- a. Investigar quais os principais equipamentos utilizados para mensurar as vibrações comportamentais em aranhas;
- b. Quais as principais famílias de aranhas estudadas;
- c. Averiguar se o UEVC (uso de equipamentos vibracionais em comportamentos) em aranhas possui maior relevância para os estudos de comportamento sexual comparativamente com os outros comportamentos;
- d. Buscar a existência de uma correlação desses estudos com uso de vibração em aranhas entre a latitude e o ano da publicação.

Nossa primeira hipótese é que os principais equipamentos usados para mensurar vibrações sejam os “sem contato”, como o Vibrômetro Laser Doppler (LDV). A segunda hipótese é que os UEVC (uso de equipamentos vibracionais em comportamentos) sexuais sejam mais relevantes do que outros estudos e que exista uma relação positiva de UEVC entre a latitude e o ano das publicações.

3 - METODOLOGIA

3.1 – Levantamento de dados e critérios de seleção dos artigos

Selecionamos os artigos por meio de um critério de busca bibliográfica usando as bases de dados online Web of Science & Scopus e Google Acadêmico usando as seguintes chaves: 'spider vibrations', 'spiders laser doppler', 'spider vibratory communication', 'spider communication', 'spider seismic signal', 'spider signal choices' e 'spider seismic courtship'. Foi selecionado apenas um artigo da biblioteca digital da Scielo, com a chave 'spider vibration', sendo também o único em espanhol, todos os outros são em inglês. Os artigos selecionados foram os que possuíam qualquer equipamento de mensuração da vibração, geralmente era indicado em seus materiais e métodos.

3.2- Análises Estatísticas

Todas as análises foram realizadas dentro do ambiente R (R Development Core Team, 2021). Para saber se diferentes famílias de aranhas encontradas nos estudos de vibração foram mais usadas em experimentos que envolviam comportamentos reprodutivos, foi realizado um teste de Qui-quadrado, pois todas as amostras eram categóricas. A variável preditora foi as famílias de aranhas estudadas e a variável resposta foi o tipo de comportamento apresentado pelas aranhas.

Para realizar os estudos de meta-análise nós usamos o pacote “Meta” (Schwarzer, 2007). O comando Metaprop foi usado para estimar a prevalência do UEVC (Uso de Equipamentos Vibracionais em Comportamentos) em comportamentos reprodutivos (em intervalos de confiança de 95%). Foi apresentada como uma porcentagem ((número de estudos UEVC para reprodução / total de estudos que usaram equipamentos de vibração) *100), sem o uso de transformações das proporções.

O teste Q de Cochran foi utilizado para a heterogeneidade entre os estudos e a estatística I^2 para avaliação da verdadeira variação devido à heterogeneidade (Cochran, 1954; Higgins et al., 2003; Borenstein et al., 2017). O I^2 mostra a proporção da variância, variando de 0% a 100% e observa o efeito de tamanho real de todos os estudos na análise (Borenstein et al., 2017).

Os dados brutos dos números de estudos do UEVC foram utilizados na meta-regressão e os resultados foram apresentados em números decimais. A meta-regressão foi realizada para determinar se o ano e a latitude influenciam as publicações do UEVC, e o resultado foi apresentado através do gráfico de bolhas do comando `meta reg` do pacote R. Em todas as análises, um valor de p menor que 0,05 foi considerado estatisticamente significativo.

4 - RESULTADOS

Nos testes realizados nesta pesquisa, observou-se que há uma variedade de seis equipamentos usados para mensurar vibrações comportamentais em aranhas. Os equipamentos mais usados foram: vibrômetro laser doppler (84,31%), acelerômetro (5,88%), transdutor de vibração (3,92%), velocímetro a laser (1,96%), condicionador de sinal (1,96%) e captador de vibração (1,96%).

Considerando os diversos comportamentos analisados, o comportamento sexual apresentou a maior proporção de estudos relacionados aos comportamentos vibratórios com 50%, seguido de outras comunicações com 39,65% e predação com apenas 10,34%. A categoria de outras comunicações abrange comportamentos como: recepção da vibração, produção de sinal, comunicação, interação com a teia, competição, sinais sísmicos e transmissão de sinais. A análise do Qui-quadrado mostrou quais as famílias de aranhas usadas para os estudos dos comportamentos sexuais foram significativamente maiores que em outros comportamentos ($\chi^2 = 16,903$; $df=9$; $p=0,03114$) (Figura 1).

