

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

**Respostas funcional e numérica de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)
(Hymenoptera: Eulophidae) com vistas ao controle de *Diaphorina citri*
Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Liviidae)**

Paulo Victor Bertolla

Trabalho científico apresentado para
obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Agronômica

Piracicaba
2016

Paulo Victor Bertolla

Respostas funcional e numérica de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) com vistas ao controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Liviidae)

Orientador:
Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA

Trabalho científico apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Agronômica

Piracicaba

2016

Agradecimentos

Aos meus pais, irmã e tia Cida, que estiveram sempre presentes, me dando apoio para continuar nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. José Roberto Postali Parra pelos ensinamentos, dedicação e confiança, na orientação deste trabalho, do estágio e da minha vida acadêmica e profissional.

A Laís, Jaci, Alexandre e Carolina pela orientação e ajuda durante a elaboração, avaliação dos experimentos e análise dos resultados, às vezes até durante finais de semana e feriados.

Ao Fundecitrus pela concessão de bolsa para elaboração deste trabalho.

RESUMO

Diaphorina citri Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) é considerada a mais importante praga da citricultura devido à sua capacidade de transmitir as bactérias causadoras do Huanglongbing (HLB). O controle biológico de *D. citri* com a utilização do parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) vem trazendo bons resultados em diversas partes do mundo, entretanto, poucos estudos têm quantificado o seu potencial como agente biológico. O potencial de agentes para controle biológico pode ser avaliado de várias formas, dentre elas, pelas respostas funcional e numérica. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas funcional e numérica de *T. radiata* sobre ninfas *D. citri* com vistas à produção massal do parasitoide no Brasil. Foram instalados bioensaios com 10 densidades (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50) de ninfas de *D. citri* e 10 repetições para cada densidade. As ninfas de quarto e quinto ínstars de *D. citri* foram transferidas para mudas de murta (*Murraya paniculata*) com brotações novas em tubetes. Uma fêmea acasalada de *T. radiata* foi condicionada em gaiolas por 24 horas. A resposta funcional de *T. radiata* mostra que o valor máximo de psilídeos mortos em decorrência da ação do parasitoide é em torno de 12 ninfas de *D. citri* e a resposta numérica de *T. radiata* mostra que o aumento da densidade de ninfas de *D. citri* durante o período de 24 horas não correspondeu de maneira direta ao tamanho da prole do parasitoide. O aumento do ataque do parasitoide é mais relacionado com o aumento da densidade de ninfas disponíveis. A presença de ninfas mortas sem emergência de parasitoides mostra que o uso das ninfas não se dá apenas para a reprodução (parasitismo). A mortalidade devida a outras causas, embora não analisada em detalhes neste estudo, pode ter ocorrido devido à predação, superparasitismo, inexperiência da fêmea ou sinovigenia.

Palavras-chave: Psilídeo dos citros, Controle biológico, Parasitoide

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	OBJETIVO.....	8
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3.1	Importância e bioecologia de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Liviidae).....	9
3.2	Controle do psilídeo <i>D. citri</i>	10
3.3	Tamarixia radiata (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae).....	10
3.4	Resposta funcional e numérica.....	13
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
6	CONCLUSÃO.....	25
7	REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

O huanglongbing (HLB) ou greening, causado por um grupo de bactérias *Candidatus Liberibacter* transmitidas no Brasil pelo psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Liviidae), é considerada a mais importante e destrutiva doença da citricultura mundial (GOTTWALD et al. 2007). Presente há várias décadas nos continentes asiático e africano, essa doença somente foi detectada no estado de São Paulo em 2004, quando *D. citri* adquiriu "status" de praga-chave dos citros, apesar de ser registrado no Brasil desde a década de 1940 (Parra et al. 2010).

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja (FAO, 2013), sendo que o estado de São Paulo, simultaneamente com a Flórida (EUA), domina a oferta mundial dessa commodity agrícola. Anualmente, o agronegócio citrícola exporta aproximadamente US\$ 1,5 bilhão, na forma de suco de laranja e gera mais de 400 mil empregos diretos e indiretos(BELASQUE et al, 2010). Pelos danos que causa e pela dificuldade do seu manejo, o HLB coloca em risco a citricultura, tanto no Brasil quanto na Flórida, EUA. Esse é o desafio vivido por muitos citricultores e indústrias de suco cítrico paulistas (BELASQUE et al, 2010).

Dentre os métodos de controle de *D. citri* está o controle biológico, no qual o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) é utilizado. Este parasitoide é considerado o principal inimigo natural do psilídeo por sua alta eficiência no parasitismo, capacidade de dispersão, estabelecimento e adaptação em campo (HODDLE; PANDEY, 2014). Casos de sucesso da utilização de *T. radiata* como inimigo natural de *D. citri* foram registrados nas Ilhas Reunião, e Guadalupe, Taiwan e EUA (GOMEZ-TORRES, 2009) e vem sendo também relatados no estado de São Paulo (PARRA et al, 2016). O parasitoide foi registrado no Brasil pela primeira vez em 2005 (GOMEZ-TORRES et al., 2006). Estudos mostram que as maiores taxas de parasitismo são obtidas na temperatura próxima de 25 °C; nessas condições, o parasitoide completa o seu ciclo em cerca de 15 dias e é nesta temperatura que ele apresenta a maior taxa reprodutiva (GOMEZ-TORRES et al., 2012).

O potencial de agentes para controle biológico pode ser avaliado de várias formas, dentre elas, a resposta funcional, que mede a taxa de parasitismo/predação em função da densidade do hospedeiro/presa, e a resposta numérica, usada para avaliar o aumento da população do parasitoide em função da densidade do hospedeiro. Ambas fornecem parâmetros comportamentais envolvidos no processo

de parasitismo/predação, permitindo realizar comparações e estimativas, que poderão indicar o potencial de sucesso do agente estudado (FARIA et al. 2000). Embora haja menos estudos sobre a resposta numérica, ela também pode ser usada para avaliar o potencial de uma espécie como agente de controle biológico (MAHMOUDI et al., 2010).

1. OBJETIVO

Avaliar as respostas funcional e numérica do parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre ninfas de quarto e quinto ínstaras de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Liviidae) com vistas à produção massal do parasitoide para o controle biológico de *D. citri* no Brasil.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Importância e bioecologia de *D. citri*

Originário da Ásia, *Diaphorina citri* Kuwayama (1907), foi considerado uma praga secundária de citros no Brasil desde a década de 1940 por causar danos diretos à cultura (HALBERT; MANJUNATH, 2004; MICHAUD, 2004). Tais danos são resultantes da injeção de toxinas durante a sucção de seiva pelas ninfas que levam a alterações no crescimento das partes atacadas, e em altas densidades, podem causar abscisão de folhas e mesmo de todo o ramo infectado (HOY; NGUYEN, 2001; PAIVA, 2009). O excesso de *honeydew* produzido pela fase jovem do inseto leva ao aparecimento da fumagina, que diminui o aproveitamento fotossintético das folhas e pode levar à dessecação das estruturas vegetais atacadas. Os adultos de *D. citri* podem se alimentar de folhas maduras, porém, assim como as ninfas, estão mais associadas às brotações de seu hospedeiro. (PARRA et al, 2010).

