



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**JACKSON DE LIMA ARAÚJO**

**MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS DE *Neoseiulus californicus* McGregor E  
*Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma DOIS IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS  
DE *Tetranychus urticae* Koch**

**FORTALEZA**

**2019**

JACKSON DE LIMA ARAÚJO

MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS DE *Neoseiulus californicus* McGregor E  
*Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma DOIS IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS DE  
*Tetranychus urticae* Koch

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Acarologia agrícola.

Orientador: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A689m Araújo, Jackson de Lima.

Modelagem de nicho ecológico de *Neoseiulus californicus mcgregor* e *Neoseiulus idaeus denmark* & muma dois importantes inimigos naturais de *Tetranychus urticae koch* / Jackson de Lima Araújo. – 2019. 52 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo.

1. Ácaros predadores. 2. Ácaro rajado. 3. Controle biológico. 4. Predição geográfica. I. Título.

CDD 630

---

JACKSON DE LIMA ARAÚJO

MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS DE *Neoseiulus californicus* McGregor E  
*Neoseiulus idaeus* Denmark & MUMA DOIS IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS DE  
*Tetranychus urticae* Koch

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Acarologia agrícola.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Marcos Roberto Bellini  
Universidade de São Paulo (USP)

---

Dr<sup>a</sup>. Vaneska Barbosa Monteiro  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Aos meus queridos pais, Roboão Perote e  
Maria Dominga.

## **AGRADECIMENTOS**

A Cristo, pela vida, saúde, e por me proporcionar forças para prosseguir na esperança de um amanhã melhor.

Aos meus queridos pais, Roboão Perote de Araújo e Maria Dominga de Lima Araújo, pelo amor incondicional, paciência, apoio nos momentos difíceis, pela dedicação e incentivo.

A Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de estar cursando mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia e realizar esse trabalho.

Ao Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo, pela oportunidade, orientação, acessibilidade, apoio, incentivo, pelo exemplo de pessoa e de profissional, por acreditar em meu potencial.

Ao Doutor Marcos Roberto Bellini, pela atenção e pelas ricas e valiosas sugestões na correção desse trabalho.

A Doutora Vaneska Barbosa Monteiro, pela atenção, simpatia e valiosas sugestões na correção desse trabalho.

A Doutora Debora Barbosa de Lima, pelas valiosas sugestões tanto na escrita como na apresentação desse trabalho, pelas palavras de incentivo e motivação.

A todos os integrantes do Laboratório de Manejo de Ácaros e Insetos (LAMAI), pelo crescimento mútuo, amizade e convívio.

## RESUMO

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são os principais agentes de controle biológico de ácaros pragas no mundo, em especial os do gênero *Neoseiulus*, com destaque para as espécies *Neoseiulus californicus* McGregor e *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma. Dentre os alvos destes inimigos naturais está o ácaro *Tetranychus urticae* Koch. Um dos fatores relacionados ao insucesso do uso de inimigos naturais em programas de controle biológico é a não compatibilidade do agente de controle com as condições climáticas do local de liberação. Com base nas exigências climáticas de *N. californicus* e *N. idaeus*, objetivou-se realizar uma predição de áreas geográficas com potencial de estabelecimento para ambas as espécies de predadores, permitindo inferir qual das espécies é mais indicada para ser utilizada em um programa de controle biológico de pragas de uma determinada localidade. Os locais de ocorrência e as variáveis ambientais foram obtidos em informações espaciais pré-existentes em bancos de dados online e os modelos gerados com o software MAXENT. Os resultados do presente estudo demonstram que: (i) *N. californicus* e *N. idaeus* são capazes de se estabelecer em locais distintos nos diferentes continentes; (ii) a probabilidade de estabelecimento de *N. californicus* foi limitada especialmente por condições de temperaturas elevadas, enquanto que para *N. idaeus* as limitações aconteceram para condições de variação anual de temperaturas. Tais resultados podem auxiliar no momento da escolha, em uma determinada área, pelo uso de um desses predadores como agentes de controle biológico.

**Palavras-chave:** Ácaros predadores. Ácaro rajado. Controle biológico. Predição geográfica.

## ABSTRAT

Predator mites of the Phytoseiidae family are the main agents of biological control of pest mites in the world, especially those of the genus *Neoseiulus* and particularly the species *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus idaeus*. Among the targets of these natural enemies is the mite *Tetranychus urticae*. One of the factors related to unsuccessful use of natural enemies in biological control programs is the non-compatibility of the control agent with the climatic conditions of the site of release. Based on the climatic requirements of *N. californicus* and *N. idaeus*, this study aimed to predict geographical areas with potential for the establishment of both species of predator, to allow inferring which of them is indicated to be used in a program of biological control of pests of a certain locality. Sites of occurrence and environmental variables were obtained from pre-existing spatial information found in online databases and the models were generated with MAXENT software. The results of the present study demonstrate that: (i) *N. californicus* and *N. idaeus* are able to establish in distinct sites in the different continents; (ii) the probability of establishment for *N. californicus* was especially limited by conditions of high temperatures, whereas for *N. idaeus* the limitations were conditions of annual variation of temperatures. These results may help choosing one of these predators as biological control agent in a certain area.

**Keywords:** Predator mites. Red spider mite. Biological control. Geographic prediction.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relatos de ocorrência de <i>N. californicus</i> e <i>N. idaeus</i> no mundo.....	30
Figura 2 - Medida de desempenho da área (AUC) sob a curva ROC para <i>N. californicus</i> ..	33
Figura 3 - Medida de desempenho da área (AUC) sob a curva ROC para <i>N. idaeus</i> .....	33
Figura 4 - Teste de Jackknife das contribuições das variáveis ambientais nos modelos.....	35
Figura 5 - Resposta de <i>N. californicus</i> as variáveis ambientais.....	36
Figura 6 - Resposta de <i>N. idaeus</i> as variáveis ambientais.....	36
Figura 7 - Distribuição potencial de <i>N. californicus</i> no mundo, conforme modelo no Maxent.....	38
Figura 8 - Distribuição potencial de <i>N. idaeus</i> no mundo, conforme modelo no Maxent...	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos ácaros fitoseídeos.....	17
Quadro 2 - Ácaros predadores Phytoseiidae mundialmente comercializados.....	20
Quadro 3 - Ocorrência natural ou introduzida de <i>Neoseiulus californicus</i> no mundo.....	22
Quadro 4 - Tempo de desenvolvimento de <i>N. californicus</i> a cinco temperaturas constantes.....	23
Quadro 5 - Ocorrência natural ou introduzida de <i>Neoseiulus idaeus</i> no mundo.....	25
Quadro 6 - Variáveis ambientais utilizadas nas modelagens.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matrix de correlações das 19 variáveis ambientais usando o coeficiente de correlação de Pearson.....	34
Tabela 2 - Contribuições de variáveis ambientais na formação dos modelos no Maxent.....	34

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Ácaros como agentes de controle biológico.....	15
2.2	Ácaros Phytoseiidae.....	16
2.3	Principais espécies de ácaros predadores comercializados no mundo.....	19
2.4	<i>Neoseiulus californicus</i> .....	22
2.5	<i>Neoseiulus idaeus</i> .....	25
2.6	Limitações climáticas quanto ao uso de ácaros predadores.....	26
2.7	Predição de nicho ecológico por modelagem.....	28
3	MATERIAL E MÉTODO.....	30
3.1	Aquisições dos locais de ocorrência de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Neoseiulus idaeus</i> .....	30
3.2	Aquisições das variáveis ambientais.....	31
3.3	Modelagem utilizada.....	32
4	RESULTADO.....	33
5	DISCUSSÃO.....	40
6	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS.....	45

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de ácaros predadores em programas de controle biológico constitui uma das principais formas de regulação de populações de ácaros-praga em vários cultivos e regiões (VAN LENTEREN, 2012; KNAPP *et al.*, 2018). Um dos principais alvos destes inimigos naturais é o ácaro *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (WALZER, *et al.*, 2007). *Tetranychus urticae* é uma espécie polífaga de ampla distribuição mundial (MORAES; FLECHTMANN, 2008; VASSILIOU; KITSIS, 2013) que possui elevado potencial biótico, ciclo curto e capacidade de desenvolver resistência aos produtos fitossanitários (SATO *et al.*, 2009; VAN LEEUWEN *et al.*, 2010; VASSILIOU; KITSIS, 2013). Em ataques severos podem ocasionar desfolha, perdas de produção e de qualidade dos frutos (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Os principais inimigos naturais de *T. urticae* são os ácaros da família Phytoseiidae (MCMURTRY *et al.*, 2015).

Ácaros fitoseídeos apresentam elevada capacidade de predação, movimentos rápidos, diferentes hábitos alimentares e um rápido crescimento populacional, que permitem uma supressão eficiente da praga (SABELIS, 1985). Além disso, possuem a capacidade de se estabelecer no agroecossistema proporcionando um controle sustentável e de longo prazo (YANINEK *et al.*, 1991). Dentre os fitoseídeos se destacam os ácaros do gênero *Neoseiulus*, em especial, as espécies *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) (POLETTI, 2007; UDDIN *et al.*, 2017; SOUZA-PIMENTEL *et al.*, 2017) e *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) (MORAES *et al.*, 1994; MEGEVAND; TANIGOSHI, 1995; CÉDOLA; BOTTO, 1999; COLLIER *et al.*, 2007; COLLIER; LIMA, 2011; REICHERT *et al.*, 2016; REICHERT *et al.*, 2017). Esses predadores apresentam frequente associação com ácaros da família Tetranychidae em campo (MORAES *et al.*, 1990; HART *et al.*, 2002; COLLIER; LIMA; ALBUQUERQUE, 2004; DOMINGOS *et al.*, 2014), capacidade de permanência em baixas densidades populacionais (MONTEIRO, 2002; DOMINGOS *et al.*, 2014) além de ter um bom desenvolvimento e reprodução quando alimentados única e exclusivamente com *T. urticae* (FRIESE; GILSTRAP, 1982; VAN DINH *et al.*, 1988; CASTAGNOLI; SIMONI, 1999; CÉDOLA; BOTTO, 1999; REICHERT *et al.*, 2016).

*Neoseiulus californicus* é uma espécie de ocorrência natural em regiões de clima temperado (Mediterrâneo) (MCGREGOR, 1954; MCMURTRY, 1977), de verões quentes cujas temperaturas podem chegar aos 30°C, umidade relativa anual elevada, sendo que o inverno e outono são chuvosos e de baixas temperaturas. Devido a essas características, *N. californicus* tem sido utilizado como agente de controle biológico em cultivos protegidos e/ou

regiões com condições climáticas semelhantes aos locais onde ocorrem naturalmente (MARAFELI *et al.*, 2014). *Neoseiulus californicus* tem sido efetivo no controle de diferentes pragas, como por exemplo: *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) em cultivos de pera e maçã (RAWORTH; FAUVEL; AUGER, 1994; MONTEIRO, 2002) e em especial *T. urticae* em cultivos de morangos (*Fragaria* spp., Rosaceae) (RHODES; LIBURD, 2005). Sua aplicação tem sido realizada de forma individual ou associada com *Phytoseiulus macropilis* Banks (Acari: Phytoseiidae) no controle de *T. urticae*.

*Neoseiulus idaeus* se destaca por sua abundância e frequência em alguns países Sul-americanos, geralmente associados com as flutuações populacionais de ácaros tetraniquídeos (MORAES *et al.*, 1993; DOMINGOS *et al.*, 2014). As regiões de ocorrência desse ácaro apresentam duas estações climáticas (chuvosa e seca), com predomínio de temperaturas elevadas e baixa umidade relativa. *Neoseiulus idaeus* tem se mostrado bastante eficiente no controle de ácaros tetraniquídeos, em especial *T. urticae* (VAN DINH *et al.*, 1988; COLLIER *et al.*, 2007; REICHERT *et al.*, 2016; REICHERT *et al.*, 2017). No continente africano, este predador foi bastante efetivo no controle biológico clássico do ácaro *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) e de outros ácaros, que também se associam à cultura da mandioca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), (BERG; MARKHAM, 1987).