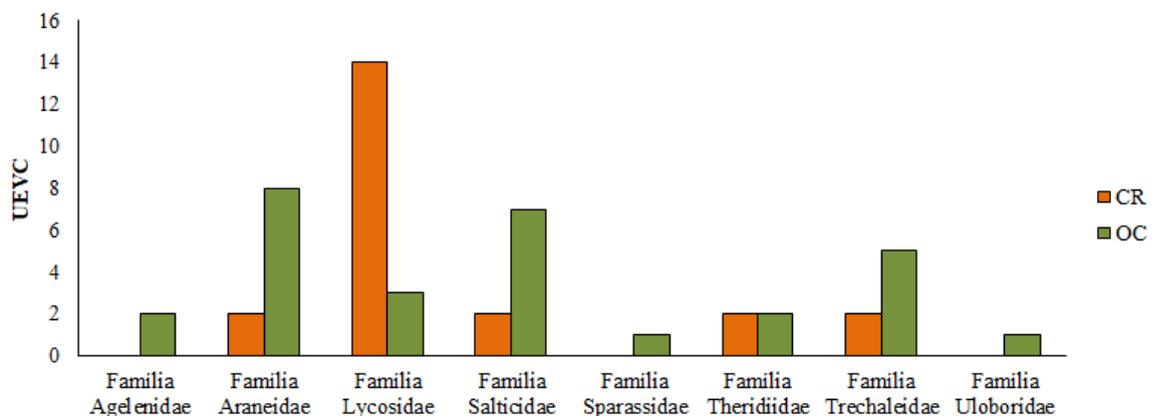


Figura 1 - Famílias de aranhas usadas para estudar comportamento reprodutivo (CR) e outros comportamentos (OC). UEVC - "Uso de Equipamentos Vibracionais em Comportamentos".

Dentre os 51 estudos selecionados, que foram publicados no período de 1980 a 2021, notou-se uma grande diversidade de famílias de aranhas foi utilizada na mensuração de comportamentos vibratórios, e a de mais destaque foi a família Lycosidae que está presente em 30,18% dos estudos. Na sequência temos: família Araneidae (20,75%), família Salticidae (16,98%), família Trechaleidae (13,20%), família Theridiidae (7,54%), família Pisauridae (3,77%), família Sparassidae (1,88%), família Agelenidae (1,88%), família Uloboridae (1,88%) e família Scytodidae (1,88%) (Tabela 1).

Tabela 1- Resumo dos dados extraídos de todos os estudos selecionados, organizada por ordem de publicação

Citação	Família	Espécie	País
Rovner (1980)	Família Sparassidae	<i>Heteropoda venatoria</i> (Linnaeus, 1767)	EUA
Rovner & Barth (1981)	Família Trechaleidae	<i>Cupiennius salei</i> (Keyserling, 1877)	EUA
Barth & Geethabali (1982)	Família Trechaleidae	<i>Cupiennius salei</i> (Keyserling, 1877)	Alemanha
Speck & Barth (1982)	Família Trechaleidae	<i>Cupiennius salei</i> (Keyserling, 1877)	Alemanha
Masters (1984)	Família Araneidae	<i>Larinioides sclopetarius</i> (Clerck, 1757)	Alemanha
Masters (1984)	Família Araneidae	<i>Larinioides sclopetarius</i> (Clerck, 1757)	Alemanha
Baurect & Barth (1992)	Família Trechaleidae	<i>Cupiennius salei</i> (Keyserling, 1877) <i>Cupiennius getazi</i> (Simon, 1891) <i>Cupiennius coccineus</i> (F. O. Pickard-Cambridge, 1901)	Áustria
Schmitt (1993)	Família Trechaleidae	<i>Cupiennius salei</i> (Keyserling, 1877)	Áustria
Dierkes & Barth (1995)	Família Trechaleidae	<i>Cupiennius getazi</i> (Simon, 1891)	Costa Rica
Landolfi & Barth (1996)	Família Araneidae	<i>Trichonephila clavipes</i> (Linnaeus, 1767)	Áustria
Barth & Holler (1999)	Família Trechaleidae	<i>Cupiennius salei</i> (Keyserling, 1877)	Áustria
Tarsitano et al. (2000)	Família Salticidae Família Araneidae Família Uloboridae	<i>Portia fimbriata</i> (Doleschall, 1859), <i>Zygiella x-notata</i> (Clerck, 1757) <i>Zosis geniculata</i> (Olivier, 1789)	EUA
Elias (2003)	Família Salticidae	<i>Habronattus dossenus</i> (Griswold, 1987)	EUA
Mortimer et al. (2004)	Família Salticidae	<i>Habronattus dossenus</i> (Griswold, 1987)	EUA
Clements & Li (2005)	Família Scytodidae	<i>Scytodes pallida</i> (Doleschall, 1859)	Cingapura
Elias et al. (2005)	Família Salticidae	<i>Habronattus dossenus</i> (Griswold, 1987)	EUA
Elias (2006)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa stridulans</i> (Stratton, 1984)	EUA
Elias et al. (2008)	Família Salticidae	<i>Phidippus clarus</i> (Keyserling, 1885)	Canadá
Gibson & Uetz (2008)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Uetz et al. (2009)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844) <i>Schizocosa rovneri</i> (Uetz & Dondale, 1979)	EUA
Elias et al. (2010)	Família Salticidae	<i>Phidippus clarus</i> (Keyserling, 1885)	Canadá
Sivalingham et al. (2010)	Família Salticidae	<i>Phidippus clarus</i> (Keyserling, 1885)	Canadá
Rundus et al. (2010)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa retrorsa</i> (Banks, 1911)	EUA
Gordon & Uetz (2011)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA

Wilgers & Hebets (2011)	Família Lycosidae	<i>Rabidosa rabida</i> (Walckenaer, 1837)	EUA
Gibson & Uetz (2012)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Elias et al. (2012)	Família Salticidae	<i>Habronattus coecatus</i> (Hentz, 1846)	EUA
Gordon & Uetz (2012)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Wignall & Herberstein (2013)	Família Araneidae	<i>Argiope keyserlingi</i> (Karsch 1878) <i>Argiope aetherea</i> (Walckenaer, 1841)	Austrália
Wignall & Herberstein (2013)	Família Araneidae	<i>Argiope keyserlingi</i> (Karsch 1878)	Austrália
Uetz et al. (2013)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
De Luca et al. (2015)	Família Theridiidae	<i>Latrodectus hasselti</i> (Thorell, 1870)	Austrália
Mortimer et al. (2015)	Família Araneidae	<i>Zygiella x-notata</i> (Clerck, 1757)	Reino Unido
Vibert et al. (2016)	Família Agelenidae e Família Theridiidae	<i>Eratigena agrestis</i> (Walckenaer, 1802) <i>Latrodectus hesperus</i> (Chamberlin & Ivie, 1935)	Canadá
Sweger & Uetz (2016)	Família Lycosidae	<i>Gladicosa gulosa</i> (Walckenaer, 1837)	EUA
Kozak & Uetz (2016)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Sitvarin (2016)	Família Lycosidae	<i>Pardosa milvina</i> (Hentz, 1844)	EUA
Alencastre et al. (2016)	Família Araneidae	<i>Argiope argentata</i> (Fabricius, 1775)	Peru
Stoffer & Uetz (2017)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Uetz et al. (2017)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Mhatre et al. (2018)	Família Theridiidae	<i>Latrodectus hesperus</i> (Chamberlin & Ivie, 1935)	Canadá
Pickett (2018)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844) <i>Schizocosa roverni</i> (Uetz & Dondale, 1979)	EUA
Mortimer et al. (2018)	Família Araneidae	<i>Araneus diadematus</i> (Clerck, 1757) e <i>Zygiella x-notata</i> (Clerck, 1757)	Reino Unido
Uetz et al. (2019)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Kozak & Uetz (2019)	Família Lycosidae	<i>Schizocosa ocreata</i> (Hentz, 1844)	EUA
Jyoti et al. (2019)	Família Araneidae	<i>Argiope aetherea</i> (Walckenaer, 1841)	Índia
Mortimer et al. (2019)	Família Araneidae	<i>Araneus diadematus</i> (Clerck, 1757) e <i>Zygiella x-notata</i> (Clerck, 1757)	Reino Unido
Eberhard et al. (2020)	Família Pisauridae	<i>Pisaura mirabilis</i> (Clerck, 1757)	Alemanha
Eberhard et al. (2020)	Família Pisauridae	<i>Pisaura mirabilis</i> (Clerck, 1757)	Alemanha
Brandt (2020)	Família Salticidae	<i>Habronattus clypeatus</i> (Banks, 1895)	EUA

Sivalinghem & Mason (2021)	Família Theridiidae	<i>Latrodectus hesperus</i> (Chamberlin & Ivie, 1935)	EUA
----------------------------	---------------------	---	-----

No teste de prevalência de estudo dos comportamentos vibracionais, nenhum estudo apresentou ser mais relevante do que outro (Estudos %) (Figura 2). A Prevalência de Estudos estimada não apresentou heterogeneidade ($I^2 = 0\%$) (Figura 2). Além disso, a meta-análise indica que os estudos UEVC para reprodução são 0,49 vezes (peso) mais frequentes do que estudos que não investigaram os aspectos reprodutivos, variação essa que não é significativa (Estudos % = 0,49; Intervalo de Confiança IC_{95%} 0,31-0,66; $p=0,77$).