D. citri tornou-se a principal praga da cultura de citrus a partir de 2004 pela sua capacidade de transmitir as bactérias associadas ao HLB, *Ca. Liberibacter americanus*, *Ca. L. asiaticus* e *Ca. L. africanus*, além de fitoplasma, causadora do *greening*. Cerca de 5% das plantas cítricas do estado de São Paulo apresentam sintomas do *greening*. Avaliações qualitativas preliminares dos danos devido à doença mostraram reduções de 70% na produção de frutos em plantas com 4 a 6 anos de idade com mais de 60% da copa com sintomas de HLB (BASSANEZI et al. 2006). Essa doença leva as plantas à morte e se não forem tomadas medidas, o problema pode se alastrar e dizimar grandes pomares, como registrado em diversos países do mundo (PARRA et al, 2010).

O psilídeo *D. citri* apresenta como hospedeiros cerca de 21 espécies de plantas da família Rutaceae. Embora em algumas delas não ocorra desenvolvimento completo, uma das principais plantas hospedeiras é a espécie *Murraya paniculata* (L.) Jack, conhecida popularmente como murta-de-cheiro, utilizada como cerca viva ou ornamental no Brasil (PARRA et al, 2010).

Os ovos de psilídeo, de coloração amarela são depositados nas gemas recém brotadas das plantas e as ninfas desenvolvem-se de forma sincronizada com o crescimento dos ramos. Sendo assim, a disponibilidade de ramos novos é fundamental para ocorrência e aumento da população de *D. citri* (PARRA et al, 2010).

Segundo Diniz (2013) *D. citri* prefere as brotações de murta com comprimento médio de 1,0 e 2,6 cm para oviposição, com médias de 10,5 e 8,0 ovos, respectivamente em três dias. A preferência do psilídeo por essas brotações para oviposição pode ser justificada pela busca de locais onde os ovos possam estar mais protegidos de dessecação.

3.2. Controle do psilídeo *D. citri*

O controle de *D. citri* empregado no Brasil baseia-se na utilização de organofosforados, piretroides, carbamatos e neonicotinoides (NAKANO, LEITE; FLORIM, 1999). Atualmente, existe uma grande preocupação com relação à evolução da resistência de *D. citri* a inseticidas, principalmente aos produtos dos grupos dos neonicotinoides e piretroides amplamente utilizados para o controle de diversas pragas na citricultura brasileira. E de acordo com Ichinose et al. (2010), a aplicação em pomares em formação dos principais inseticidas recomendados foi efetiva no controle do psilídeo apenas no primeiro mês.

Dentre as alternativas de controle do vetor que podem ser utilizadas, além do controle químico, estão os parasitoides, predadores e patógenos. Embora os predadores possam ser importantes em outros países (Michaud, 2004), não têm mostrado serem eficientes no Brasil (Paiva, 2009), talvez devido ao uso constante e de forma indiscriminada de agroquímicos nas regiões citrícolas (PARRA et al, 2010).

Dentre os parasitoides, são relatadas duas importantes espécies associadas ao psilídeo dos citros, o ectoparasitoide idiobionte *T. radiata* e o endoparasitoide *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shaffe, Alam e Agarwala, 1975) (Hymenoptera: Encyrtidae) (HALBERT; MANJUNATH, 2004). *T. radiata* vem demonstrando ser mais eficiente para o controle de *D. citri* pelos registros de sucesso nas Ilhas Reunião em 1978 e em Guadalupe em 1999, com liberações de 4.600 e de 1000 adultos, em ambos os locais, respectivamente (ETIENNE et al. 2001).

3.3. *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)

T. radiata é um ectoparasitoide idiobionte nativo da Índia e específico de *D. citri*, (CHIEN, 1995). Os adultos são pequenos himenópteros de coloração escura medindo de 0,92 a 1,04 mm de comprimento, com asas hialinas e com venação amarelada; os machos são menores do que as fêmeas, tanto no comprimento quanto na

envergadura das asas, porém suas antenas são cerca de 1,5 vezes maiores do que as das fêmeas (ONAGBOLA et al, 2009).

As fêmeas do parasitoide colocam geralmente um, no máximo dois ovos na face ventral das ninfas do psilídeo (entre o terceiro par de pernas), porém somente uma larva se desenvolve; uma vez eclodida, a larva passa a se alimentar da hemolinfa do hospedeiro e, ao final desta fase, ela adere os restos da ninfa à planta para criar uma proteção para completar sua fase de pupa (HOY; NGUYEN, 2001).

À medida que o parasitoide se desenvolve, a ninfa do psilídeo se torna escura, e seca ao final do desenvolvimento, adquirindo aspecto “mumificado”, e em seguida o adulto de *T. radiata* perfura a região anterior da ninfa, criando uma abertura para emergir (seta vermelha, figura 1). Tais características facilitam a identificação das ninfas que foram parasitadas (ETIENNE et al, 2001), bem como, uma diferenciação daquelas ninfas atacadas por *D. aligarhensis*, uma vez que os adultos deste parasitoide emergem pela região posterior das mesmas (DINIZ, 2013).

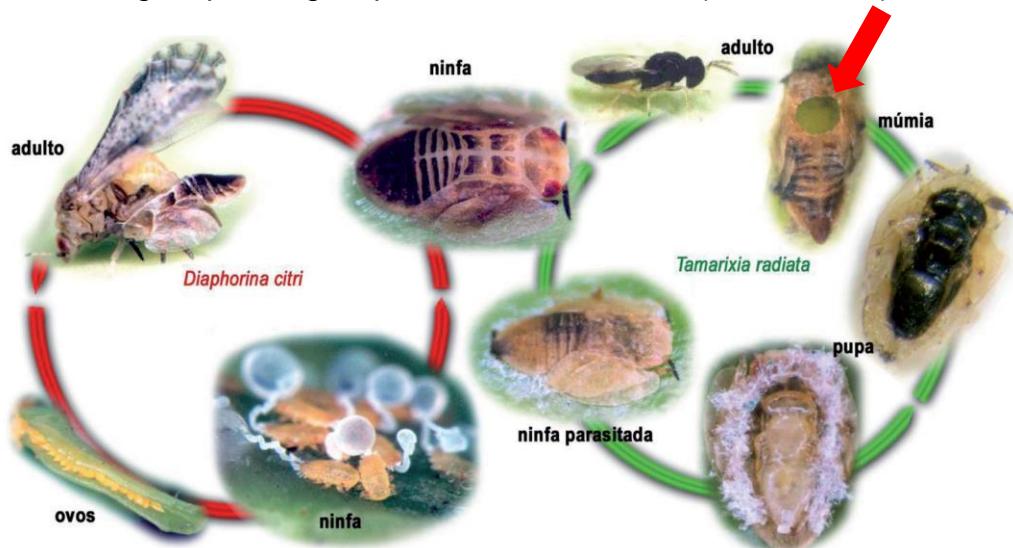


Figura 1. Ciclo biológico de *Diaphorina citri* e de *Tamarixia radiata* mostrando o orifício de saída (seta em vermelho) do parasitoide (PARRA et al, 2010).