Um dos aspectos importantes que precisa ser analisado antes de se iniciar um programa de controle biológico são as exigências climáticas favoráveis ao desenvolvimento e estabelecimento do agente de controle biológico que se deseja utilizar (GHAZY *et al.*, 2016). A não compatibilidade do agente com as condições climáticas do local representa um dos principais fatores de insucesso em programas de controle biológico (STILING, 1993). Dessa forma, previsões de habitats potencialmente favoráveis às espécies de inimigos naturais são de grande valia para dar suporte a estudos e auxiliar no planejamento e implementação de programas de controle biológico.

As previsões de habitats podem ser realizadas por meio de modelagens preditivas que, em geral, relacionam os pontos de ocorrência de uma determinada espécie com as informações climáticas ambientais dos locais, através de ajustes de funções que identificam no espaço geográfico lugares de potencial ocorrência (PHILLIPS *et al.*, 2006). Modelos de predições têm sido utilizados com bastante frequência em diferentes abordagens, em especial, na detecção de potenciais habitats de espécies ameaçadas de extinção (TÔRRES; VERCILLO, 2012; ALEXANDRE *et al.*, 2013; GIOVANELLI *et al.*, 2008;) e também na detecção de regiões ameaçadas pela introdução de espécies exóticas invasoras (KUMAR *et*

*al.*, 2014; GUISAN *et al.*, 2014; AMARO; MORAES, 2013; WEST *et al.*, 2016; VERAN *et al.*, 2016).

As diferenças climáticas entre as regiões de ocorrência de *N. californicus* e *N. idaeus* sugerem, que nos locais onde *N. californicus* tem dificuldade para se estabelecer *N. idaeus* poderá ser utilizado como agente de controle biológico. Com base nas exigências climáticas de *N. californicus* e *N. idaeus*, objetivou-se realizar uma predição de áreas geográficas com potencial de estabelecimento para ambas as espécies de predadores, permitindo inferir qual dessas espécies é mais indicada para ser utilizada em um programa de controle biológico de pragas de uma determinada localidade.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Ácaros como agentes de controle biológico**

O uso de inimigos naturais vem sendo estudado e aplicado há bastante tempo (MORAES, 1992; MCMURTRY; SOURASSOU; DEMITE, 2015), e nessa conjectura, a utilização de ácaros predadores em programas de controle biológico, tem sido cada vez mais difundido (GERSON *et al.*, 2003; MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013). Diversas famílias de ácaros se destacam como predadores de organismos fitófagos em que, Stigmaeidae (Prostigmata), Iolinidae (Prostigmata), Cheyletidae (Prostigmata), Laelapidae (Mesostigmata), Ascidae (Mesostigmata) e Phytoseiidae (Mesostigmata) têm sido as mais estudadas (MCMURTRY; OATMAN; FLECHNER, 1970; GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003; CARRILLO; MORAES; PEÑA, 2015; FERLA; MARCHETTI; GONÇALVES, 2007; MORAES *et al.*, 2015).

Como predadores generalistas, ácaros da família Stigmaeidae (Acari: Prostigmata) predam grande variedade de organismos, em especial, três famílias de ácaros fitófagos, que são: Eriophyidae, Tenuipalpidae e Tetranychidae (FAN; FLECHTMANN, 2015). Algumas espécies dos gêneros *Agistemus* e *Zetzellia* possuem grande potencial comercial no controle de ácaros eriofídeos, outros ácaros e pequenos insetos hemípteros, especialmente quando a densidade de ácaros fitoseídeos é baixa (FAN; FLECHTMANN, 2015). Algumas dessas famílias de ácaros predadores têm se mostrado bastante promissoras no controle de ácaros e de insetos fitófagos edáficos (que passam parte de sua vida no solo) indesejáveis (MORAES *et al.*, 2015). As espécies, atualmente produzidas e comercialmente utilizadas para esse fim, pertencem às famílias Macrochelidae e Laelapidae (ambas Mesostigmata), como observado

em sítios (endereço eletrônico) de diferentes empresas e em diversos países. Dentre os ácaros da família Laelapidae quatro espécies têm sido utilizados para o controle de pragas que são: *Androlaelaps casalis* Berlese, *Gaeolaelaps aculeifer* Canestrini, *Stratiolaelaps miles* Berlese e *Stratiolaelaps scimitus* Womersley (MOREIRA; MORAES, 2015). Os ácaros macroquelídeos (Mesostigmata: Macrochelidae) por serem de um dos grupos mais abundantes e diversos que vivem em excrementos ou animais em decomposição, tem sido apontados como potenciais agentes de controle biológico de organismos com os quais foram encontrados em associação, incluindo diferentes espécies de moscas e outros grupos de organismos (AZEVEDO *et al.*, 2015). Outros ácaros bastante promissores têm sido os da família Ascidae (Acari: Mesostigmata), mas diferente dos ácaros fitoseídeos, seu potencial para o uso ainda precisa ser plenamente comprovado, (MORAES *et al.*, 2015).

Ácaros da família Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) são os mais utilizados (comercialmente) na agricultura, sendo os principais agentes de controle tanto de ácaros fitófagos como de alguns pequenos insetos-praga de plantas cultivadas (MCMURTRY *et al.*, 2013).

## 2.2 Ácaros Phytoseiidae

Ácaros fitoseídeos (Acari: Mesostigmata) tem recebido considerável atenção desde que se descobriu que algumas espécies são inimigos naturais de ácaros Tetraniquídeos, tornando-se de grande valor para o manejo integrado de pragas (MEYER, 2003). Esses ácaros são encontrados, habitualmente, nas partes aéreas das plantas, em especial na face inferior das folhas, junto às nervuras, onde desempenham importante função na regulação e manutenção das populações de ácaros fitófagos e de pequenos insetos (MCMURTRY; CROFT, 1997; MASSARO; MARTIN; MORAES, 2016). Algumas espécies também são encontradas nas camadas superficiais do solo (serapilheira), embora não constitua, neste local, um grupo predominante (MORAES; FLECHTMANN, 2008; LINDQUIST; KRANTZ; WALTER, 2009). Sua visualização em campo pode ser feita a “olho nu” ou com auxílio de uma lupa de bolso com aumento de 5 a 10 vezes.

Apresentam como principais características movimentos rápidos, semelhantes ao de uma pequena aranha (0,5 mm) (RODRIGUES, 2005), são fototrópicos negativos e de hábito predatório (carnívoros), embora algumas espécies também incluam em sua dieta, outras fontes de alimentos como o pólen, fungos, substâncias açucaradas excretadas por insetos (Honeydew) e exsudatos de plantas (MORAES, 2002; RODRIGUES, 2005; MCMURTRYI;



MORAES; SOURASSOU, 2013). Conforme a preferencia alimentar são classificados como predadores especializados, seletivos, generalistas e/ou consumidores de pólen em geral (MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013) (QUADRO 1).

Quadro 1 - Classificação dos ácaros fitoseídeos.

Tipo	Classificação	Subtipo	Especificação
I	Predadores de ácaros especializados	I-a	Predadores especializados de espécies do gênero Tetranychus (Tetranychidae)
		I-b	Predadores especializados em ácaros que produzem teias (Tetranychidae)
		I-c	Predadores especializados de tydeoides (Tydeoidea)
II	Predadores seletivos de ácaros tetranquídeos	II	Predadores seletivos de ácaros tetranquídeos
		III-a	Predadores generalistas que vivem em folhas pilosas
		III-b	Predadores generalistas que vivem em folhas glabras
III	Predadores generalistas	III-c	Generalistas que vivem em espaços confinados em plantas dicotiledôneas
		III-d	Generalistas que vivem em espaços confinados em plantas monocotiledôneas
		III-e	Generalistas de habitats de solo / lixo
IV	Predadores consumidores de pólen em geral	IV	Predadores consumidores de pólen em geral

Fonte: McMurtry; Moraes; Sourassou, 2013.

O ciclo de vida dos ácaros fitoseídeos compreendem as fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos (RODRIGUES, 2005). O desenvolvimento das fases imaturas ocorre normalmente por volta de uma semana. Em geral, a fase de ovo é a mais demorada, quando comparada às fases imaturas, durando de 2 a 3 dias a temperaturas próximas de 25°C. Porém, em poucas espécies a fase de ovo é bastante curta. A duração do ciclo de vida varia em função da temperatura, umidade relativa e do tipo de alimento. Umidade relativa na faixa de 80% é favorável ao desenvolvimento dos ovos e dos estados imaturos, enquanto que umidades relativas próximas da saturação, mesmo que por poucas horas, geralmente são fatais para os ovos (RODRIGUES, 2005). Os adultos geralmente vivem entre 20 e 30 dias e durante esse período, as fêmeas depositam entre 30 e 40 ovos. Os ovos são alongados, inicialmente translúcidos e posteriormente leitosos (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Uma das características marcantes dos fitoseídeos como inimigo natural de ácaros-praga é o seu ciclo

de vida relativamente curto, quando submetidos a condições de temperatura e umidade favoráveis, formando uma maior quantidade de gerações (MEYER, 2003).

A dispersão de ácaros fitoseídeos ocorre principalmente pelo vento, quando o alimento se torna escasso (CARMONA; SILVA DIAS, 1996). Nesse processo, os mesmos se movimentam para superfícies mais expostas das plantas, deixando-se levar pelo vento (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Ao chegar à outra planta, procuram suas presas por estímulos químicos liberados da planta por ocasião do ataque ou da própria presa (SABELIS; DICKE, 1985; COLLIER *et al.*, 2000).

Vários casos de sucessos no controle de pragas com esses predadores têm sido relatados em diversos países. Nos Estados Unidos e em diversos países da Europa *T. urticae* vem sendo controlado em casa de vegetação e no campo, com liberações periódicas de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) (MCMURTRY; CROFT, 1997; FRAULO; LIBURD, 2007). Esse mesmo predador também foi encontrado associado à *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard e utilizado com sucesso em programas de controle biológico, desta praga, em países da Europa (MAHR *et al.*, 2008).

Ácaros fitoseídeos têm sido utilizados como agentes de controle das moscas-branca, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) e *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) em países da Europa e da América do Norte. As espécies utilizadas são *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, *Amblydromalus limonicus* Garman & McGregor e *Euseius gallicus* Kreiter & Tixier (KNAPP *et al.*, 2018). No Canada, *A. swirskii* é amplamente utilizado em cultivos de crisântemos, (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev), para o controle de *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) em casa de vegetação (BUITENHUIS; SHIPP; SCOTT-DUPREE, 2010). Na Holanda, vem sendo estudado a liberação de *A. swirskii* para controlar *F. occidentalis* e *T. vaporariorum* (MESSELINK *et al.*, 2008), enquanto que no Brasil, algumas espécies de fitoseídeos são estudadas para o controle de *B. tabaci* biótipo B (CAVALCANTE *et al.*, 2015; 2016; CAVALCANTE; MORAES, 2016).

No Brasil, *P. macropilis* e *N. californicus* têm sido utilizados com sucesso em programas de controle biológico de *T. urticae* em cultivos de frutíferas (ameixa, maçã, nectarina, uva e pêssago), ornamentais (antúrio, crisântemo, gérbera e rosa) e hortaliças (alface, berinjela, morango, pepino e tomate), em várias regiões produtoras (GARCIA; CHIAVEGATO, 1997; MONTEIRO, 2002; SATO *et al.*, 2007; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008).

As espécies *N. idaeus* e *P. macropilis* têm sido utilizados no controle de *T. urticae* em cultivos de morango, quando liberados no início da infestação da praga, sob condições experimentais (WATANABE *et al.*, 1994; FERLA *et al.*, 2011). *Neoseiulus idaeus* tem sido utilizado para o controle de *Mononychellus planki* McGregor, *Tetranychus ludeni* Zacher e *T. urticae* (COLLIER *et al.*, 2007; REICHERT *et al.*, 2017) em condições experimentais. Esse predador encontra-se distribuído em vários países por ser bastante efetivo no controle do ácaro *Mononychellus tanajoa* Bondar, (YANINEK *et al.*, 1991; MEGEVAND; TANIGOSHI, 1995; BELLOTTI *et al.*, 1999).

Dentre os casos mais conhecidos está à liberação de *N. californicus* no controle do ácaro-vermelho *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae), considerado uma praga-chave da macieira no Sul do Brasil (MONTEIRO, 2002). Além disso, outros casos têm se tornado bastante efetivos em regiões produtoras de São Paulo e no sul do país como, por exemplo: as liberações conjunta ou individual *N. californicus* e *P. macropilis* no controle de *T. urticae* em cultivos de morango e de plantas ornamentais (rosas, gérberas e orquídeas) (BELLINI, 2008; SATO *et al.*, 2009). Em avaliações conduzidas em Holambra (SP) com cultivos de rosa ‘spray’, observou-se que após quatro semanas de liberações de *P. macropilis*, conforme a densidade populacional de *T. urticae*, a população da referida praga teve sua população reduzida significativamente (BARBOSA *et al.*, 2017).