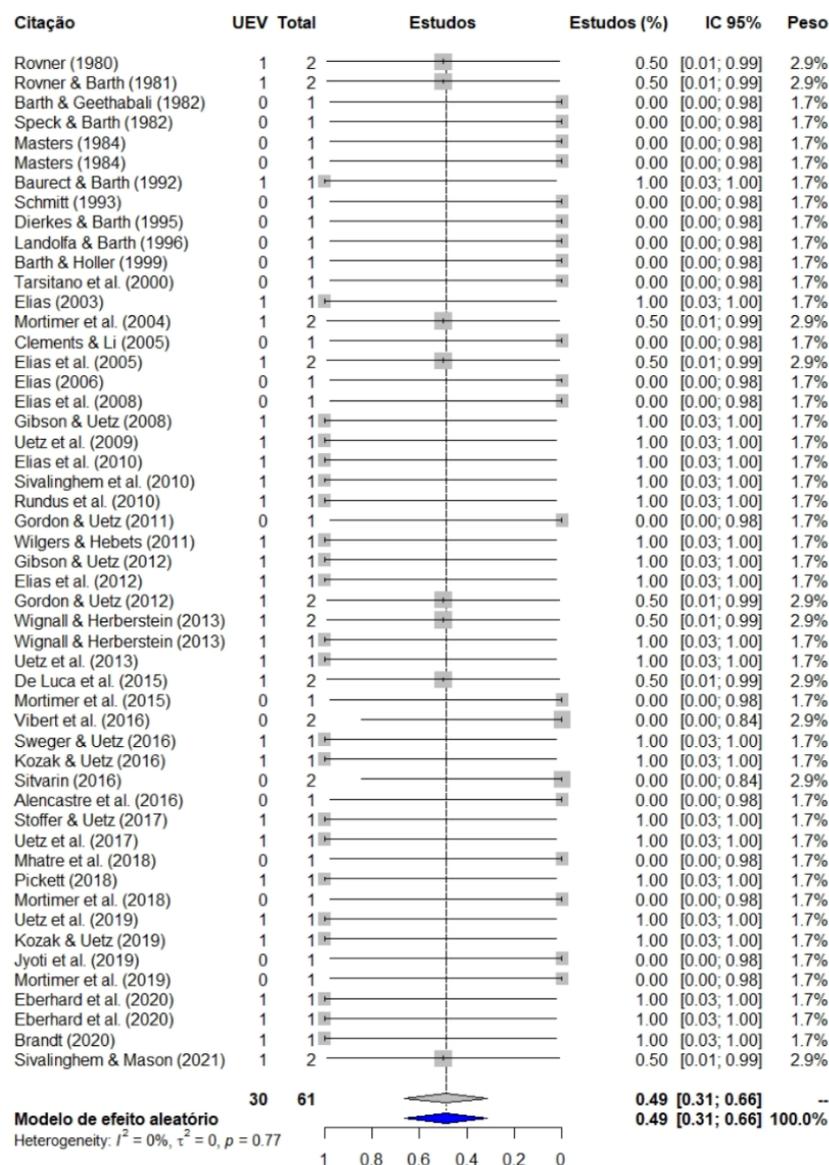


Figura 2 - Forest plot apresentando os estudos com o UEV em 51 estudos. A linha tracejada é a estimativa e as linhas verticais apresentam os intervalos de confiança IC 95% para os estudos de UEV plotados para cada estudo. Os “Estudos (%)” – indica o peso do estudo na meta-análise geral; 95% IC. O losango azul e preto na parte inferior representam a média estimada.

Os estudos usando equipamentos vibracionais em comportamentos aumentaram com a latitude, porém a análise de meta-regressão não foi estatisticamente significativa ($F=0,0161$; $p=0,899$) (Figura 3). Porém, os estudos UEVC aumentaram ao longo dos anos e a análise de regressão apresentou significância ($F=6,416$; $p=0,0113$) (Figura 5).

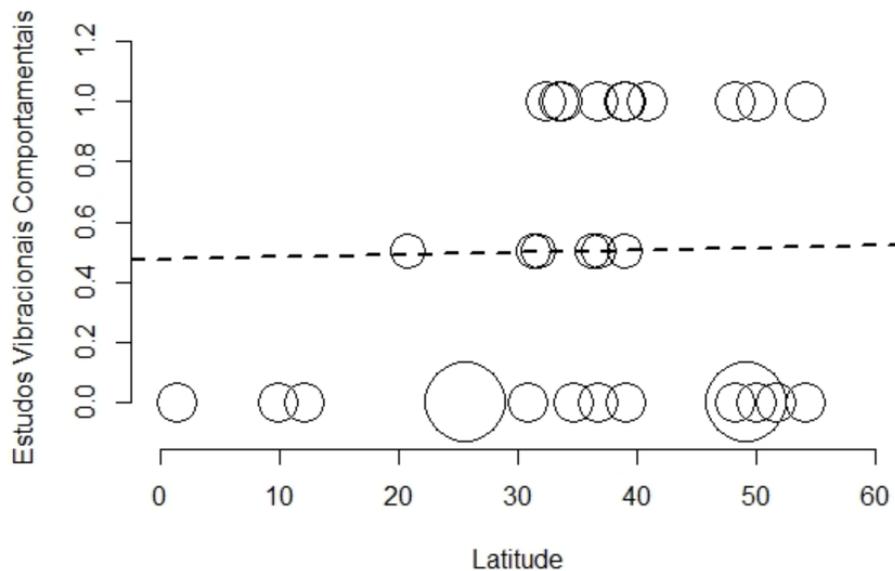


Figura 3. Gráfico de meta-regressão entre Estudos Vibracionais Comportamentais (0.0 indica estudos realizados para outros comportamentos; 0,5 estudo que investigaram comportamentos reprodutivos e outros comportamentos; 1,0 estudos que investigaram apenas comportamentos reprodutivos; $N_{\text{total}}=51$) versus Latitude. Os círculos representam os estudos individuais. A linha contínua representa a linha de regressão.

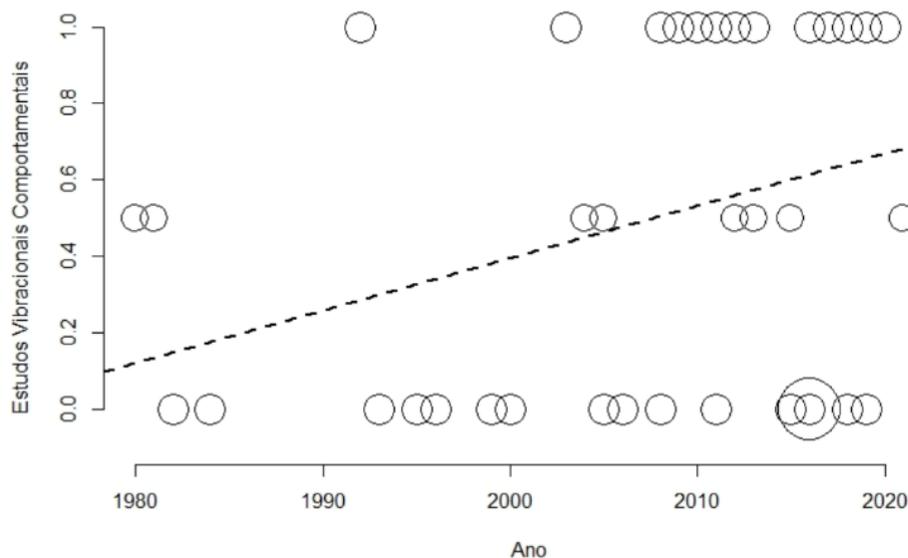


Figura 5. Gráfico de meta-regressão entre Estudos Vibracionais Comportamentais (0.0 indica estudos realizados para outros comportamentos; 0,5 estudo que investigaram comportamentos reprodutivos e outros comportamentos; 1,0 estudos que investigaram apenas comportamentos reprodutivos; $N_{\text{total}}=51$) versus ano de publicação. Os círculos representam os estudos individuais. A linha contínua representa a linha de regressão significativa.