T. radiata pode predar ovos e ninfas de 1º, 2º e 3º ínstars de *D. citri*, entretanto, o parasitismo ocorre preferencialmente em ninfas de 4º e 5º ínstars conforme registrado por Chu e Chien (1991), que obtiveram valores de parasitismo de 71,1 e 85,2% respectivamente, corroborados por Gomez-Torres (2009) a qual registrou parasitismo de 61,2 e 88,7% para estes mesmos ínstars.

Acredita-se que uma única fêmea do parasitoide possa, ao longo de sua vida, eliminar até 500 ninfas do psilídeo, devido à atuação conjunta de predação e

parasitismo (CHIEN; CHU, 1996). Segundo Hoy e Nguyen (2001), a predação das fases iniciais de *D. citri* representa uma importante fonte protéica para a maturação dos ovos do parasitoide.

O tempo médio de desenvolvimento biológico de *T. radiata* pode variar entre 17,33 a 7,60 dias numa faixa de temperatura de 15º a 35ºC para fêmeas; para os machos, o tempo pode ser de 15,33 a 6,63 dias nas mesmas temperaturas, sendo que nessas condições, a razão sexual não é afetada pela temperatura (GOMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012).

De acordo com Fauvergue e Quilici (1991) a longevidade média do parasitoide pode variar de 8 a 37 dias em uma faixa de temperatura de 37º a 20ºC, respectivamente, sendo que o tempo de vida de machos é ligeiramente menor do que aquele registrado para fêmeas. A longevidade pode ainda ser afetada pela suplementação alimentar de adultos. Quando alimentados com mel puro, ou solução aquosa de mel a 50%, *T. radiata* viveu 24 e 21 dias, respectivamente; por outro lado, quando fornecida somente água, a longevidade caiu para apenas 2,1 dias, em média.

A suplementação alimentar de *T. radiata* também afetou o seu parasitismo. Segundo Camargo; Gomez-Torres; Parra (2007) o fornecimento de mistura de mel e pólen, para fêmeas recém emergidas, promoveu um parasitismo três vezes maior do que quando não foi fornecido nenhum tipo de alimento.

Gomez-Torres; Nava; Parra (2012) registraram as maiores taxas de parasitismo (84,17 e 72,50%) nas temperaturas de 25º e 30ºC, respectivamente, e as maiores porcentagens de emergência, 86,49 e 88,41% nas mesmas condições. Ainda considerando a temperatura, os autores verificaram que a capacidade de parasitismo total de *T. radiata* variou de 20 até 167,42 ninfas parasitadas por fêmea, sendo o menor valor na temperatura de 15ºC e o maior na temperatura de 25ºC.

Uma vez que os resultados registrados se mostraram promissores, *T. radiata* passou a ser introduzido em outras regiões do mundo para programas de controle biológico clássico; Ilha Reunión (ETIENNE; AUBERT, 1980), Ilhas Maurício (QING, 1990), Taiwan (CHIU; AUBERT; CHIEN, 1988), Filipinas (GAVARRA; MERCADO; GONZALES, 1990), ilha Guadalupe (ETIENNE et al., 2001) e EUA (MICHAUD, 2004), México e Costa Rica (QURESHI, 2012).

Nos anos de 2005-2006 indivíduos de *T. radiata* foram encontrados nos municípios de Jaboticabal e Piracicaba, SP, (GÓMEZ-TORRES et al., 2006), o que facilitou o início dos estudos de seu uso em programas de controle biológico no Brasil. Gomez-Torres (2009) realizou liberações do parasitoide em três áreas comerciais de produção de laranja no Brasil, onde foram alcançadas porcentagens de parasitismo de até 72,75%, oito dias após a liberação do agente de controle, havendo, no entanto, uma redução para uma faixa de 4,17 a 10% de parasitismo 15 dias após a liberação. O não estabelecimento de *T. radiata* em algumas regiões após sua liberação pode ser atribuído à presença de hiperparasitoides. Em levantamento na província de Fujian, China, Yang et al. (2006) verificaram que em mais de 30% das amostras de ninfas parasitadas por *T. radiata* havia a presença de algum hiperparasitoide.

De acordo com Parra et al. (2010) a eficácia do parasitoide no Brasil também é comprometida pelo uso excessivo de inseticidas, sendo necessário o emprego de produtos seletivos para utilização de *T. radiata* como componente do manejo integrado de pragas. Avaliação realizada por Paiva e Parra (2012) em pomar comercial verificou um parasitismo natural de *T. radiata* de apenas 1,6%.

Hall e Nguyen (2010) avaliaram a toxicidade de 16 agroquímicos, dentre inseticidas e fungicidas, para *T. radiata*, e verificaram que 12 deles apresentaram alta ou moderada toxicidade para o parasitoide.

A utilização de *T. radiata* pode ser um componente adicional no Manejo Integrado de Pragas (MIP) em citros. Sua liberação pode ser eficaz em áreas orgânicas, pomares abandonados ou mesmo em áreas de grande ocupação pelo hospedeiro alternativo do psilídeo, *M. paniculata* e em fundos de quintal, visando incrementar a população do parasitoide no campo e o controle do psilídeo onde não é possível o uso do controle químico (PARRA et al, 2010) e que se constituem nos focos de infestação de áreas comerciais.

3.4 . Resposta funcional e numérica

As respostas funcional e numérica de um parasitoide, segundo Fernandez-Arherx e Corley (2005), podem determinar o potencial de uma espécie como agente de controle biológico. A resposta funcional é definida como a relação entre o número de presas ou hospedeiros atacados por um predador ou parasitoide em função da densidade da presa/hospedeiro (SOLOMON, 1949; HOLLING, 1959). A resposta

numérica é usada para avaliar o aumento da população do parasitoide em função da densidade do hospedeiro. Embora haja menos estudos sobre a resposta numérica, ela também pode ser usada para avaliar o potencial de uma espécie como agente de controle biológico (MAHMOUDI et al., 2010). Esses dados básicos sobre parasitoides são necessários para desenvolver modelos de interações parasitoide-hospedeiro e implementar programas de criação massal de parasitoides (ZANUNCIO, 2013).