Estudos têm destacado a potencialidade de *N. idaeus* para o controle de *T. urticae* em cultivos de mamão (*Carica papaya* L.: Caricaceae) (COLLIER *et al.*, 2007). Vale ressaltar, que em levantamentos populacionais de ácaros, *N. idaeus* são encontrados, geralmente associados às espécies *M. tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) (MORAES *et al.*, 1993; DOMINGOS *et al.*, 2014), *T. urticae* e *Tetranychus evansi* Baker e Pritchard (DOMINGOS *et al.*, 2014; REICHERT *et al.*, 2014; FURTADO *et al.*, 2014). Com perspectivas futuras Reichert *et al.* (2017) relatam a performance da espécie *N. idaeus* como candidato promissor para ser utilizado no controle de *T. urticae* em cultivos de soja no Brasil.

### **2.3 Principais espécies de ácaros predadores comercializados no mundo**

Dentre as espécies de inimigos naturais comercializados no mundo, ácaros predadores configuram o segundo grupo de maior expressividade, perdendo apenas para os insetos da ordem Himenóptera (VAN LENTEREN, 2012). Estima-se que 51 espécies de ácaros predadores são comercialmente utilizadas no controle de artrópodes-praga em diversas culturas, dentre as quais, 43 pertencem à família Phytoseiidae (Mesostigmata) (VAN

LENTEREN *et al.*, 2017). A prevalência de comercialização dos ácaros fitoseídeos se deve ao elevado potencial de predação desses inimigos naturais, além de possuírem um ciclo de vida relativamente curto e pela facilidade de multiplicação (BARBOSA *et al.*, 2017).

Em todo o mundo, várias empresas concorrem por esse nicho de mercado e tem se tornado cada vez mais acirrada à medida que avançam as pesquisas. No Brasil, o número de empresas que comercializam ácaros predadores é escasso, basicamente três empresas, Promip, Koppert Biological Systems e a Topbio que se situa no Nordeste brasileiro. A Promip, fundada em 2006, comercializa três espécies de ácaros predadores que são: *P. macropilis* e *N. californicus*, formulados em um único produto (forma conjunta) e indicado para o controle de *T. urticae* e também, a espécie *Stratiolaelaps scimitus*, que não é Phytoseiidae e não controla ácaros praga, mas a mosca-dos-fungus ou fungus gnats (*Bradysia matogrossensis*). A Koppert, fundada na Holanda em 1967, encontra-se distribuída e subsidiada em vários continentes (África, América, Ásia e Europa), abrangendo mais de 90 países. Essa empresa comercializa além de outros agentes de controle biológico o ácaro *N. californicus*, indicado principalmente para o controle de *T. urticae*, mas com capacidade de predação outros ácaros de diferentes famílias.

Encontra-se na literatura uma compilação dos ácaros predadores da família Phytoseiidae que são comercializados no mundo, assim como as regiões que são utilizadas e a praga-alvo que controlam (QUADRO 2).

Quadro 2 - Ácaros predadores Phytoseiidae mundialmente comercializados.

Phytoseiidae	Região onde é comercializado	Praga alvo
<i>Amblydromalus limonicus</i>	Europa	Tripes e mosca-branca
<i>Amblyseius andersoni</i>	Europa, América do Norte, Ásia	Ácaros
<i>Amblyseius largoensis</i>	Europa	Ácaros
<i>Amblyseius limonicus</i>	Europa	Ácaros, tripes
<i>Amblyseius swirskii</i>	Europa, África e Ásia	Ácaros, tripés e mosca-branca
<i>Amblyseius womersleyii</i>	Ásia	Ácaros
<i>Amblyseius aizawa</i>	Ásia	Ácaros
<i>Amblyseius longispinosus</i>	Ásia	Ácaros
<i>Amblyseius makuwa</i>	Ásia	Ácaros
<i>Amblyseius mckenziei</i>	Europa	Ácaros
<i>Amblyseius nicholsi</i>	Ásia	Ácaros em citros
<i>Amblyseius spp.</i>	Austrália	Ácaros em citros
<i>Euseius finlandicus</i>	Europa	Ácaros
<i>Euseius scutalis</i>	Europa	Ácaros
<i>Euseius gallicus</i>	Europa	Tripes e mosca-branca
<i>Euseius ovalis</i>	Europa	Tripes e mosca-branca
<i>Euseius stipulatus</i>	Europa e América do Sul	Ácaros
<i>Galendromus occidentalis</i>	América do Norte e Austrália	Ácaros

Continuação - Ácaros predadores Phytoseiidae mundialmente comercializados.

<i>Galendromus annectens</i>	América do Norte	Ácaros
<i>Galendromus helveolus</i>	América do Norte	Ácaros
<i>Galendromus pyri</i>	América do Norte	Ácaros
<i>Gynaeseius liturivorus</i>	Ásia	Tripes e mosca-branca
<i>Iphiseius degenerans</i>	Europa e América do Norte	Tripes
<i>Mesoseiulus longipes</i>	América do Norte	Ácaros
<i>Metaseiulus occidentalis</i>	Europa	Ácaros
<i>Neoseiulus barkeri</i>	Europa e América Latina	Tripes
<i>Neoseiulus longispinosus</i>	América Latina	Ácaros
<i>Neoseiulus californicus</i>	Europa, Ásia, África, América do Norte e Latina	Ácaros
<i>Neoseiulus cucumeris</i>	Europa, Ásia, África, Oceania, América do Norte e Latina	Ácaros e tripes
<i>Neoseiulus fallacis</i>	Europa e América do Norte	Ácaros
<i>Neoseiulus wearnei</i>	Austrália	Ácaros
<i>Phytoseius finitimus</i>	Europa	Ácaros
<i>Phytoseiulus longipes</i>	Europa	Ácaros
<i>Phytoseiulus macropilis</i>	América Latina	Ácaros
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	Europa, África, Ásia, Oceania, América do Norte e Latina	Ácaros
<i>Transeius montdorensis</i>	Europa	Tripes e mosca-branca
<i>Thyphlodromus pyri</i>	Europa	Ácaros
<i>Typhlodromus occidentalis</i>	Austrália	Ácaros
<i>Typhlodromus athiasae</i>	Europa	Ácaros
<i>Typhlodromus doreenae</i>	Europa	Ácaros
<i>Typhlodromips montdorensis</i>	Europa	Ácaros e tripes

Fonte: Adaptado de: Van Lenteren *et al.* (2017).

As espécies de predadores *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Galemdromus occidentalis* (Nesbitt) tem sido as mais comercializadas para o controle de *T. urticae* no mundo (THE IPM PRACTITIONER'S, 2015). Em diversos países da Europa e da América do Norte, *Amblyseius andersoni* Chant é comercializado para a proteção de plantas ornamentais, legumes e frutíferas tanto em casa de vegetação como no campo, além de outras espécies como: *N. cucumeris* para o controle de diferentes tripes (KOPPERT), *Amblyseius montdorensis* Schicha para o controle de tripes, mosca-branca, ácaros eriofídeos e tarsonemídeos e *A. swirskii* para o controle de tripes e de mosca-branca (BIOLINE AGROSCIENCES).

## 2.4 *Neoseiulus californicus*

O ácaro *Neoseiulus californicus* teve seu primeiro relato de ocorrência em cultivos de citros na cidade de Whittier do estado da Califórnia-USA (MCGREGOR, 1954). Desde então, surgem relatos de sua ocorrência em diversos países, de forma natural ou introduzida, com condições ambientais semelhantes (QUADRO 3).

Quadro 3 - Ocorrência natural ou introduzida de *Neoseiulus californicus* no mundo.

País	koppen	Caracterização climática
Argentina	Csa, Cwa, Cfa	Temperado úmido/Verão seco e quente, Temperado úmido/Inverno seco e Verão quente, Temperado úmido/Verão quente
Açores	Csa	Temperado úmido/Verão seco e quente
Brasil-RS, SP.	Cfa, Cwa	Temperado úmido/Verão quente, Temperado úmido/Inverno seco e Verão quente
Canadá	Dfb	Temperado frio sem estação seca e com Verão Temperado
Ilhas canárias	Csb	Temperado úmido/Verão seco e Temperado
Colômbia	Cfb	Temperado úmido com Verão Temperado
Cuba	Aw/As	Tropical com estação seca de Inverno, Tropical com estação seca de verão
Chipre	Csa	Temperado úmido/Verão seco e quente
França	Cfb	Temperado úmido/Verão Temperado
Grécia	Csa	Temperado úmido/Verão seco e quente
Guadalupe	Aw/As	Tropical com estação seca de Inverno, Tropical com estação seca de Verão
Itália	Csa	Temperado úmido/Verão seco e quente
Japão	Cfa	Temperado úmido/Verão quente
México	Cwa	Temperado úmido/inverno seco e Verão quente
Marrocos	Csa	Temperado úmido/Verão seco e quente
Peru	Bwk	De regiões desérticas frias
Portugal	Csa, Csb	Temperado úmido/Verão seco e quente, Temperado úmido/Verão seco e Temperado
Senegal	Aw/As	Tropical com estação seca de Inverno, Tropical com estação seca de Verão
Servia	Dfb	Temperado frio sem estação seca e com Verão Temperado
África do sul	Csa, Cfb	Temperado úmido/Verão seco e quente, Temperado úmido/Verão Temperado
Coreia do sul	Dwa	Temperado frio/Inverno seco e verão quente
Espanha	Csa	Temperado úmido/Verão seco e quente
Síria	Csa	Temperado úmido/Verão seco e quente
Taiwan	Cfa	Temperado úmido/Verão quente
Turquia	Csb	Temperado úmido/Verão seco e Temperado
USA	Csb	Temperado úmido/Verão seco e Temperado
Venezuela	Aw	Tropical com estação seca de Inverno

Fonte: banco de dados Phytoseiidae Database; Koppen - classificação climática de Koppen.

*Neoseiulus californicus* foi encontrado associado a muitas culturas, incluindo abacate (MARTICORENA; BERRÍO, 2014) frutas cítricas (MCGREGOR, 1954), videira (DIEHL; FERLA; JOHANN, 2012), morango (ESCUADERO; FERRAGUT, 1998; 1999; FERLA; MARCHETTI; GONÇALVES, 2007) outras frutíferas (DE LA IGLESIA *et al.*, 2007; MONTEIRO, 2002; EICHELBERGER *et al.*, 2011), além de várias plantas hortícolas e ornamentais (CÉDOLA, 1999; CHORAZY *et al.*, 2016).

Em vários países *N. californicus* tem sido introduzido para ser utilizado tanto em casa de vegetação como em condição de campo, para o controle de diferentes pragas, em especial as espécies *T. urticae* (POLETT, 2007; FRAULO; LIBURD, 2007; FRAULO *et al.*, 2008) e *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae) (MONTEIRO 1994; JOLLY, 2001; MAROUFPOOR; GHOOSTA; POURMIRZA, 2013). A introdução desse ácaro no Brasil ocorreu no ano de 1992, cujos relatos apontam como principal objetivo o controle do ácaro *P. ulmi*, responsável por causar grandes prejuízos à cultura da maçã (*Malus domestica* Borkham) no Sul do país (MONTEIRO 1994).

Em relação à biologia de *N. californicus*, esse ácaro se desenvolve em uma ampla faixa de temperatura que variam entre 15-35°C (QUADRO 4).

Quadro 4 - Tempo de desenvolvimento de *N. californicus* a cinco temperaturas constantes.

Espécie	Desenvolvimento de Ovo-adulto (Dias)						Referência
	Sexo	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	
<i>N. californicus</i>	M	13,87	6,15	3,75	3,00	3,10	Uddin <i>et al.</i> , 2017
	F	14,25	6,31	3,80	3,05	3,85	
	M	14,94	6,20	3,81	3,07	3,10	Taj & Jung, 2012
	F	15,91	6,38	3,83	3,13	3,18	
	M	19,75	6,67	4,62	3,85	3,41	Canlas <i>et al.</i> , 2006
	F	21,71	6,64	5,06	3,87	3,78	
	M	14,30	7,20	4,30	3,30	3,80	Gotoh <i>et al.</i> , 2004
	F	14,10	7,20	4,30	3,00	3,80	

Fonte: literatura citada no corpo do quadro.