5 - DISCUSSÃO

O presente estudo confirmou a hipótese de que o principal equipamento para mensurar vibrações em aranhas foi o Vibrômetro Laser Doppler (LDV). Provavelmente isso acontece, pois, esse equipamento usa uma tecnologia que mede a vibração usando laser e assim os organismos estudados não precisam ficar em contato direto com nenhuma máquina, não ocorrendo intervenção mecânica durante a captação das informações comportamentais (Reu et al., 2017).

As principais famílias usadas nos experimentos de captação de vibração são compostas por aranhas não tecedeiras como as Lycosidae e Salticidae e Trechaleidae que juntas totalizaram 60,36% dos comportamentos estudados. Pode-se justificar o fato de as aranhas tecedeiras serem minoria nos experimentos, devido à maior dificuldade de serem trabalhadas e manipuladas, pois vivem em habitats mais complexos que dependem de suportes para fixar suas teias e assim são mais difíceis de serem mantidas em laboratório, visto que o LDV deve ser usado em laboratório por ser um equipamento sensível a vibração, tendo que ser usado em superfícies estáveis e ambientes com mínimo de ruídos. Logo, as aranhas construtoras de teias necessitam da vegetação para construir suas teias, sendo ela orbicular ou em lençol. As aranhas construtoras de teias orbiculares, por sua vez, necessitam de hastes para a fixação das teias, além de áreas sombreadas e úmidas (Cabral, 2007).

Apesar dos estudos com UEVC sexuais não serem mais relevantes, eles se apresentaram mais recorrentes. Isso se dá pela grande diversidade de comportamentos reprodutivos apresentados pelas aranhas, como corte, pré-cópula, cópula, canibalismo sexual, presente nupcial, e pelo comportamento de sinalização no período de cópula ser multimodal (ex: sinalização química e visual; visual e vibracional; sinalização química e vibracional) já que há um alto grau de coordenação entre esses estímulos (Elias et al., 2003). Sabe-se que a comunicação multimodal é comum em todo o reino animal, mas a função dos sinais multimodais ainda é pouco compreendida. As *Phidippus clarus* Keyserling 1885 (Salticidae), por exemplo, são aranhas saltadoras nas quais os machos produzem sinais multimodais (visuais e vibracionais) em contextos macho-macho (comportamento intra-sexual - agressividade) e macho-fêmea (comportamento intersexual - cortejo) (Elias et al., 2003). Assim, em um sistema de acasalamento os vários comportamentos mensurados envolvem aspectos como competição intra-sexual, proporção sexual, competição intersexual que mudam

ao longo da estação reprodutiva (Elias et al., 2010). Nesse sentido, os comportamentos reprodutivos são diversificados e abrangem uma grande variedade de relações comportamentais que podem explicar o porquê de não serem os aspectos comportamentais mais relevantes.

A hipótese de que os experimentos que usam equipamentos vibracionais em comportamentos sexuais são os mais relevantes e a de que o UEVC poderia estar relacionado com latitude foi refutada, porém, foi confirmada a hipótese da existência de relação entre UEVC com o ano de publicação. Isso demonstra que o uso dessas técnicas de captação vibracional possui a mesma contribuição para estudos em diferentes comportamentos, que seu uso está bastante difundido globalmente e vem aumentando nos últimos anos.

Foi esperado que estudos realizados em países localizados em latitudes maiores possuíssem maiores UEVC, mas de acordo com os resultados, viu-se que experimentos usando esses equipamentos também estão presentes em boa parte dos países em latitudes menores. Sabe-se que Canadá e Alemanha são países localizados em maiores latitudes, assim como, Peru e Cingapura nas menores latitudes (Vibert et al., 2016; Masters, 1984; Alencastre et al., 2016; Clements & Li, 2005).

Como era de se esperar, o UEVC em aranhas aumentou gradativamente ao longo dos anos, efeito esse que se dá através da globalização da tecnologia, que está cada vez mais moderna e acessível. Em 1983, George Uetz colaborou em um estudo descrevendo o comportamento reprodutivo de duas espécies de aranhas da família Lycosidae, *Schizocosa ocreata* e *Schizocosa rovnerei* (Stratton & Uetz, 1983). Após 26 anos, em 2009, o mesmo autor realizou estudos onde incorporou um acelerômetro piezoelétrico, que é um equipamento usado para medições de vibração, para quantificar comportamentos reprodutivos com as mesmas espécies de aranhas (*S. ocreata* e *S. rovnerei*) (Uetz et al., 2009). Com a advento da tecnologia, foi possível quantificar numericamente em dB (decibel), no caso do acelerômetro, ou em Hz (hertz), no caso do vibrômetro, e aprimorar resultados a respeito dos aspectos multimodais do comportamento das aranhas. Tendo essa quantificação é possível observar com precisão qual foi a frequência da vibração que a aranha em questão exerceu em determinado comportamento vibratório, tornando possível trabalhar com estatísticas e refinar análises e conclusões. (Uetz et al., 2013).