Estudos sobre resposta funcional têm sido usados por biólogos e ecólogos evolucionistas, para esclarecer relações co-evolucionárias, e deduzir mecanismos básicos ligando as interações do ambiente predador-presa ou parasitoide-hospedeiro (HOUCK; STRAUSS, 1985). Dependendo do parasitoide, do hospedeiro e das condições climáticas, a taxa de parasitismo em relação à densidade de hospedeiros pode originar três tipos básicos de curvas de resposta funcional. A resposta tipo I traça uma relação linear entre a taxa de ataque e a densidade de presas (onde o declive é a procura de eficiência do predador) a qual estabiliza em um platô quando atinge a taxa máxima de ataque. O tipo II é uma curva assintótica que decresce constantemente com o aumento do número de presas devido ao tempo necessário para o predador manipular sua presa. A assíntota reflete a taxa máxima de ataque. Uma curva sigmoide é definida como uma resposta tipo III. Nesse caso, quando a densidade do hospedeiro aumenta, a resposta inicialmente acelera devido ao fato do parasitoide ou predador aumentar sua eficiência em encontrar hospedeiros ou presas (taxa de ataque aumenta ou o tempo de manipulação diminui). Ela então estabiliza devido a influência do tempo de manipulação aumentar ou pela saciedade (HOLLING, 1959; BERRYMAN, 1999; HASSELL, 2000; FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY 2003) (Figura 2).



Figura 2. Os três tipos de resposta funcional (HOLLING, 1959).

As consequências na população de cada tipo de resposta são diferentes. Enquanto o tipo I de resposta implica em uma densidade independente da taxa de ataque do predador/parasitoide, a resposta do tipo II leva a uma predação ou parasitismo inversamente dependente da densidade. Por sua vez, a resposta funcional do tipo III é a única resposta diretamente dependente da densidade, quando a densidade de presas/hospedeiro é baixa, e assim pode potencialmente estabilizar as interações predador-presa ou hospedeiro-parasitoide (HASSELL et al., 1977; HASSELL; COMINS, 1978; COLLINS et al., 1981; BERRYMAN 1999; BERNSTEIN, 2000; FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY, 2003).

Apesar de não haver dúvida da importância da resposta funcional para o processo de predação e parasitismo, permanece vaga a sua relevância para o sucesso de programas de controle biológico envolvendo parasitoides (BERRYMAN, 1999; BERNSTEIN, 2000; HASSELL, 2000). Holling (1959), propõe que as respostas do tipo II devem ser típicas de predadores invertebrados (incluindo parasitoides), enquanto as do tipo III são características de predadores vertebrados onde mudanças e aprendizados são mais comuns. Entretanto, trabalhos posteriores mostraram que parasitoides também podem apresentar curvas do tipo III (FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY, 2003).

A capacidade de parasitoides em localizar hospedeiros em baixa densidade se tornou um critério de seleção de candidatos para introduções em controle biológico clássico. Isso porque, teoricamente, parasitoides que exibem resposta tipo III

deveriam ser capazes de regular seus hospedeiros (FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY, 2003).

O tipo III de resposta funcional foi determinado somente para seis espécies das usadas em controle biológico, e dessas, quatro (*Aphidius uzbeckistanicus*, *Aphidius salicis*, *Aphidius Colemani* e *Ibalia leucospoides*) apresentaram êxito como agentes de controle biológico. Por sua vez, dos 25 casos usados em controle biológico com resposta funcional do tipo II, apenas quatro espécies apresentaram sucesso como agentes (FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY, 2003).

Sule et al (2014) na Malásia e Chen et al (2016) nos EUA obtiveram resposta funcional do tipo II em suas avaliações, onde houve queda na proporção de ninfas de *D. citri* parasitadas por *T. radiata* em relação ao aumento da densidade do hospedeiro.

Por fim, a resposta funcional por si só não pode ser referida por falhas ou bons resultados em programas de controle biológico. Falhas podem ser relacionadas a fatores operacionais como momento (“*timing*”) e taxas de liberação, quantidade e qualidade de parasitoides, e eventos climáticos. Além disso, o sucesso no controle de uma praga pode ter diferentes significados por estar relacionado com níveis de supressão necessários e dimensão do programa de controle (FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY, 2003). Porém, as respostas funcional e numérica são de suma importância para escolha do tipo de controle biológico a ser usado, melhoria de sua criação massal, adequação das taxas de liberação, entendimento do processo predação/parasitismo, etc. (HOLLING, 1959; FARIA et al. 2000; FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY, 2003; MAHMOUDI et al., 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Tanto as ninfas do psilídeo como os adultos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) utilizados foram provenientes das criações mantidas no Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP em Piracicaba.

Foram instalados bioensaios com 10 densidades (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50 ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Liviidae)) com 10 repetições para cada densidade. As ninfas de quarto e quinto ínstaques de *D. citri* foram transferidas, com pinças, para tubetes, contendo murta (*Murraya paniculata*) com brotações novas. Uma fêmea acasalada de *T. radiata* foi deixada em cada gaiola (Figura 3) por 24 horas. Estas foram mantidas em câmara climatizada com temperatura de 25°C, umidade relativa do ar de 70% e fotoperíodo de 14 horas de luz e 10 de escuro.



Figura 3. Gaiolas utilizadas para o ensaio de determinação da resposta funcional e numérica de *Tamarixia radiata*.

Após 10 dias da postura do parasitoide, foram contados o número de insetos emergidos e a razão sexual dos mesmos. Estes dados foram utilizados para elaboração das respostas funcional e numérica.

Entre os três tipos de resposta funcional consideradas por Holling (1959), a resposta do Tipo II é a mais comum entre parasitoides e predadores. Dessa forma, os

dados foram ajustados ás equações propostas por Holling (1959) e Rogers (1972) que descrevem Tipo II de resposta funcional.

A equação de parasitismo proposta por Holling (1959) é dada pela equação:

$$N_a = \frac{aH_0PT}{(1+aT_hH_0)},$$

onde: N_a representa o número de ninfas mortas após o período total de exposição T ($T = 24\text{h}$); H_0 , densidade de ninfas disponíveis; P_t é a densidade de parasitoide ($P = 1$), T_h é o tempo que o parasitoide gasta na manipulação dos hospedeiros e a taxa de ataque do parasitoide é dada por a . O modelo proposto por Holling (1959) assume que as taxas de ataque do parasitoide são instantâneas, ou seja, as densidades de hospedeiro sadios (ainda não atacados) não se alteram com o decorrer do ataque do parasitoide.

Diferentemente da resposta funcional de tipo II de Holling (1959), a equação de Rogers (1972) permite a queda do tempo de manuseio e da quantidade de hospedeiros ao longo do tempo (BOLKER, 2012). Dessa forma, a resposta funcional é modificada para:

$$N_a = \frac{aT_hH_0 \exp(-a(PT - T_hH_0))}{aT_h}$$

A equações foram integradas numericamente utilizando o método de derivação de Lambert através do pacote “emdbook” e “bbmle” do software estatístico R para se obter os valores dos parâmetros taxa de ataque (a) e tempo de manuseio (T_h) (BOLKER, 2012).