Em condições controladas (laboratoriais) o menor tempo de desenvolvimento de *N. californicus* ocorre quando são submetidos à temperatura de 30°C (UDDIN *et al.*, 2017; TAJ; JUNG, 2012). Este predador também pode sobreviver a baixas temperaturas por um breve período de tempo (HART *et al.*, 2002; BALE, 2005). Conforme Rhodes e Liburd (2005), *N. californicus* pode sobreviver aos invernos rigorosos no norte da Flórida-USA, onde a temperatura pode ficar abaixo de 0°C (zero graus) durante a noite. No trabalho conduzido por Hart *et al.* (2002), foi constatado que *N. californicus* uma vez aclimatado a 10°C, pode apresentar uma sobrevivência de 11 dias em temperatura negativa de -5°C. Outro fator importante, é que *N. californicus* também apresenta tolerância a uma ampla faixa de umidade

relativa (40-80%), mas tem preferência por umidade na extremidade superior dessa faixa (RHODES; LIBURD, 2005).

*Neoseiulus californicus* é um ácaro de coloração branco-alaranjada, pernas longas, formato ovóide e comprimento de aproximadamente 0,5mm, sendo as fêmeas maiores que os machos, e encontrados, sobretudo, na face inferior das folhas (RHODES; LIBURD, 2005). Embora seja classificado como predador seletivo do tipo II, exibe característica de um predador generalista do tipo III (MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013). Alimenta-se preferencialmente de ácaros tetraniquídeos, mas pode consumir ácaros de outras famílias, tripses e até mesmo pólen, na ausência de suas presas primárias (RAHMANI *et al.*, 2016).

Os ovos de *N. californicus* têm formato oval e são de aproximadamente 0,04 mm de comprimento, de cor esbranquiçada pálida e leva 1,5 a 4,0 dias para completar o ciclo embrionário e eclodir, dependendo da temperatura. Os ovos eclodem em larvas com seis pernas, coloração translúcida e podem progredir para o estágio protoninfal, sem alimentação (RHODES; LIBURD, 2005). O tempo total de desenvolvimento ocorre de 4 a 19 dias, e se torna mais rápido à medida que a temperatura se aproxima do limiar superior (CANLAS *et al.*, 2006). Adultos vivem em aproximadamente 20 dias. As fêmeas adultas possuem o formato oval de aproximadamente 0,1mm de comprimento e podem ovipositar até quatro ovos/dia, porém, sua média é de apenas dois ovos/dia (RHODES; LIBURD, 2005).

*Neoseiulus californicus* apresenta um potencial de desenvolvimento bem maior quando alimentados com *T. urticae* do que com outros tipos de presas. Mas também se desenvolve e se reproduz ao consumir outras espécies de ácaros incluindo: *Aculus schlechtendali* Nalepa, *Oligonychus pratensis* Banks, *Oligonychus perseae* Tuttle, *Oligonychus ilicis* McGregor, *Panonychus ulmi* Koch, *Panonychus citri* McGregor, *Phytonemus pallidus* Banks, *Polyphagotarsonemus latus* Banks e *Phytonemus pallidus* L. (POLETT, 2007; FRAULO; LIBURD, 2007; FRAULO *et al.*, 2008; JOLLY, 2001; MAROUFPOOR; GHOOSTA; POURMIRZA, 2013; TAJ; JUNG, 2012; TOYOSHIMA; HINOMOTO, 2004). *Neoseiulus californicus* também pode sobreviver e se reproduzir consumindo tripses (BAAL *et al.*, 2007; RAHMANI *et al.*, 2016) e outros pequenos insetos, porém a reprodução é mais baixa (RAHMANI *et al.*, 2016). Outro aspecto importante é que *N. californicus* pode sobreviver, por curto período de tempo, consumindo apenas pólen.

*Neoseiulus californicus* têm sido comercialmente utilizado em todo o mundo para o controle populacional de ácaros-praga que são economicamente importantes em diversas culturas (IPM Prationer, 2015). A taxa de liberação recomendada depende da espécie que se deseja controlar, de sua densidade e da cultura (FADAMIRO *et al.*, 2013). Em morangos



(*Fragaria* spp. Rosaceae), Fraulo e Liburd, (2007) constataram que uma taxa de liberação na proporção de 1/10 desse predador foi bastante efetiva no controle de *T. urticae*. Se as populações das pragas estiverem altas e houver a necessidade do uso de algum defensivo antes da liberação de *N. californicus*, esse ácaro predador consegue tolerar aplicações de alguns acaricidas (MONTEIRO, 2002).

## 2.5 *Neoseiulus idaeus*

O ácaro *N. idaeus* é uma espécie de predador que foi descrita em Piracicaba-SP (DENMARK & MUMA, 1973), mas apresenta distribuição em vários países da América do Sul (QUADRO 5).

Quadro 5 - Ocorrência natural ou introduzida de *Neoseiulus idaeus* no mundo

País	Koppen	Caracterização climática
Argentina	Bwk, Bsh, Bsk	Árido frio, Semiárido quente, Semiárido frio
Brasil	Aw/As, Bsh	Tropical com estação seca de Inverno, Tropical com estação seca de Verão, Semiárido quente
Colômbia	Bsh, Bsk	Semiárido quente, Semiárido frio
Paraguai	Aw	Tropical com estação seca de Inverno
Peru	Bsh, Bsk	Semiárido quente, Semiárido frio
Venezuela	Bsh	Semiárido quente
Bolívia	Aw	Tropical com estação seca de Inverno

Fonte: banco de dados Phytoseiidae Database. Koppen - classificação climática de Koppen.

Em levantamentos populacionais de ácaros realizados no Brasil, constatou-se a presença desse predador em diversas culturas, sempre associada a ácaros da família Tetranychidae (MORAES; MCMURTRY, 1983). No Nordeste brasileiro, esse predador foi basicamente encontrado associado à cultura da mandioca, coincidindo principalmente, com a flutuação populacional do ácaro *M. tanajoa* (MORAES *et al.*, 1993). As regiões de ocorrência desse ácaro apresentam duas estações climáticas, de temperatura anual elevada e de baixa umidade relativa.

*Neoseiulus idaeus* é um predador especializado do Tipo II que mostra adaptações substanciais e preferência alimentar por ácaros tetranychídeos (MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013). São poucas as informações de *N. idaeus* encontradas na literatura, principalmente no que se refere aos parâmetros biológicos dessa espécie mediados por fatores bióticos e abióticos no desenvolvimento, reprodução e sobrevivência.

Resultados obtidos por Collier *et al.* (2007), demonstraram que, em média, fêmeas de *N. idaeus* iniciam a oviposição de 2 a 3 dias após a emergência e ovipositam por cerca de 8

a 9 dias. Após esse período, vivem por apenas mais dois ou três dias, totalizando 13 a 14 dias de vida adulta. Observaram-se ainda que o tempo de vida da fêmea, bem como os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, não variam significativamente em relação ao estágio da presa (*T. urticae*) e da planta hospedeira. O total de desenvolvimento (ovo-adulto) ocorre em aproximadamente quatro dias a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $\text{UR} = 75 \pm 5\%$ . Dessa forma, pode-se inferir que *N. idaeus* apresenta desenvolvimento mais rápido que outras espécies do mesmo gênero quando submetidos à mesma condição de temperatura, como por exemplo: *Neoseiulus anonymus* Chant & Baker que segundo Mesa e Belloti (1986) e Van Din *et al.* (1988), apresenta desenvolvimento total em média de 4,49 e 4,92 dias respectivamente.

*Neoseiulus idaeus* consegue sobreviver em regiões com umidade relativa do ar abaixo de 40%, (VAN DINH *et al.*, 1988). Essa condição é encontrada em algumas localidades e em diversos países, em especial, nos de clima semiárido e distantes da zona litorânea. O estágio de ovo, que é um dos estágios mais vulneráveis, só tem a viabilidade comprometida quando a umidade torna-se abaixo de 30% por períodos prolongados (VAN DINH *et al.*, 1988).

## 2.6 Limitações climáticas quanto ao uso de ácaros predadores

Dentre os fatores limitantes do controle biológico de pragas encontram-se os fatores abióticos que são fundamentais para o estabelecimento da espécie a ser utilizada (PARRA *et al.*, 2002). Ácaros predadores, da mesma forma que outros organismos, são altamente influenciados pelos fatores climáticos como: temperatura, umidade e luz (fotoperíodo) (MORAES; FLECHTMANN, 2008; KRANTZ; WALTER, 2009), cujos efeitos podem inibir ou induzir o desenvolvimento de cada espécie em particular (GULLAN; CRANSTON, 2014).

Os efeitos da temperatura e umidade têm sido os mais estudados, por serem os fatores básicos da fisiologia de todos os seres vivos. Esses fatores afetam os organismos de forma direta e indireta, em especial, dos que são pecilotérmicos, que não possuem um sistema de termo regulação corporal cuja temperatura varia conforme as condições do ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2004). Dessa forma, a temperatura apresenta-se como um fator limitante ao desenvolvimento desses organismos que, dentro de certos limites, pode limitar o desenvolvimento e a taxa de crescimento populacional da espécie (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Diversos estudos têm comprovado que ácaros predadores se desenvolvem em uma ampla faixa de temperatura, que no geral, varia em função das condições prevalentes dos nichos ocupados (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Algumas espécies apresentam um ótimo de desenvolvimento quando submetidos a temperaturas em torno de 25°C (GOTOH; YAMAGUCHI; MORI, 2004; SKIRVIN; FENLON, 2003; XIA *et al.*, 2012).

Os efeitos da umidade relativa do ambiente no desenvolvimento e sobrevivência dos ácaros ocorrem de várias formas (direta e indireta) e quase sempre estão relacionados com a hidratação desses organismos que se traduz pela intensidade de absorção de água pelo o ácaro e as condições microclimáticas locais (GHAZY *et al.*, 2016). Algumas espécies são bastante sensíveis à variação de umidade relativa do ar como, por exemplo: *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) que apresenta a incapacidade de desenvolvimento de ovo a adulto quando submetidos a umidades relativas abaixo de 80% (GÓMEZ-MOYA *et al.*, 2018). Os estágios, ovo e larva, são os mais vulneráveis a dessecação (SABELIS, 1985; GÓMEZ-MOYA *et al.*, 2018). As larvas de fitoseídeos são mais suscetíveis à dessecação por serem pequenas e menos capazes de beber água livre e de buscar locais que lhes sejam mais favoráveis em comparação a outros estágios subsequentes (CROFT *et al.*, 1993). Outro exemplo é o ácaro *N. idaeus* que apresenta uma maior tolerância à baixa umidade relativa (VAN DINH *et al.*, 1988). Essa espécie consegue sobreviver em regiões com umidade abaixo de 40%, principalmente no que se refere à viabilidade de ovos, sendo comprometidos apenas, quando a umidade torna-se abaixo de 30% por períodos prolongados (VAN DINH *et al.*, 1988).

Os ácaros quando adultos perdem água por diferentes formas, sendo elas: difusão através da superfície do corpo, aberturas respiratórias (quando presentes) e pelas secreções e fezes (PARRA *et al.*, 2002). Dessa forma, observa-se uma grande variação em relação às condições de umidade que mais favorecem o desenvolvimento dos ácaros, em que alguns são favorecidos por umidade elevada enquanto que outros, por níveis mais baixos.