Os equipamentos de mensuração da vibração são ferramentas de quantificação que se tornaram paradigmas de comunicação animal, tendo a mesma importância que os sinais sonoros, visuais ou químicos possuem atualmente nos experimentos de comunicação (Hill et al 2019). Isso permite aumentar as possibilidades de análises mais assertivas tendo como consequência descrições mais precisas dos comportamentos estudados.

6 - CONCLUSÃO

Com esses dados podemos concluir que, apesar de serem mais abundantes, estudos onde o foco é analisar o comportamento reprodutivo das aranhas não são mais relevantes cientificamente do que aos que se referem a outros comportamentos, e que o uso de equipamentos de mensuração da vibração sem contato nos estudos dos comportamentos em aranhas, vem ficando mais abundante nos últimos anos, e nos ajuda a ter resultados mais concretos do que simplesmente trabalhando com apenas a observação dos animais, pois é possível usar a estatística numérica a nosso favor, tornando os experimentos feitos no laboratório cada vez mais completos e exatos.

Visto isso, as perspectivas futuras após este trabalho são de que os estudos com uso de equipamentos para estudar comportamento em aranhas venham ficando mais abundantes, sendo possível afunilar resultados a fim de encontrar padrões precisos da sua comunicação por vibração, e junto com o avanço da tecnologia surjam novos equipamentos com melhorias a fim de tornar seu uso mais intuitivo, sendo mais fácil de ser usado, como por exemplo um que seja possível de ser usado em campo.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCASTRE, Jorge H. et al. Estudio Dinámico del Sistema Araña-Tela de Araña en condiciones de Resonancia. **Información tecnológica**, v. 27, n. 4, p. 139-144, 2016.

BARTH, Friedrich G. et al. Spider vibration receptors: threshold curves of individual slits in the metatarsal lyriform organ. **Journal of comparative physiology**, v. 148, n. 2, p. 175-185, 1982.

BARTH, Friedrich G.; HÖLLER, Andreas. Dynamics of arthropod filiform hairs. V. The response of spider trichobothria to natural stimuli. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 354, n. 1380, p. 183-192, 1999.

BAURECHT, Dieter; BARTH, Friedrich G. Vibratory communication in spiders. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 171, n. 2, p. 231-243, 1992.

BRANDT, Erin E.; ROSENTHAL, Malcolm F.; ELIAS, Damian O. Complex interactions between temperature, sexual signals and mate choice in a desert-dwelling jumping spider. **Animal Behaviour**, v. 170, p. 81-87, 2020.

CLEMENTS, Reuben; LI, Daiqin. Regulation and non-toxicity of the spit from the pale spitting spider *Scytodes pallida* (Araneae: Scytodidae). **Ethology**, v. 111, n. 3, p. 311-321, 2005.

COSTA-SCHMIDT, Luiz Ernesto; CARICO, James Edwin; DE ARAÚJO, Aldo Mellender. Nuptial gifts and sexual behavior in two species of spider (Araneae, Trechaleidae, Paratrechalea). **Naturwissenschaften**, v. 95, n. 8, p. 731-739, 2008.

DE LUCA, Paul A. et al. Metabolic efficiency in courtship favors males with intermediate mass in the Australian redback spider, *Latrodectus hasselti*. **Journal of insect physiology**, v. 72, p. 35-42, 2015.

DIERKES, St; BARTH, F. G. Mechanism of signal production in the vibratory communication of the wandering spider *Cupiennius getazi* (Arachnida, Araneae). **Journal of Comparative Physiology A**, v. 176, n. 1, p. 31-44, 1995.

EBERHARD, Monika JB; MACHNIS, Alexandra; UHL, Gabriele. Condition-dependent differences in male vibratory pre-copulatory and copulatory courtship in a nuptial gift-giving spider. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 74, n. 11, p. 1-12, 2020.

EBERHARD, Monika JB; MÖLLER, Timon A.; UHL, Gabriele. Dragline silk reveals female developmental stage and mediates male vibratory courtship in the nuptial gift-giving spider *Pisaura mirabilis*. **Ethology**, v. 127, n. 3, p. 267-277, 2021.

Elias, D. O. (2004). The effect of substrate on the efficacy of seismic courtship signal transmission in the jumping spider *Habronattus dossenus* (Araneae: Salticidae). *Journal of Experimental Biology*, 207(23), 4105–4110.

Elias, D. O., Sivalingham, S., Mason, A. C., Andrade, M. C. B., & Kasumovic, M. M. (2010). Vibratory Communication in the Jumping Spider *Phidippus clarus*: Substrate-borne Courtship Signals are Important for Male Mating Success. *Ethology*, 116(10), 990–998.

ELIAS, Damian O. et al. Assessment during aggressive contests between male jumping spiders. **Animal behaviour**, v. 76, n. 3, p. 901-910, 2008.

ELIAS, Damian O. et al. Orchestrating the score: complex multimodal courtship in the *Habronattus coecatus* group of *Habronattus* jumping spiders (Araneae: Salticidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 105, n. 3, p. 522-547, 2012.

ELIAS, Damian O. et al. Seismic signal production in a wolf spider: parallel versus serial multi-component signals. **Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. 6, p. 1074-1084, 2006.