A resposta numérica de fêmeas de *T. radiata* emergentes em cada densidade de ninfas de *D. citri* oferecidas foi analisada através do ajuste de modelo quasibinomial, considerando os efeitos da variação das densidades de ninfas oferecidas sobre o tamanho da prole (porcentagem de ninfas com emergência de parasitoides). O efeito das densidades de ninfas oferecidas sobre a razão sexual (proporção de machos e fêmeas) da prole de *T. radiata* foi analisado através de regressão logística.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de ninfas mortas por *Tamarixia radiata* variou conforme mostrado na Figura 4. Na densidade controle, em que não havia a presença de *T. radiata* foi observado baixa mortalidade de ninfas (1%). O crescente número de ninfas mortas encontrado nos experimentos indica que a causa da mortalidade de ninfas ocorreu devido à presença do parasitoide. Entretanto, foi observado que a mortalidade de *Diaphorina citri* se deu não somente devido ao parasitismo, mas também devido a outras causas não analisadas em detalhe neste estudo, como por exemplo a predação.

As taxas de ataque e tempo de manuseio dados pelo ajuste dos modelos de Holling (1959) e Roger (1972) são mostrados na Tabela 1. O modelo que apresentou melhor ajuste aos dados foi o modelo de resposta funcional Tipo II de Holling (1959).

Tabela 1. Resultados obtidos considerando a soma das ninfas de *Diaphorina citri* parasitadas por *Tamarixia radiata* e mortas por outras causas.

Modelo	Taxa de ataque a (h^{-1})	Tempo de manuseio Th (h)	AIC (peso)
Roger (1972)	0.039	0.068	0.49
Holling (1959)	0.025	0.045	0.51*

* O modelo de Holling apresentou melhor ajuste de acordo com a análise de AIC.

A Figura 4 mostra o ajuste dos modelos aos dados. Nesta Figura observou-se que o ajuste da resposta funcional aos dados não mostrou saturação dentro das densidades estudadas. Dessa forma, utilizando os valores de parâmetros da Tabela 1, uma curva ajustada através do modelo de Holling (1959) (melhor ajuste encontrado) para um maior número de densidades de ninfas de *D. citri* foi traçada (Figura 5). Nesta figura pode-se encontrar que a saturação de ataque do parasitoide ocorre por volta de 12,45 ninfas (Figura 5). Estes resultados mostram que cada fêmea do parasitoide pode atacar em torno de 12 ninfas do psilídeo diariamente (relação de 10:1). Esse valor encontrado é próximo ao valor que se tem utilizado nas criações massais de *T. radiata* (10:1) (PARRA et al. 2016).

A variação na densidade de ninfas de *D. citri* teve efeito significativo sobre o tamanho da prole de *T. radiata* ($t=-4.162$, $p<0.001$). Entretanto, observou-se que o aumento da densidade durante o período de 24 horas não correspondeu de maneira direta ao aumento do parasitismo e consequentemente do tamanho da prole (Figura

6). Pode-se concluir, ao observar os resultados para as respostas funcional e numérica, que nas maiores densidades de ninfas, a mortalidade de ninfas de *D. citri* foi maior devido a outras causas além do parasitismo, e uma delas pode ser a predação. O aumento da população de *T. radiata* não está positivamente correlacionado com o aumento da disponibilidade de seus hospedeiros.

A razão sexual, a qual foi calculada dividindo o número de fêmeas emergidas pela soma do número de fêmeas e machos emergidos, não foi afetada pelo aumento no número de ninfas de *D. citri* oferecidas para *T. radiata* (Figura 7). De maneira geral, o número de fêmeas foi sempre maior do que o número de machos emergentes na prole, nas densidades de *D. citri* oferecidas.

A baixa taxa de parasitismo e alta mortalidade das ninfas ao longo das densidades, mostra que *T. radiata* poderia ser usado para o programa de controle biológico do tipo inundativo, por ser capaz de aumentar suas taxas de ataque em resposta ao aumento das densidades de *D. citri*, controlando as populações do psilídeo.

A baixa taxa de parasitismo, porém acompanhada de uma crescente taxa de mortalidade das ninfas (Figura 6), poderia ser explicada por uma possível inexperiência do parasitoide, preferência pela predação, ou sinovigenia, caso em que poucos ovos estão maduros na emergência, havendo um amadurecimento gradual. Nesse último caso, os adultos necessitam de proteínas em sua dieta, muitas vezes, obtida em uma ação predatória, matando o hospedeiro pela introdução do ovopositor para se alimentar da hemolinfa exudada (PARRA et al, 2002). *T. radiata* apresentar sinovigenia seria uma explicação para maior mortalidade de ninfas do psilídeo por possível predação comparada ao parasitismo.

A falta de experiência e aprendizado do parasitoide possivelmente ainda não adquiridos nas 24 horas em que as fêmeas ficaram em contato com as ninfas de *D. citri* pode ter resultado em maior tempo para reconhecimento e parasitismo do hospedeiro, ou erros nesse processo, levando a alta mortalidade do hospedeiro (PARRA et al.1997). Neste caso, estas características poderiam ser adquiridas após o período observado neste experimento, resultando em uma possível maior taxa de parasitismo.

A alta mortalidade das ninfas também pode ser explicada pelo fato de *T. radiata* possuir uma possível preferência pela predação das ninfas de *D. citri* em relação ao

parasitismo, pois tal predação segundo Gomez-Torrez (2009) chega a ser de 20% do parasitismo total.

Outro fator que poderia estar envolvido, embora presente somente uma fêmea do parasitoide por recipiente do bioensaio, é a ocorrência de superparasitismo. O parasitoide colocando mais de um ovo por ninfa levaria à competição das larvas após eclosão, e consequentemente a diminuição do número de emergências. O superparasitismo pode ser outra causa do baixo tamanho da prole encontrada. A maior média do número de *T. radiata* que emergiram comparada ao de ninfas parasitadas na densidade de 25 ninfas de *D. citri* também pode ser um indício da ocorrência de superparasitismo durante o experimento.