Quanto aos casos de insucessos do uso de ácaros predadores em controle biológico de pragas por interferência dos fatores climáticos, os relatos são bastante escassos na literatura. Um exemplo encontrado foi do ácaro *N. idaeus* e de outras espécies de ácaros predadores introduzidos no continente africano. Esses ácaros foram introduzidos em 1983, e suas utilizações em programa de controle biológico clássico, foram realizadas a partir do ano posterior (CÉDOLA; BOTTO, 1999). Essas espécies foram obtidas na Colômbia, mas nenhuma, inclusive *N. idaeus*, se estabeleceu ao longo de cinco anos de liberações experimentais (YANINEK *et al.*, 1991). A partir de então, regiões semelhantes as da África

foram investigadas e o Nordeste brasileiro foi à região que apresentou a maior similaridade as condições ambientais gravemente afetadas por *M. tanajoa* no continente africano. Dentre os inimigos naturais encontrados no Nordeste brasileiro, o que pareceu mais indicado para ser introduzido na África, foi novamente o ácaro predador *N. idaeus* (YANINEK *et al.*, 1991). Esta espécie, agora oriunda do Brasil foi reintroduzida em 1989 em vários países africanos e se mostrou bastante efetivo no controle de *M tanajoa* e de outros ácaros nativos, como por exemplo: *Tetranychus lombardinii* Baker & Pritchard (Acari; Tetranychidae), que raramente atinge níveis populacionais prejudiciais (VAN DEN BERG; MARKHAM, 1987). Dessa forma, constata-se a importância da observação dos fatores ambientais ao iniciar um programa de controle biológico de pragas, principalmente quando se faz necessária a introdução de uma espécie exótica em uma localidade ou país. Uma das formas de se fazer essa avaliação, seria por meio de modelagens preditivas de nicho ecológico.

## 2.7 Predição de nicho ecológico por modelagem

O processo da modelagem consiste em converter dados primários de ocorrência da espécie em mapas que demonstram a distribuição geográfica potencial da mesma, indicando a provável presença e/ou ausência por meio de algoritmos genéricos (PHILLIPS; DUDÍK, 2004; PHILLIPS *et al.*, 2006). Na maioria dos casos, a modelagem trabalha com o conceito de nicho ecológico fundamental, definido por Hutchinson (1944) como um conjunto de condições ecológicas, representado por um espaço ecológico/ambiental multidimensional, em que as populações conseguem sobreviver (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007).

Na modelagem de nicho ecológico, os algoritmos buscam por relações aleatórias entre os dados de ocorrência da espécie com os dados ecológico/ambientais relevantes, que são obtidos nos pontos em que a espécie é encontrada (PHILLIPS; DUDÍK; SCHAPIRE, 2004). No entanto, o modelo não representa a distribuição real da espécie e sim, a distribuição das áreas onde a mesma tem potencial de se estabelecer (PETERSON *et al.*, 2011). Isto ocorre por ser utilizada somente a distribuição real (registro de ocorrência dos dados bióticos) e as variáveis ambientais (dados abióticos), sem considerar a atuação de outras influências bióticas, que são as interações entre espécies tais como: competição, predação e de barreiras geográficas (AUSTIN, 2002; PHILLIPS *et al.*, 2006).

Modelos preditivos de distribuição geográfica de espécies têm sido abordados em diversas áreas do conhecimento, principalmente no que se referem às aplicações no planejamento de políticas de conservação, ecologia, estudos de evolução, epidemiologia e

gestão de espécies invasoras, entre outros campos (YOM-TOV; KADMON, 1998; CORSI *et al.* 1999; PETERSON *et al.*, 1999; WELK; SCHUBERT; HOFFMANN, 2002; PETERSON; SHAW, 2003).

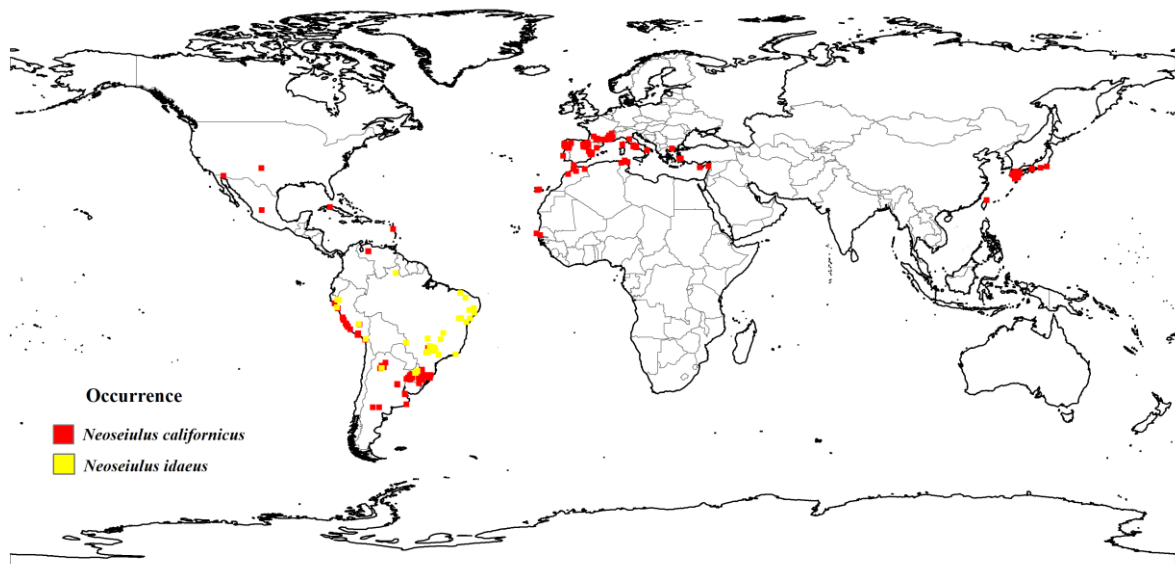
Em relação à gestão de espécies invasoras, Amaro e Moraes (2013) utilizaram a modelagem de distribuição de espécies para predizer áreas com potencial de estabelecimento do ácaro *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) na América do Sul. Com o objetivo de analisar a potencial distribuição geográfica de carrapatos do complexo *Amblyomma cajennense* em uma região do Brasil, Oliveira *et al.* (2017) utilizaram modelos de nicho ecológico para cenários atuais e futuros, assumindo limitações de dispersão e adaptação não evolutiva das populações de carrapatos ao aquecimento climático. Yasemi, Sarafrazi e Shojaii (2016), utilizaram algoritmo de máxima entropia (Maxent) para prever a distribuição potencial das populações de *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae) no Irã. Esse mesmo algoritmo foi utilizado por Kumer *et al.* (2014) para prever o potencial de invasão de insetos-praga exóticos na Índia. Modelagem de nicho ecológico foi utilizada por Moghadam, Ahadiyat e Ueckermann (2016) para prever áreas com condições para a composição de espécies de ácaros Tetranychoida nos principais climas da Província de Teerã, Irã. No entanto, estudos de modelagem com predição de áreas de potencial estabelecimento para espécies de ácaros predadores não são encontrados na literatura, o que torna diferencial a realização desse estudo, sendo de grande valia para dar suporte a estudos e auxiliar no planejamento e implementação de programa de controle biológico.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 Aquisições dos locais de ocorrência de *Neoseiulus californicus* e *Neoseiulus idaeus*

As coordenadas geográficas referentes aos relatos de ocorrências das espécies de predadores foram obtidas na literatura especializada do banco de dados Phytoseiidae dataBase (FIGURA 1). Os registros foram avaliados um a um, através da ferramenta Google Earth, para confirmar se as coordenadas indicadas coincidem com suas localidades. Nos trabalhos que não apresentaram georreferenciamento, os mesmos foram pesquisados com base nos lugares de coletas, aqueles que não apresentassem detalhes sobre os locais de coleta foram desconsiderados. Nas avaliações, também se realizou a eliminação dos pontos de mesma localidade (duplicidade), dos pontos outliers (e.g., localização no oceano), pontos históricos (encontrados em anos anteriores a média histórica das variáveis ambientais a serem utilizadas na modelagem) e uma técnica de rarefação de dados para reduzir a auto correlação espacial dos registros de ocorrência de *N. californicus* e *N. idaeus*. Para isso, utilizou-se da ferramenta “Spatially Rarefy Occurrence Data for SDMs” da extensão SDMTools para ArcGIS versão 10.1 disponível para download em <http://sdmtoolbox.org/downloads>.

Figura 1- Relatos de ocorrência de *N. californicus* e *N. idaeus* no mundo



Fonte: dados da pesquisa

### 3.2 Aquisições das variáveis ambientais.

Os dados abióticos (camadas ambientais) foram obtidos no banco de dados WorldClim - Global Climate Data, versão atual 1.4 (1960-1990) liberação 3 e resolução de 2,5 arc-min (aproximadamente 5 km<sup>2</sup>). A princípio, dezenove variáveis bioclimáticas foram selecionadas para serem utilizadas na geração dos modelos (Tabela 1). Essas variáveis derivam de duas informações apenas, precipitação e temperatura (HIJMANS *et al.*, 2005). Após a obtenção das variáveis, estas foram submetidas a testes de correlação de Pearson realizada no ArcGIS através da ferramenta SDMTtoolbox. Tal procedimento foi adotado para evitar que os modelos finais fossem gerados com variáveis altamente correlacionadas ( $r \geq 0,70$  ou  $\leq -0,70$ ) (multicolinearidade) e reduzindo-se as chances de superestimação dos modelos. O critério utilizado para incluir ou excluir uma das variáveis altamente correlacionadas foi baseado em sua contribuição para o modelo. O processo da modelagem foi realizado duas vezes. A primeira modelagem foi realizada com as dezenove variáveis. A segunda modelagem foi realizada com as variáveis escolhida na modelagem anterior que apresentaram altas contribuições. Obtenção das contribuições foi por Jackknife. Variáveis com contribuições abaixo de 5% foram descartadas.

Quadro 6 - Variáveis ambientais utilizadas nas modelagens

Variável (Código)	Variável
BIO1	Temperatura média anual
BIO2	Varição média diurna [Temp. média mês (max-min)]
BIO3	Isolinhas (BIO2/BIO7) * (100)
BIO4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão * 100)
BIO5	Temperatura máxima mensal
BIO6	Temperatura mínima mensal
BIO7	Varição de temperatura anual (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura média do trimestre mais chuvoso
BIO9	Temperatura média do trimestre mais seco
BIO10	Temperatura média do trimestre mais quente
BIO11	Temperatura média do trimestre mais frio
BIO12	Precipitação anual
BIO13	Precipitação do mês mais chuvoso
BIO14	Precipitação do mês mais seco
BIO15	Sazonalidade da precipitação (Coeficiente de variação)
BIO16	Precipitação do trimestre mais chuvoso
BIO17	Precipitação do trimestre mais seco
BIO18	Precipitação do trimestre mais quente
BIO19	Precipitação do trimestre mais frio

Fonte: WorldClim - Global Climate Data.

### 3.3 Modelagem utilizada.

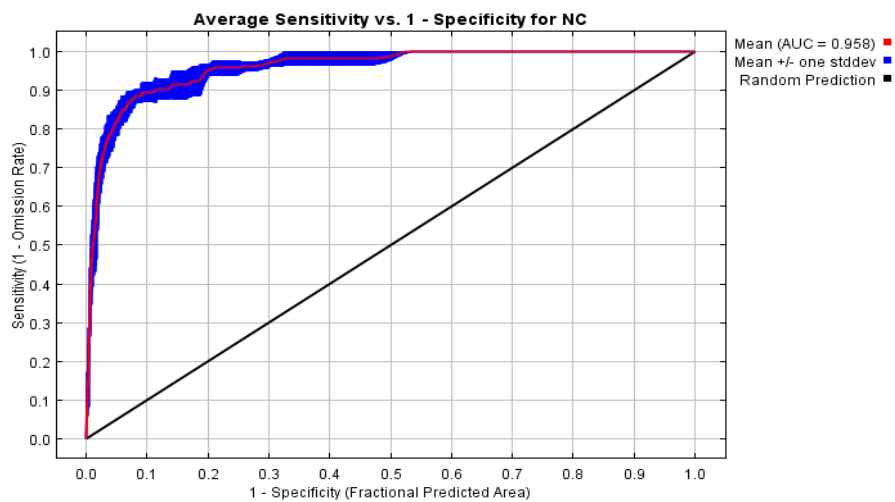
Os modelos foram gerados em algoritmos genéticos que estimam a distribuição espacial do ambiente que é favorável a uma determinada espécie. Utilizou-se o software MAXENT (versão 3.3.3k) com o princípio da Máxima Entropia (Phillips *et al.*, 2006). Os modelos foram confeccionados com 75% dos registros disponíveis para cada espécie, e os restantes 25% foram utilizados para validação do modelo como dados de teste. As outras configurações foram: auto características (características dependentes do tamanho da amostra), saída em formato logístico, gerações aleatórias, cinco repetições com validação cruzada, valor de regularização (1), Máximo de interações (2000), limite de convergência ( $10^{-5}$ ) e número máximo de pontos em background (20000). O método Jackknife foi empregado para estimar quais variáveis são mais importantes e a quantidade de informação única que cada variável fornece ao modelo (PHILLIPS *et al.*, 2017). Os modelos foram gerados com base nos dados de ocorrência, após rarefação, de *N. idaeus* e *N. californicus* e projetado sobre o mapa mundial. Após geração dos modelos no programa MAXENT, os mapas de distribuição potencial foram importados para o sistema de informação do Arcmap (ARCGIS 10.1), onde foram gerados os mapas de distribuição que representam a probabilidade de estabelecimento de ambas às espécies avaliadas. Na padronização dos resultados, a probabilidade de estabelecimento foi dividida em quatro classes para facilitar a comparação e o entendimento dos mapas. A essas classes foi estabelecido um comportamento padrão para a dinâmica de estabelecimento da população desses predadores. A classe 1 (0-10%, não favorável) indica onde o ácaro não se estabelece; classe 2 (11-35%, pouco favorável) corresponde as áreas onde o ácaro pode se estabelecer, porém seu desenvolvimento é lento e as populações são baixas, necessitando de constante reentrada (ou liberações); classe 3 (36-70% favorável) corresponde as áreas onde o ácaro pode se estabelecer e desenvolver-se normalmente; classe 4 (71-100% muito favorável) corresponde as áreas onde o ácaro encontra condições ótimas para seu desenvolvimento e reprodução. Os modelos foram avaliados por meio do gráfico da curva ROC (Receiver Operator Characteristic) que relaciona à sensibilidade (proporção de presenças observadas previstas corretamente) com a especificidade (proporção de ausências observadas/pseudo-ausências incorretamente previstas), ou seja, se os modelos ajustam-se aos dados. O significado dessa curva é quantificado pela área entre a curva e o eixo das abscissas (AUC) e tem valores que variam tipicamente de 0,5 (não melhor do que o esperado por acaso) a 1,0 (ajuste perfeito). Valores inferiores a 0,5 indicam que o modelo se encaixa pior do que aleatório (BALDWIN, 2009).