ELIAS, Damian O. et al. Seismic signals are crucial for male mating success in a visual specialist jumping spider (Araneae: Salticidae). **Animal Behaviour**, v. 69, n. 4, p. 931-938, 2005.

ELIAS, Damian O. et al. Seismic signals in a courting male jumping spider (Araneae: Salticidae). **Journal of Experimental Biology**, v. 206, n. 22, p. 4029-4039, 2003.

ELIAS, Damian O. et al. Vibratory communication in the jumping spider *Phidippus clarus*: substrate-borne courtship signals are important for male mating success. **Ethology**, v. 116, n. 10, p. 990-998, 2010.

ELIAS, Damian O.; MASON, Andrew C.; HOY, Ronald R. The effect of substrate on the efficacy of seismic courtship signal transmission in the jumping spider *Habronattus dossenus* (Araneae: Salticidae). **Journal of Experimental Biology**, v. 207, n. 23, p. 4105-4110, 2004.

FOELIX, Rainer. **Biology of spiders**. OUP USA, 2011

- GIBSON, Jeremy S.; UETZ, George W. Effect of rearing environment and food availability on seismic signalling in male wolf spiders (Araneae: Lycosidae). **Animal Behaviour**, v. 84, n. 1, p. 85-92, 2012.
- GIBSON, Jeremy S.; UETZ, George W. Seismic communication and mate choice in wolf spiders: components of male seismic signals and mating success. **Animal Behaviour**, v. 75, n. 4, p. 1253-1262, 2008.
- GORDON, Shira D.; UETZ, George W. Environmental interference: impact of acoustic noise on seismic communication and mating success. **Behavioral Ecology**, v. 23, n. 4, p. 707-714, 2012.
- GORDON, Shira D.; UETZ, George W. Multimodal communication of wolf spiders on different substrates: evidence for behavioural plasticity. **Animal Behaviour**, v. 81, n. 2, p. 367-375, 2011.
- HILL, Peggy SM et al. (Ed.). **Biotremology: studying vibrational behavior**. Berlin Heidelberg: Springer, 2019.
- Huber, B.A. 2005. Sexual selection research on spiders: progress and biases. *Biological Reviews* 80:363–385
- J. P. T. Higgins, S. G. Thompson, J. J. Deeks, D. G. Altman. Measuring inconsistency in meta-analyses. *Br. Med. J.*(2003),10.1136/bmj.327.7414.557
- JYOTI, Jeevan et al. Structural properties and their influence on the prey retention in the spider web. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 377, n. 2138, p. 20180271, 2019.
- KOZAK, Elizabeth C.; UETZ, George W. Cross-modal integration of multimodal courtship signals in a wolf spider. **Animal cognition**, v. 19, n. 6, p. 1173-1181, 2016.
- KOZAK, Elizabeth C.; UETZ, George W. Male courtship signal modality and female mate preference in the wolf spider *Schizocosa ocreata*: results of digital multimodal playback studies. **Current Zoology**, v. 65, n. 6, p. 705-711, 2019.
- LANDOLFA, M. A.; BARTH, F. G. Vibrations in the orb web of the spider *Nephila clavipes*: cues for discrimination and orientation. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 179, n. 4, p. 493-508, 1996.

M. Borenstein, J. P. Higgins, L. V. Hedges, H. R. Rothstein. Basics of meta-analysis: I2 is not an absolute measure of heterogeneity. *Res. Synth. Methods*, 8 (1) (2017), pp.5-18,10.1002/jrsm.1230

Masters, W. M.(1984). Vibrations in the Orbwebs of *Nuctenea sclopetaria* (Araneidae): II. Prey and Wind Signals and the Spider's Response Threshold. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vol. 15, No. 3 (1984), pp. 217-223

MASTERS, W. Mitch. Vibrations in the orbwebs of *Nuctenea sclopetaria* (Araneidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 15, n. 3, p. 207-215, 1984.

MASTERS, W. Mitch. Vibrations in the orbwebs of *Nuctenea sclopetaria* (Araneidae): II. Prey and wind signals and the spider's response threshold. **Behavioral ecology and sociobiology**, p. 217-223, 1984.

MHATRE, Natasha; SIVALINGHEM, Senthuran; MASON, Andrew C. Posture controls mechanical tuning in the black widow spider mechanosensory system. **bioRxiv**, p. 484238, 2018.

MORTIMER, B. et al. Decoding the locational information in the orb web vibrations of *Araneus diadematus* and *Zygiella x-notata*. **Journal of the Royal Society Interface**, v. 16, n. 154, p. 20190201, 2019.

MORTIMER, Beth et al. Remote monitoring of vibrational information in spider webs. **The Science of Nature**, v. 105, n. 5, p. 1-9, 2018.

MORTIMER, Beth et al. Unpicking the signal thread of the sector web spider *Zygiella x-notata*. **Journal of The Royal Society Interface**, v. 12, n. 113, p. 20150633, 2015.

Peggy S. M. Hill, Vibration and Animal Communication: A Review, *American Zoologist*, Volume 41, Issue 5, October 2001, Pages 1135–1142, <https://doi.org/10.1093/icb/41.5.1135>

PICKETT, Emily E. **The effects of habitat on the courtship signal active space of two wolf spiders**. 2018. Tese de Doutorado. University of Cincinnati.

REU, Phillip L.; ROHE, Daniel P.; JACOBS, Laura D. Comparison of DIC and LDV for practical vibration and modal measurements. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 86, p. 2-16, 2017.