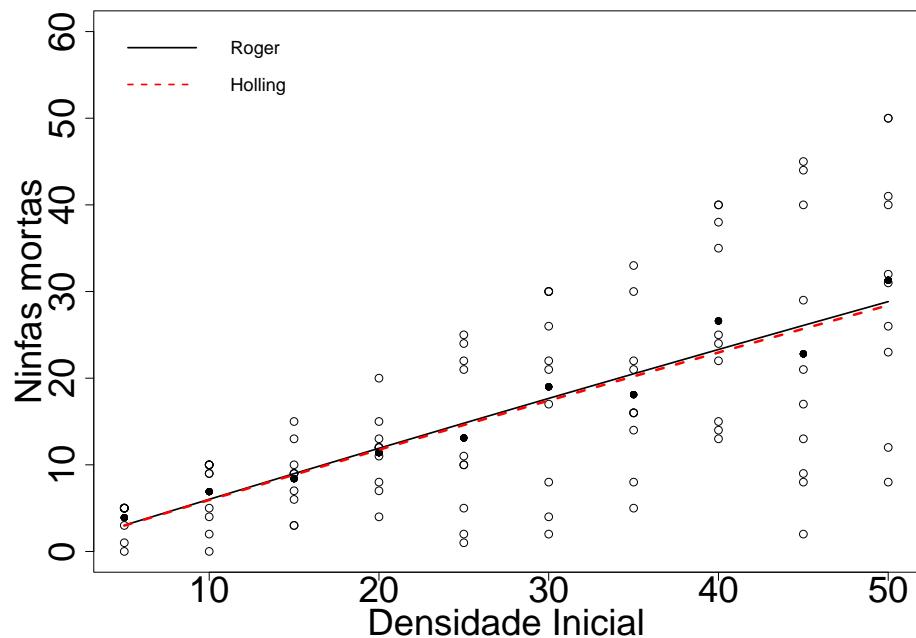


Figura 4. Resposta Funcional de *Tamarixia radiata* em diferentes densidades de *D. citri* pelos dois modelos. Pontos cheios representam a média de ninfas mortas (parasitadas + outras causas) em cada densidade e pontos vazios o número de ninfas mortas em cada densidade.

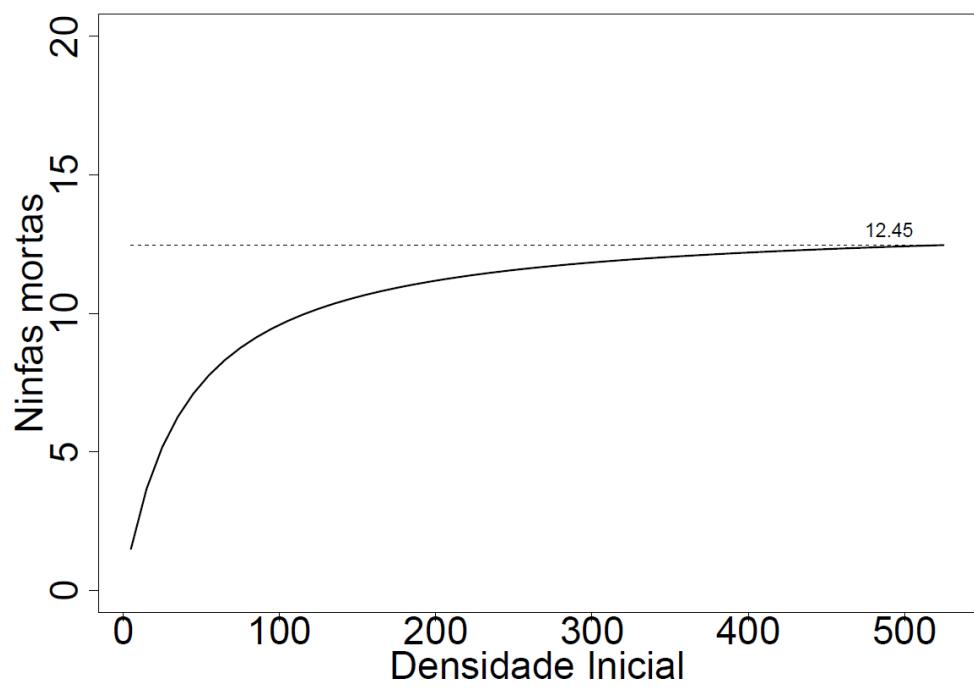


Figura 5. Previsão de ninfas mortas de *D. citri* para maiores densidades confinadas com *T. radiata*.

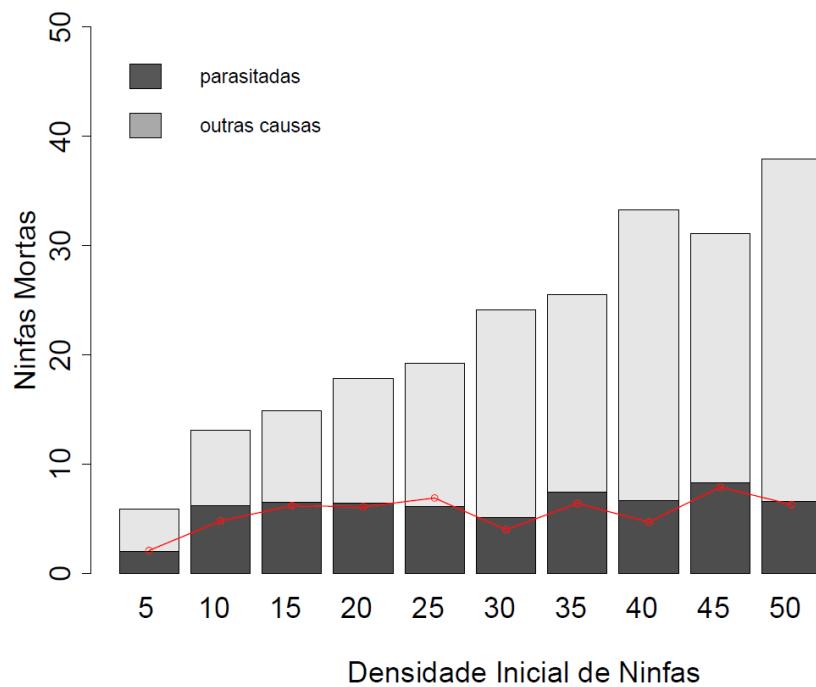


Figura 6. Número médio de ninfas de *Diaphorina citri* parasitadas por *Tamarixia radiata* e ninfas mortas por outras causas. Os pontos vermelhos indicam o tamanho da prole gerada em cada densidade de ninfas parasitadas (resposta numérica).