## 4 RESULTADO

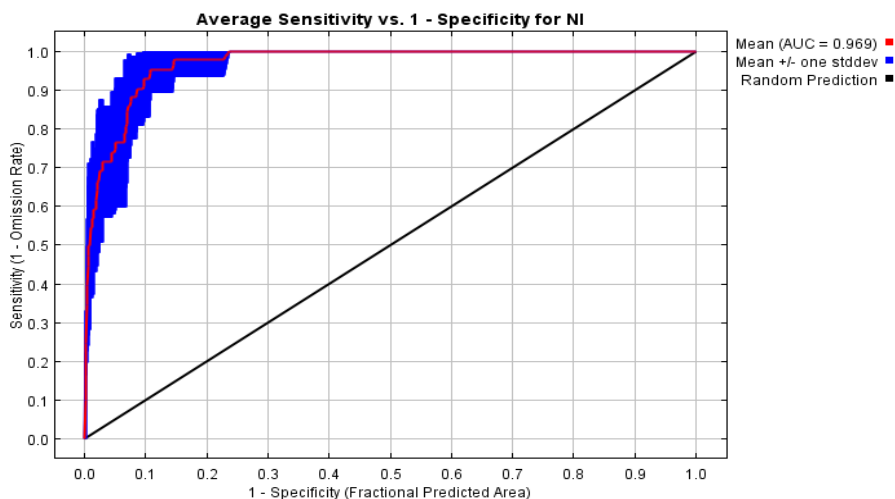
As medidas de desempenho das áreas (AUC) sobre as curvas ROC foram 0,958 para *N. californicus* e 0,969 para *N. idaeus*, com desvios médios de 0,010 e 0,018 respectivamente (FIGURA 2 e 3). Esses resultados indicam alto poder de predição para ambos os modelos.

Figura 2 - Medida de desempenho da área (AUC) sob a curva ROC para *N. californicus*



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3 - Medida de desempenho da área (AUC) sob a curva ROC para *N. idaeus*



Fonte: Dados da pesquisa.

Apenas 5 das 19 variáveis bioclimáticas foram utilizadas nos modelos, as demais foram excluídas devido a multicolinearidade ou por apresentarem reduzidas contribuições (TABELA 1). As variáveis que integraram os modelos foram diferentes para cada uma das espécies e os percentuais de contribuições destas, variaram de 26,6 (Bio1) a 7,0 (Bio13) para *N. californicus* e 51,5 (Bio3) a 5,2 (Bio7) para *N. idaeus* (TABELA 2).

Tabela 1 - Matrix de correlações das 19 variáveis ambientais usando o coeficiente de correlação de Pearson

Layer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	1.00																			
2	<b>0,95</b>	1.00																		
3	<b>0,97</b>	<b>0,87</b>	100																	
4	0,57	0,44	0,64	100																
5	0,65	0,50	<b>0,72</b>	<b>0,91</b>	100															
6	0,16	0,11	0,20	<b>0,70</b>	0,42	100														
7	0,03	-0,02	0,05	0,33	0,04	-0,63	100													
8	0,65	0,50	<b>0,72</b>	<b>0,92</b>	<b>0,99</b>	0,43	-0,06	100												
9	0,19	0,14	0,23	<b>0,74</b>	0,46	<b>0,99</b>	-0,64	0,47	100											
10	0,32	0,24	0,34	0,66	0,53	0,60	-0,29	0,55	0,61	100										
11	0,37	0,28	0,42	<b>0,75</b>	0,69	0,58	-0,29	0,69	0,61	0,21	100									
12	-0,37	-0,27	-0,43	-0,55	-0,46	-0,50	0,43	-0,46	-0,52	-0,21	-0,56	100								
13	0,06	0,37	<b>0,72</b>	0,61	0,67	0,31	0,12	0,66	0,33	0,31	0,50	-0,35	100							
14	-0,64	-0,38	<b>-0,78</b>	-0,65	<b>-0,74</b>	-0,24	-0,13	<b>-0,73</b>	-0,27	-0,34	-0,45	0,48	<b>-0,91</b>	100						
15	<b>0,88</b>	<b>0,97</b>	<b>0,79</b>	0,33	0,41	-0,00	0,04	0,41	0,01	0,16	0,18	-0,07	0,26	-0,26	100					
16	<b>0,95</b>	<b>0,85</b>	<b>0,98</b>	0,67	<b>0,73</b>	0,29	-0,05	<b>0,73</b>	0,32	0,32	0,52	-0,58	<b>0,72</b>	<b>-0,77</b>	<b>0,74</b>	100				
17	-0,58	-0,30	<b>-0,70</b>	-0,68	-0,69	-0,43	0,11	-0,68	-0,46	0,33	-0,59	0,80	<b>-0,81</b>	<b>0,89</b>	-0,16	<b>-0,78</b>	100			
18	<b>0,93</b>	<b>0,90</b>	<b>0,88</b>	0,45	0,52	0,11	0,06	0,52	0,14	0,34	0,23	-0,22	0,46	0,48	<b>0,89</b>	<b>0,95</b>	0,39	100		
19	<b>0,92</b>	<b>0,83</b>	<b>0,94</b>	0,61	0,69	0,21	0,001	0,69	0,24	0,24	0,48	-0,50	0,67	<b>0,73</b>	<b>0,74</b>	<b>0,95</b>	<b>0,71</b>	<b>0,75</b>	100	

Fonte: Dados da pesquisa; Valores em negrito indicam altas correlações ( $r \geq 0,70$  ou  $\leq -0,70$ ).

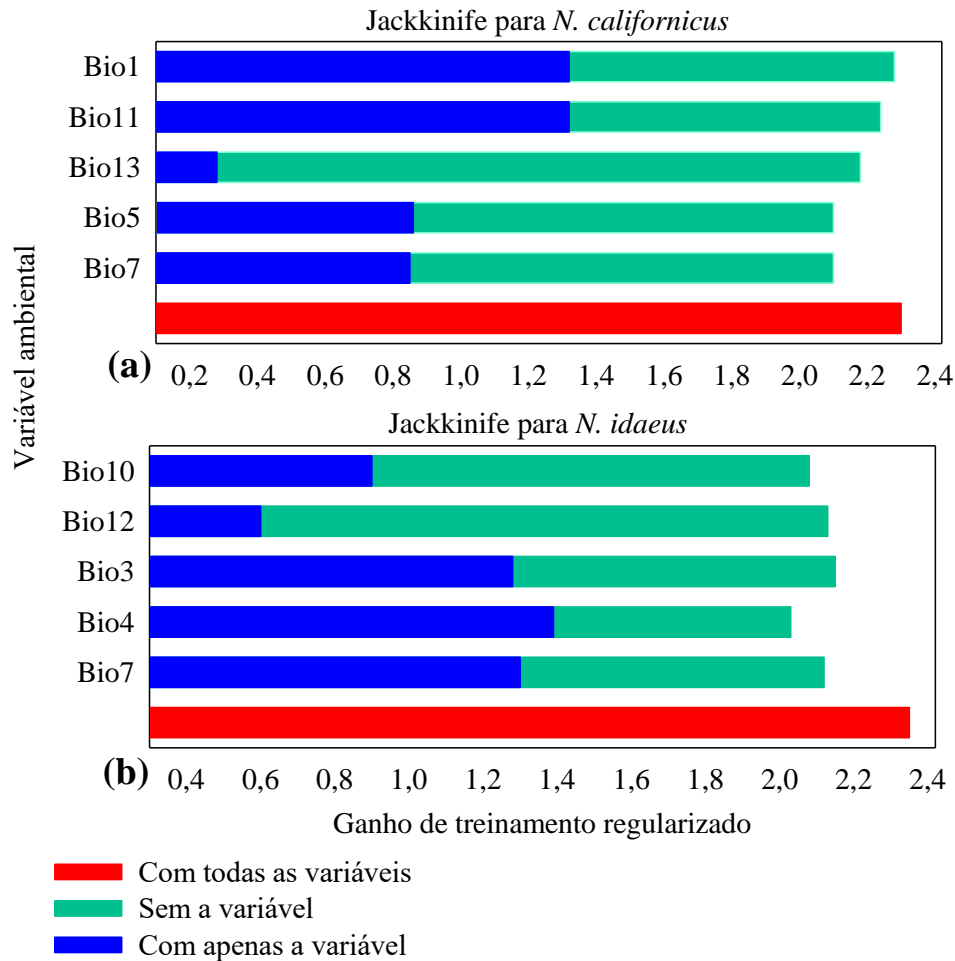
Tabela 2 - Contribuições de variáveis ambientais na formação dos modelos no Maxent

<i>Neoseiulus californicus</i>			<i>Neoseiulus idaeus</i>		
	Variável bioclimática	Contribuição (%)		Variável bioclimática	Contribuição (%)
Bio1	Temperatura média anual	26.6	Bio3	Isolinhas (BIO2/BIO7) (* 100)	51.5
Bio11	Temperatura média do trimestre mais frio	25.9	Bio4	Sazonalidade da temperatura (SD x 100)	19.1
Bio7	Varição de temperatura anual (Bio5-Bio6)	25.4	Bio10	Temp. média do trimestre mais quente	15.2
Bio5	Temperatura máxima mensal	15.0	Bio12	Precipitação anual	9.0
Bio13	Precipitação do mês mais chuvoso	7.0	Bio7	Varição de temperatura anual (Bio5-Bio6)	5.2

Fonte: Dados da pesquisa.

Com o teste de Jackknife observou-se que para *N. californicus* as variáveis Bio1 e Bio11, foram as que proporcionaram maior ganho quando utilizadas isoladamente, enquanto que a variável Bio7 foi a que mais diminuiu o ganho quando omitida (FIGURA 4a). Para *N. idaeus*, a variável com maior ganho isoladamente foi a Bio4, sendo esta também a que mais reduziu o ganho quando omitida (FIGURA 4b).