Rodrigues, A. A., Reis, S. S., de Sousa, M. L., da Silva Moraes, E., Garcia, J. L., Nascimento, T. V. C., & da Cunha, I. A. L. (2020). A systematic literature review and meta-analysis of risk

factors for *Neospora caninum* seroprevalence in goats. *Preventive Veterinary Medicine*, 105176.doi:10.1016/j.prevetmed.2020.10

ROVNER, Jerome S. Vibration in *Heteropoda venatoria* (Sparassidae): a third method of sound production in spiders. **Journal of Arachnology**, p. 193-200, 1980.

ROVNER, Jerome S.; BARTH, Friedrich G. Vibratory communication through living plants by a tropical wandering spider. **Science**, v. 214, n. 4519, p. 464-466, 1981.

RUNDUS, Aaron S.; SANTER, Roger D.; HEBETS, Eileen A. Multimodal courtship efficacy of *Schizocosa retrorsa* wolf spiders: implications of an additional signal modality. **Behavioral Ecology**, v. 21, n. 4, p. 701-707, 2010.

SCHMITT, A.; FRIEDEL, T.; BARTH, F. G. Importance of pause between spider courtship vibrations and general problems using synthetic stimuli in behavioural studies. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 172, n. 6, p. 707-714, 1993.

SITVARIN, Michael I. et al. The wolf spider *Pardosa milvina* detects predator threat level using only vibratory cues. **Behaviour**, v. 153, n. 2, p. 159-173, 2016.

SIVALINGHEM, Senthurran et al. Vibratory communication in the jumping spider *Phidippus clarus*: polyandry, male courtship signals, and mating success. **Behavioral Ecology**, v. 21, n. 6, p. 1308-1314, 2010.

SIVALINGHEM, Senthurran; MASON, Andrew C. Vibratory communication in a black widow spider (*Latrodectus hesperus*): Signal structure and signalling mechanisms. **Animal Behaviour**, v. 174, p. 217-235, 2021.

SPECK, Jochen; BARTH, Friedrich G. Vibration sensitivity of pretarsal slit sensilla in the spider leg. **Journal of comparative physiology**, v. 148, n. 2, p. 187-194, 1982.

STOFFER, Brent; UETZ, George W. The effects of experience with different courtship modalities on unimodal and multimodal preferences in a wolf spider. **Animal Behaviour**, v. 123, p. 187-196, 2017.

Stratton, G. E., & Uetz, G. W. (1983). Communication via substratum-coupled stridulation and reproductive isolation in wolf spiders (Araneae: Lycosidae). *Animal Behaviour*, 31(1), 164–172.doi:10.1016/s0003-3472(83)80185-7

SWEGGER, Alexander L.; UETZ, George W. Characterizing the vibratory and acoustic signals of the “purring” wolf spider, *Gladicosa gulosa* (Araneae: Lycosidae). **Bioacoustics**, v. 25, n. 3, p. 293-303, 2016.

TARSITANO, Michael; JACKSON, Robert R.; KIRCHNER, Wolfgang H. Signals and signal choices made by the araneophagic jumping spider *Portia fimbriata* while hunting the orb-weaving web spiders *Zygiella x-notata* and *Zosis geniculatus*. **Ethology**, v. 106, n. 7, p. 595-615, 2000.

UETZ, George W. et al. Complex signals and comparative mate assessment in wolf spiders: results from multimodal playback studies. **Animal Behaviour**, v. 134, p. 283-299, 2017.

UETZ, George W. et al. Listening in: the importance of vibratory courtship signals for male eavesdropping in the wolf spider, *Schizocosa ocreata*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 73, n. 9, p. 1-8, 2019.

UETZ, George W. et al. Multimodal signals increase active space of communication by wolf spiders in a complex litter environment. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 67, n. 9, p. 1471-1482, 2013.

UETZ, George W.; ROBERTS, J. Andrew; TAYLOR, Phillip W. Multimodal communication and mate choice in wolf spiders: female response to multimodal versus unimodal signals. **Animal Behaviour**, v. 78, n. 2, p. 299-305, 2009.

Uhl, G. & D. Elias. 2011. Communication. Pp. 127–189. In *Spider Behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge

VIBERT, Samantha; SCOTT, Catherine; GRIES, Gerhard. Vibration transmission through sheet webs of hobo spiders (*Eratigena agrestis*) and tangle webs of western black widow spiders (*Latrodectus hesperus*). **Journal of Comparative Physiology A**, v. 202, n. 11, p. 749-758, 2016.

W. G. Cochran The combination of estimates from different experiments *Biometrics*, 10 (1954), p.101,10.2307/3001666

WIGNALL, Anne E.; HERBERSTEIN, Marie E. Male courtship vibrations delay predatory behaviour in female spiders. **Scientific reports**, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2013.

WIGNALL, Anne E.; HERBERSTEIN, Marie E. The influence of vibratory courtship on female mating behaviour in orb-web spiders (*Argiope keyserlingi*, Karsch 1878). **PLoS One**, v. 8, n. 1, p. e53057, 2013.

WILGERS, Dustin J.; HEBETS, Eileen A. Complex courtship displays facilitate male reproductive success and plasticity in signaling across variable environments. **Current Zoology**, v. 57, n. 2, p. 175-186, 2011.

World Spider Catalog (2022). World Spider Catalog. Version 23.0. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on 08/03/2022. doi: 10.24436/2