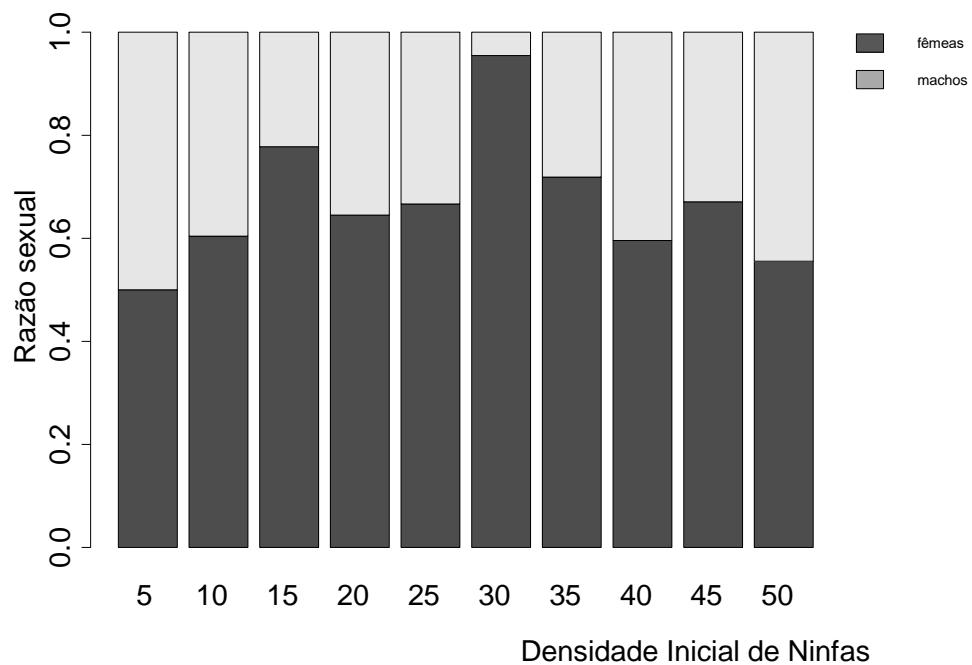


Figura 7. Razão sexual da prole de fêmeas de *T. radiata* em diferentes densidades de ninfas de *D. citri* oferecidas durante 24 h para parasitismo.

6. CONCLUSÕES

A resposta funcional de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) mostra que o valor máximo de psilídeos mortos em decorrência da ação do parasitoide é em torno de 12 ninfas de quarto e quinto instares de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907.

A resposta numérica de *T. radiata* mostra que o aumento da densidade de ninfas de *D. citri* durante o período de 24 horas não correspondeu de maneira direta ao tamanho da prole do parasitoide.

O aumento do ataque do parasitoide é mais relacionado com o aumento da densidade de ninfas disponíveis. A presença de ninfas mortas sem emergência de parasitoides mostra que o uso das ninfas não se dá apenas para a reprodução (parasitismo). A mortalidade devido a outras causas, embora não analisada em detalhes neste estudo, pode ter ocorrido devido à predação, superparasitismo, inexperiência da fêmea ou sinovigenia.

7. REFERÊNCIAS

- BASSANEZI, R.B.; MONTESINO, L.H.; BUSATO, L.A.; STUCHI, E.S. **Damages caused by Huanglongbing on sweet orange yield and quality in São Paulo.** Proceedings of the Huanglongbing – Greening International Workshop. Araraquara, SP: Fundecitrus. Resumo S17. 2006.
- BELASQUE JR., J.; YAMAMOTO, P.T.; MIRANDA, M.P.; BASSANEZI, R.B.; AYRES, A.J.; BOVÉ, J.M. **Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil.** Disponível em: <http://revistalaranja.centrodeciticultura.br/edicoes/14/25/v31_1_05.pdf> Acesso em: 23 nov. 2015.
- BERNSTEIN, C. Host-parasitoid models: the story of successful failure, in Population Biology of Host-Parasitoid Interactions (HOCHBERG, M.; IVES, A., Eds.). **Princeton University Press**, Princeton, NJ, pp.41-57.gy 46, 249-262. 2000.
- BERRYMAN, A.A. The theoretical foundations of biological control, in Theoretical Approaches to Biological Control. **Cambridge University Press**, Cambridge, pp. 3 - 21. 1999.
- BOLKER, B. **Rogers random predator equation:** extensions and estimation by numerical integration. McMaster, University, Ontario, Canada. 2012. 20p.
- CAMARGO, N.C.; GOMEZ-TORRES, M.L.; PARRA, J.R.P. Efeito da disponibilidade de alimento no parasitismo de *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). In: **Simpósio Internacional Deiniciação Científica Da Universidade De São Paulo**, 2007. Pirassununga, Resumos...São Paulo: USP, 2007.
- CHEN, X.; WONG, S.W.K.; STANSLY, P.A. Functional response of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) to densities of its host, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psylloidea). Ecology and Population Biology. **Annals of the Entomological Society of America**, 2016, 1-6.
- CHIEN, C.C. The role of parasitoids in the pest management of citrus psyllid. In: SYMPOSIUM: RESEARCH AND DEVELOPMENT OF CITRUS IN TAIWAN, 1995,Taichung. **Proceedings...** Taichung, 1995.p. 245-261.
- CHIEN, C.C.; CHU, Y.I. Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan. Biological Control Pest Control in Systems of Integrated Pest Management. **Food and Fertilizer Technology Center**, Taipei, n. 47, 21p. 1996.
- CHIU, S.C.; AUBERT, B.; CHIEN, C.C. Attempts to Establish *Tetrastichus radiates* Waterston (Hymenoptera, Chalcidoidea), A Primary Parasite of *Diaphorina citri* Kuwayama in Taiwan. In: Conference Of The Internationalorganization Of Citrus Virologists,10., 1988. Riverside. **Proceedings...**Riverside: University of California, p. 265-268.1988.

CHU, Y.I.; CHIEN, C.C. Utilization of natural enemies to control of psyllid vectors transmitting citrus greening. In: KIRITANI, K.; SU, H.J.; CHU, Y.I. (Ed.). Integrated Control of Plant Virus Disease. **Taipei: Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region**, p.135-145.1991.

COLLINS, M.D.; WARD, S.A.; DIXON, A.F.G. Handling time and the functional response of *Aphelinus thomsoni*, a predator and parasite of the aphid *Drepanosiphumplatanoidis*. **Journal of Animal Ecology**. 50,479-487. 1981.

DINIZ, A.J.F. **Otimização da criação de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) e de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), visando a produção em larga escala do parasitoide e avaliação do seu estabelecimento em campo.** Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. 128p.

ETIENNE, J.; AUBERT, B. Biological control of psyllid vectors of greening disease on Reunion Island. In: **8TH CONFERENCE OF THE IOCV, 1980. Proceedings...** Riverside: University of California, p. 118-121.-315.1980.

ETIENNE, J.; QUILICI, S.; MARIVAL, D.; FRANCK, A. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Fruits** 56: 307. 2001. FAN, Y.; PETITT, F.L. Parameter estimation of the functional response. **Environ. Entomol.** 23: 785-794. 1994.

FAUVERGUE, X.; QUILICI, S. Etude de certains paramètres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoïde primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) vecteur asiatique du greening des agrumes. **Fruits**, Paris, v. 46, n. 2, p. 179-185, 1991.

FAO. FAOSTAT (2013). **Orange Production**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org>> Acesso em: 3 Dez. 2015.

FARIA, C.A.; TORRES, J.B.; FARIAS, A.M.I. Resposta funcional de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): efeito da idade do hospedeiro. **An. Soc. Entomol. Bras.** vol.29 no.1 Londrina Mar. 2000.