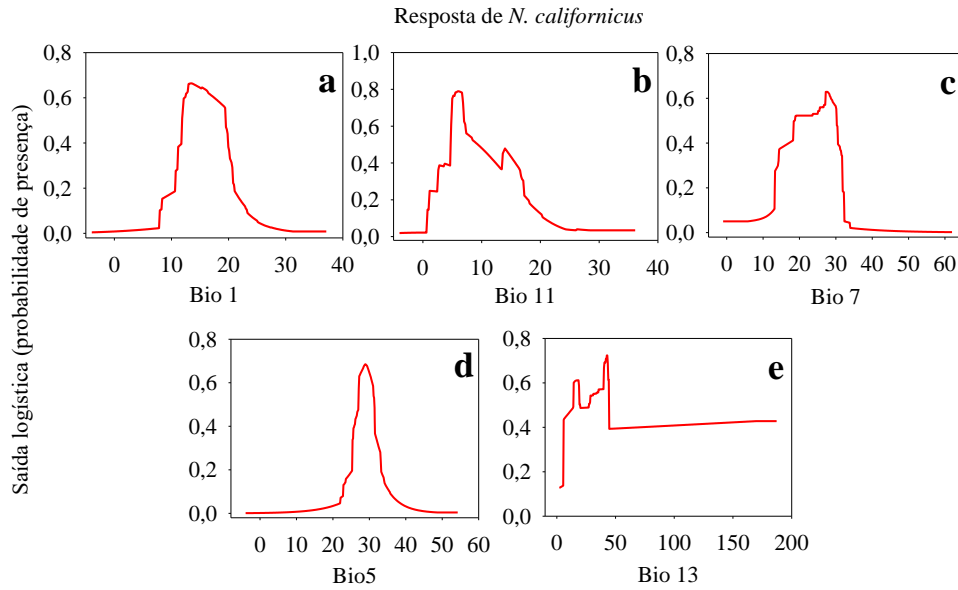
Figura 4 - Teste de Jackknife das contribuições das variáveis ambientais nos modelos



Fonte: dados da pesquisa.

Na previsão logística do modelo, observou-se que para *N. californicus* as maiores probabilidades de estabelecimento (>50%) para a variável Bio1 ocorre entre 11,8 e 19,5°C (FIGURA 5a) enquanto que na Bio11 as maiores probabilidades ocorrem entre 4,7 e 9,3°C (FIGURA 5b). Com relação a Bio7 as maiores probabilidades ocorrem entre 18,6 e 30,2°C (FIGURA 5c) enquanto que na Bio5 as maiores probabilidades ocorrem entre 27,0 e 31,3°C (FIGURA 5d). Para a Bio13, as maiores probabilidades foram obtidas com precipitações acumuladas abaixo de 50 mm. Precipitações acima desse valor a resposta de *N. californicus* permanece praticamente inalterada (constante) (FIGURA 5e).

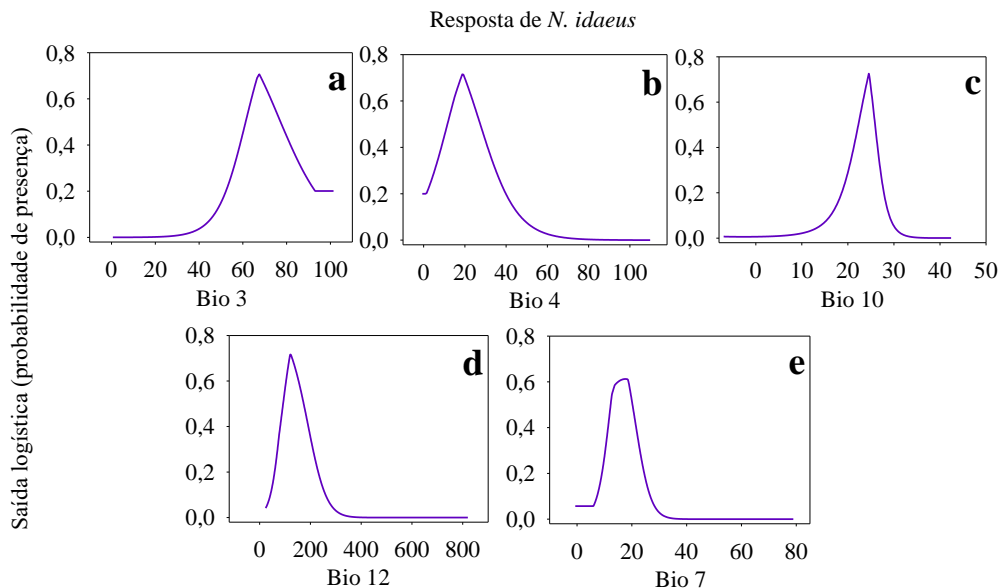
Figura 5 - Resposta de *N. californicus* as variáveis ambientais



Fonte: dados da pesquisa; probabilidade de estabelecimento > 50%.

Para *N. idaeus* as maiores probabilidades de estabelecimento para a variável Bio3 ocorre entre 61,2 e 77,2%, ou seja, uma menor oscilação média de temperatura mensal em relação ao ano (FIGURA 6a). Enquanto que na Bio4 as maiores probabilidades de estabelecimento ocorrem com uma baixa variação anual de temperatura que está entre 11,74 e 27,37°C (FIGURA 6b). Em relação à Bio10 as maiores probabilidades ocorrem entre 23,6 e 30°C (FIGURA 6c) enquanto que na Bio12 as maiores probabilidades ocorrem com precipitações acumuladas entre 92,7 e 173,2 mm (FIGURA 6d). Na Bio7 as maiores probabilidades de estabelecimento ocorrem entre 12,3 e 20,2°C (FIGURA 6e).

Figura 6 - Resposta de *N. idaeus* as variáveis ambientais

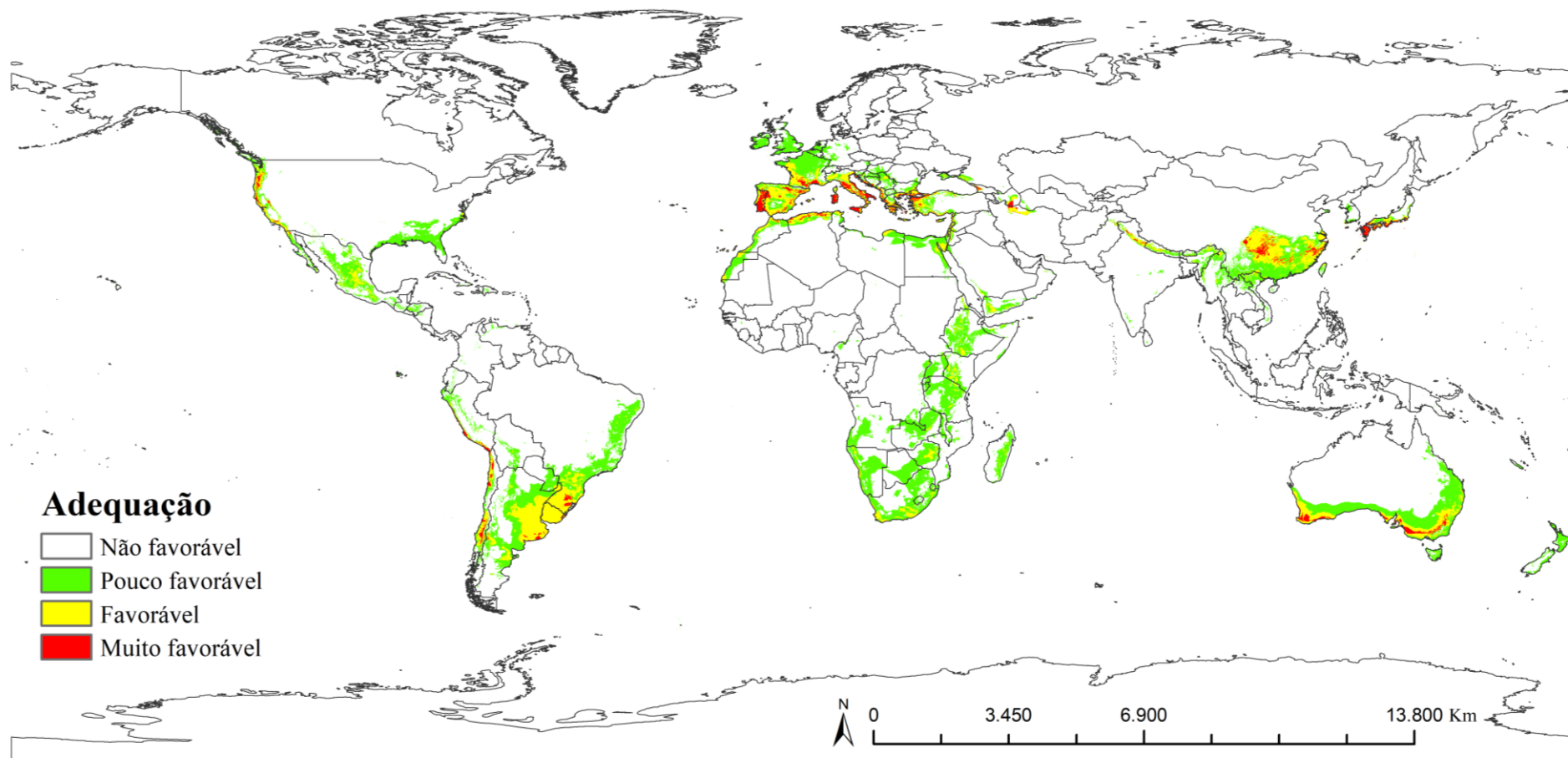


Fonte: dados da pesquisa; probabilidade de estabelecimento > 50%.

No modelo obtido para *N. californicus* a condição de muito favorável foi indicada para alguns países da Europa, mais precisamente os que ficam na região do mediterrâneo (FIGURA 7). Também foi indicada para alguns países asiáticos como China, Coreia do Sul e Japão enquanto que na Oceania, apenas para região sul do litoral Australiano. Na América do Norte essa condição foi indicada apenas para os estados da Califórnia, Oregon e Washington-USA enquanto que na América do Sul para países como o Chile, Argentina, Uruguai e a região Sul do Brasil. Para o continente africano, a condição de muito favorável foi observada apenas em algumas localidades de Marrocos e Argélia que ficam na região do Mediterrâneo e condições de pouco favoráveis em alguns países, sendo os demais inadequados ao estabelecimento de *N. californicus*.

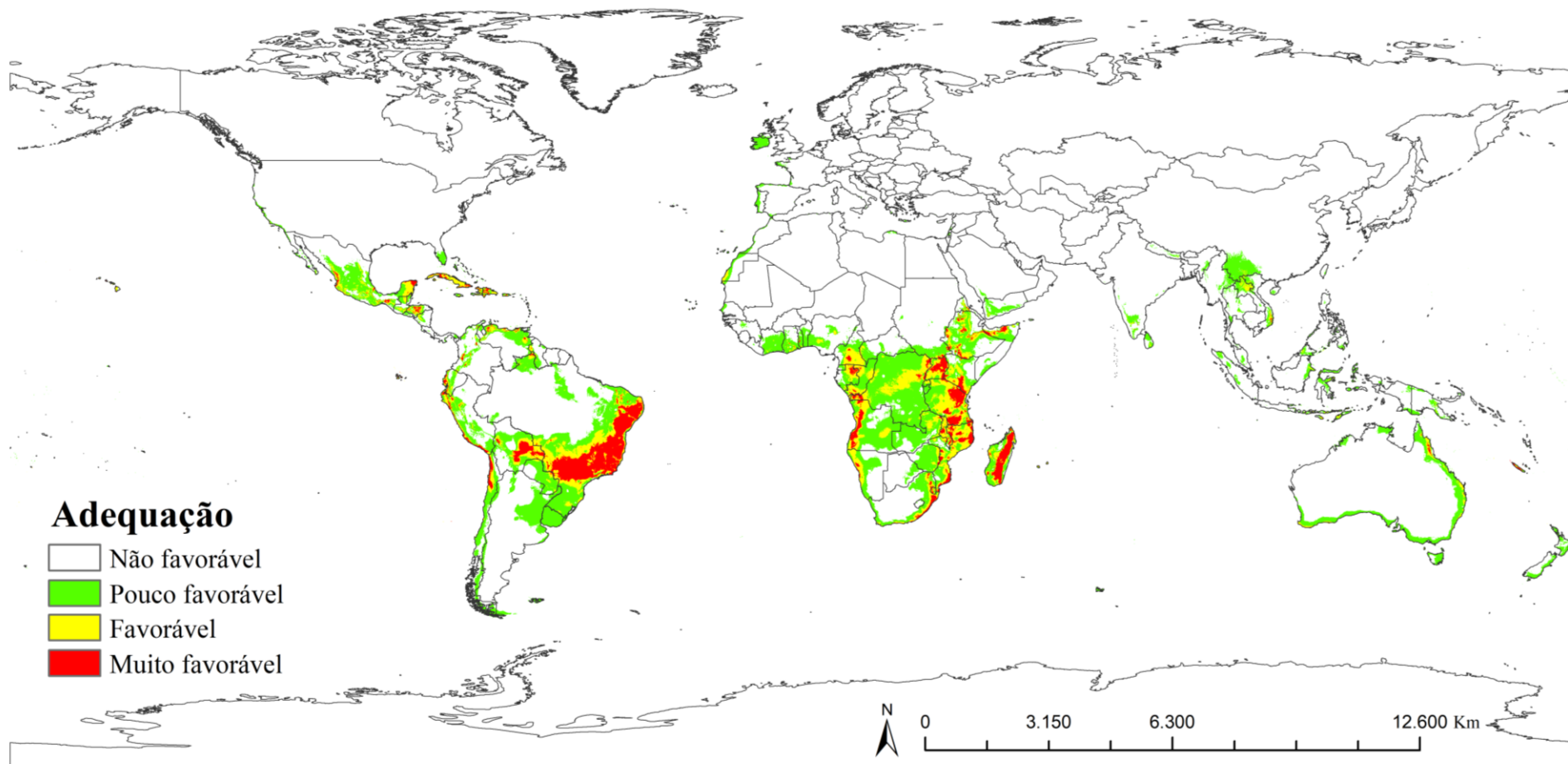
No modelo obtido para *N. idaeus* a condição de muito favorável foi indicada para algumas localidades do México e em alguns países do Caribe como Cuba, Porto Rico, Guatemala e Nicarágua (FIGURA 8). Na América do sul, localidades com condição de muito favorável é indicada no Peru, Chile, Bolívia e nas regiões Sudeste e Nordeste do Brasil. No continente africano essa condição foi indicada no litoral de alguns países como: Camarões, Republica do Congo, Republica Democrática do Congo, Angola, Namíbia, África do Sul, Moçambique, Malawi, Madagascar, Tanzânia, Quênia, Somália e Etiópia. Enquanto que na Oceania foi observado apenas em algumas localidades do litoral do nordeste Australiano.