FERNÁNDEZ-ARHEX, V.; CORLEY, J.C. The Functional Response of Parasitoids and its Implications for Biological Control. **Biocontrol Science and Technology**, 13:4, 403-413. 2003.

FERNANDEZ-ARHEX, V.; CORLEY, J.C. The functional response of *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibaliiidae), a parasitoid of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 15, n. 2, p. 207-212, 2005.

GAVARRA, M.R.; MERCADO, B.G.; GONZALES, C.I. Progress Report: *D. citri* Trapping, identification of parasite and possible field establishment of the imported parasite, *Tamarixia radiata* in the Philippines. In: **INTERNATIONAL ASIA PACIFIC CONFERENCE ON CITRUS REHABILITATION**, 1990, Chiang Mai. **Proceedings of the 4th...** Chiang Mai: FAO-UNDP, p. 246-250.1990.

GOMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; GRAVENA, S.; COSTA, V.A.; PARRA, J.R.P. Registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em São Paulo. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, v. 81, p. 112-117, 2006.

GOMEZ-TORRES, M.L. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae).** Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009, 138p.

GOMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; PARRA, J.R.P. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at Different Temperatures. **Journal of Economic Entomology**, 105(2):338-343, 2012.

GOTZWALD, T.R.; DA GRAÇA, J.V.; BASSANEZI, R.B. Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. **Plant Health Progress**. Set 2007.

HALBERT, S.E.; MANJUNATH, K.L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist** 87:330-353. 2004.

HALL, D.G.; NGUYEN, R. Toxicity of pesticides to *Tamarixia radiata*, a parasitoid of the Asian citrus psyllid. **BioControl**, Dordrecht, v. 55, n. 5, p. 601-611, 2010.

HASSELL, M.P.; LAWTON, J.H.; BEDDINGTON, J.R. Sigmoid functional Responses by invertebrate predators and parasitoids. **Journal of Animal Ecology**. 1977.

HASSELL, M.P. **The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems.** Monographs in Population Biology. Princeton University Press, Princeton, NJ. 1978.

HASSELL, M.P.; COMINS, H.N. Sigmoid responses and population stability. **Theoretical Population Biology** 14, 62-66. 1978.

HASSELL, M.P. The Spatial and Temporal Dynamics of Host-Parasitoid Interactions. **Oxford Series in Ecology and Evolution**. Oxford University Press, London. 2000.

HODDLE, M.S.; PANDEY, R. Host range testing of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) sourced from the Punjab of Pakistan for classical biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae: Euphyllurinae: Diaphorinini) in California. **J. Econ. Entomol.** 107(1): 125-136. 2014.

HOLLING, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **Can. Entomol.** 91: 385-398. 1959.

HOLLING, C.S. Principles of insect predation. **Annual Review of Entomology**, Palo alto, v. 6, p. 163-182, 1961.

HOUCK, M.A.; STRAUSS, R.E. The comparative study of functional responses: experimental design and statistical interpretation. **The Canadian Entomologist** 117, 617-629.1985.

HOY, M.A.; NGUYEN, R. Classical biological control of Asian citrus psylla. **Citrus Industry** 81: 48-50. 2001.

ICHINOSE, K.; MIYAZI, K.; MATSUHIRA, K.; YASUDA, K.; SADOYAMA, Y.; TUAN D.H.; DOAN, V.B. Unreliable pesticide control of the vector psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) for the reduction of microorganism disease transmission. **Journal of Environmental Science and Health. Part. B**, Philadelphia, v. 45, n. 5, p.466-472, 2010.

MAHMOUDI, M.; SAHRAGARD, A.; SENDI, J.J. Foraging efficiency of *Lysiphlebus fabarum* Marshall (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitizing the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae), under laboratory conditions. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 13, n. 2, p. 111-116, 2010.

MICHAUD, J.P. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. **Biological Control** 29: 260-269. 2004.

NAKANO, O.; LEITE, C.A.; FLORIM, A.C.P. Controle químico do psilídeo dos citros, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psylidae). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 20, p. 319-328. 1999.

ONAGBOLA, E.O.; BOINA, D.R.; HERMANN, S.L.; STELINSKI, L.L. Antennal sensilla of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Annals of Entomological Society of America**, Lanham, v. 102, p. 523-531, 2009.

PAIVA, P.E.B. **Distribuição espacial e temporal, inimigos naturais e tabela de vida ecológica de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros em São Paulo.** Tese de doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 64p. 2009.

PAIVA, P.E.B.; PARRA, J.R.P. Life table analysis of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) infesting sweet orange (*Citrus sinnensis*) in São Paulo. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 95, n. 2, p. 278-284, 2012.

PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. ***Trichogramma* e o controle biológico aplicado.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 324p.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; FERREIRA, B.S.C.; BENTO, J.M.S. **Controle biológico no Brasil:** parasitoides e predadores. Manole, 2002. 609p.

PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; TORRES, M.L.G.; NAVA, D.E.; PAIVA, P.E.B. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. **Citrus Research Technology**, v.31, n.1, p.37-51. Cordeirópolis, 2010.

PARRA, J.R.P.; ALVES, G.R.; DINIZ, A.J.F.; VIEIRA, J.M. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) x *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): Mass rearing and potencial use of the parasitoid in Brazil. **Journal of Integrated Pest Management**. Piracicaba, 2016.

QURESHI, J. *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae), an ectoparasitoid of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Disponível em: <<http://www.biocontrol.entomology.cornell.edu/parasitoids/Tamarixia.html>>. Acesso em 18 ago. 2012.

QING, T.Y. On the parasite complex of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Asian-Pacific and other areas. In: INTERNATIONAL ASIA PACIFIC CONFERENCE ON CITRUS REHABILITATION, 1990, Chiang Mai. Proceedings. Chiang Mai: Fao-Undp, p. 240-244.1990.

ROGERS, D.J. Random search and insect population models. *J. Anim. Ecol.* 41: 369-383. 1972.

ROYAMA, T. A comparative study of models for predation and parasitism. *Res. Pop. Ecol.* 1: 1-91.1971.

SOLOMON, J.E. The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology* 18, 1_35. 1949.

SULE, H.; MUHAMAD, R.; OMAR, D.; HEE, A.K. Parasitism rate, host stage preference and functional response of *Tamarixia radiata* on *Diaphorina citri*. *International Journal of Agriculture and Biology*. Malaysia, 2014.

YANG, Y.; HUANG, M.; BEATTIE, G.A.C.; XIA, Y.; OUYANG, G.; XIONG, J. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. *International Journal of Pest Management*, Oxfordshire, v. 52, n. 4, p. 343-352, 2006.

ZANUNCIO, J.C. Respostas funcional e numérica e reprodução de *Campoletis flavicincta* parasitando lagartas de *Spodoptera frugiperda*. *Acta Sci., Agron.* v.35, n.4, pp.419-426, 2013.