Figura 7 - Distribuição potencial de *N. californicus* no mundo, conforme modelo no Maxent



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 8 - Distribuição potencial de *N. idaeus* no mundo, conforme modelo no Maxent



Fonte: dados da pesquisa.

## 5 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstram que: (i) *N. californicus* e *N. idaeus* são capazes de se estabelecer em locais distintos nos diferentes continentes; (ii) a probabilidade de estabelecimento de *N. californicus* foi limitada especialmente por condições de temperaturas elevadas, enquanto que para *N. idaeus* as limitações aconteceram para condições de variação anual de temperaturas. Tais resultados podem auxiliar no momento da escolha, em uma determinada área, pelo uso de um desses predadores como agentes de controle biológico.

Regiões preditas como muito favorável para o estabelecimento de *N. californicus* foram observadas nos cinco continentes, concentradas em latitudes próximas dos trópicos de câncer e capricórnio. Com exceção das regiões de elevada probabilidade de estabelecimento no Sul da Oceania e Sul da China todas as demais correspondem a áreas onde *N. californicus* já foi encontrado naturalmente. Estas regiões compartilham características climáticas de temperaturas amenas e elevada umidade. Efeitos adversos da temperatura e umidade sobre o desenvolvimento e reprodução de *N. californicus* podem justificar as predições obtidas no presente estudo, e já foram relatados por inúmeros pesquisadores em condições de laboratório (UDDIN *et al.*, 2017; El TAJ; JUNG, 2012; CANLAS *et al.*, 2006; HART *et al.*, 2002). Faixas ótimas de temperaturas ao desenvolvimento e reprodução de *N. californicus* são obtidas próximas a 25°C, enquanto que temperaturas abaixo de 10°C ou superiores a 30°C limitam o desenvolvimento e reprodução deste predador por ocasionar elevadas taxas de mortalidade (RENCKEN; PRINGLE 1998 e GOTOH *et al.*, 2004). No que diz respeito à umidade poucos estudos têm avaliado o efeito desse parâmetro sobre *N. californicus*. Esse ácaro não tem desenvolvimento em umidade < 40%. De acordo com Walzer *et al.* (2007) a eficiência de *N. californicus* em ambientes com baixa umidade relativa (regiões semiáridas, com umidade abaixo de 60%) é frequentemente insuficiente. Contudo, estudos recentes em laboratório têm demonstrado que é possível selecionar populações de *N. californicus* visando o seu uso nessas regiões (WALZER *et al.*, 2007).

Em relação a *N. idaeus*, as regiões preditas como muito favorável para o estabelecimento dessa espécie foram observadas apenas em quatro continentes, e se concentram em países que estão próximos ao Equador, em especial, nos que se encontram na parte sul do hemisfério. A quantidade de regiões com potencial de estabelecimento foram superiores as que *N. idaeus* ocorre naturalmente, considerando que esse ácaro é encontrado em apenas alguns países da América do Sul (VAN DINH *et al.*, 1988) e também da África,



onde foram introduzidos. Estas regiões têm em comum, características climáticas de temperatura média anual elevada ( $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ), baixa amplitude térmica anual e pela ausência da estação fria (invernos rigorosos). Também conhecidas como regiões de clima com duas estações, sendo quente e, na maior parte do ano, de baixa umidade. Por causa dessas características *N. idaeus* foi selecionado, dentre as espécies encontradas na região do Nordeste brasileiro, para integrar um grupo de espécies (inimigos naturais) que seriam testados em alguns países do continente africano, de condições ambientais semelhantes a esta região. Nestes países, foi estabelecido um programa de controle biológico do ácaro *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae), no qual *N. idaeus* mostrou-se bastante efetivo no controle da referida praga e de outros ácaros nativos que também se associam a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), como por exemplo: *Tetranychus lombardii* Baker & Pritchard (Acari; Tetranychidae), que raramente atinge níveis populacionais prejudiciais (VAN DEN BERG; MARKHAM, 1987; YANINEK *et al.*, 1991).

As regiões preditas como não favorável ao estabelecimento de *N. idaeus* são as que apresentam alta variação anual de temperatura, típico de países de clima Temperado, a exemplo dos países Europeus com quatro estações no ano, de verões quentes e invernos rigorosos. Essa condição também foi observada para algumas regiões em que, no período da manhã são extremamente quentes enquanto que no período da noite tornam-se muito frios (isotermalidade). Estudos envolvendo o efeito de diversas temperaturas no desenvolvimento e reprodução de *N. idaeus* não são encontrados, porém, em função de sua ocorrência natural ser em regiões de clima Tropical (seco), pode se inferir, que essa espécie está adaptada e se desenvolve bem em temperaturas mais elevadas em comparação a espécies de predadores de outras regiões com diferentes climas. Em relação à umidade, *N. idaeus* apresenta maior tolerância a baixas umidades (VAN DINH *et al.*, 1988). Essa espécie consegue sobreviver em regiões com umidade abaixo de 40%, principalmente no que se refere à viabilidade de ovos, sendo comprometidos apenas, quando a umidade torna-se abaixo de 30% por períodos prolongados (VAN DINH *et al.*, 1988).

A obtenção de sucesso de um determinado agente de controle biológico de praga está relacionada a diversos fatores, dentre eles estão os climáticos, principalmente a temperatura e umidade com ação direta e indireta nos organismos. Segundo Stiling (1993), 36,4% dos casos de insucessos com predadores estão relacionados ao clima e que certamente a temperatura seja a que mais tem contribuído para isso. Casos de insucessos também ocorrem com outros tipos de agentes de controle biológico, como por exemplo: os parasitoides, em que

34,1% dos casos de insucessos se devem a inequação dos fatores ambientais a esses inimigos naturais (STILING, 1993).

Relatos de insucessos em programas de controle biológico são raros de serem encontrados na literatura. Um exemplo conhecido é justamente a do ácaro *N. idaeus* e de outras espécies de inimigos naturais obtidos na Colômbia e introduzidas no continente africano no ano de 1983 (CÉDOLA; BOTTO, 1999). Nenhuma das espécies, inclusive *N. idaeus*, se estabeleceu ao longo de cinco anos de liberações experimentais (YANINEK *et al.* (1991). Somente com a reintrodução em 1989 do ácaro *N. idaeus* coletado na região do Nordeste brasileiro, com condições semelhantes as dos países africanos, foi obtido o sucesso esperado (VAN DEN BERG; MARKHAM, 1987).

Nas áreas preditas nos modelos como não favorável e pouco favorável, *N. californicus* e *N. idaeus* podem ser utilizados em programas de controle biológico desde que ocorra a adequação das condições ambientais locais através da manipulação do ambiente, principalmente no que se refere à temperatura e umidade, e isto só é possível, com o uso de ambientes protegidos (casa de vegetação). Vale ressaltar, que os resultados obtidos nos modelos referem-se ao potencial das localidades para o estabelecimento das espécies em campo e consideram apenas fatores abióticos (Nicho fundamental) que derivam de duas informações (temperatura e precipitação), o que também não significa que nas regiões onde as predições foram de favorável e muito favorável, ocorrerá o estabelecimento, tendo em vista, a existência de fatores bióticos que também podem interferir no estabelecimento das espécies (GHAZY *et al.*, 2016).

Grande parte dos estudos com modelagem relacionados ao controle de pragas corresponde à predição de áreas onde a espécie-praga pode encontrar condições favoráveis para se estabelecer, geralmente de uma espécie exótica. Dessa forma, o uso da modelagem preditiva de distribuição de espécies com agentes de controle biológico possui uma ampla possibilidade de estudos, tendo em vista a grande quantidade de inimigos naturais, em especial ácaros predadores, que são utilizados no controle de diferentes pragas. Além disso, a modelagem apresenta-se como uma importante ferramenta a ser utilizada em programas de controle biológico, devido a série de benefícios que a mesma pode proporcionar, como por exemplo: a antecipação dos acontecimentos em campo de um agente de controle ao ser liberado em uma determinada localidade, a probabilidade de estabelecimento do agente de controle no local, a necessidade de frequentes liberações e o conhecimento prévio das variáveis ambientais que são mais limitantes na região para um determinado agente de controle. Portanto, o fato de não ser encontrado na literatura estudos de modelagem com

predição de áreas com potencial de estabelecimento para as espécies de ácaros predadores *N. californicus* e *N. idaeus* justifica a realização desse estudo e torna-se um diferencial na adoção de medidas, sendo de grande valia para dar suporte a estudos e auxiliar no planejamento e implementação de programas de controle biológico com essas espécies de predadores.

## 6 CONCLUSÃO

- *Neoseiulus californicus* e *Neoseiulus idaeus* são capazes de se estabelecer em locais distintos nos diferentes continentes.
- A quantidade de regiões com potencial de estabelecimento foram superiores as que *N. californicus* e *N. idaeus* ocorrem naturalmente.
- No Brasil a condição de muito favorável para *N. californicus* foi indicada apenas em Estados da região Sul, enquanto que para *N. idaeus* foi indicada em Estados da região Nordeste e Sudeste.
- A Região Norte do Brasil apresenta condição não favorável para o estabelecimento de *Neoseiulus californicus* e *Neoseiulus idaeus*.
- A probabilidade de estabelecimento de *N. californicus* é limitada especialmente por condições de temperaturas elevadas, enquanto que para *N. idaeus* as limitações acontecem para condições de variação anual de temperaturas.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, B. R.; LORINI, M. L.; GRELE, C. E. V. Modelagem preditiva de distribuição de espécies ameaçadas de extinção: um panorama das pesquisas. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 483-508, Dez. 2013.
- AMARO, G. C.; MORAES, E. G. F. Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 60, n. 3, p. 343-355, Jan. 2013.
- AUSTIN, M. P. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. **Ecological Modelling**, Canberra, v. 157, p. 101-118, Nov. 2002.
- AZEVEDO, L. H. de; EMBERSON, R. M.; ESTECA, F. C. N.; MORAES, G. J. de. Macrochelid Mites (Mesostigmata: Macrochelidae) as Biological Control Agents. *In*: CARRILLO, D.; MORAES, G. J. de; PEÑA, J. (eds). **Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms. Progress in Biological Control**, Springer, Cham, 2015. p. 103-132.
- BAAL, E. V.; HOUTEN, Y. V.; HOOGERBRUGGE, H.; BOLCKMANS, K. Side effect on thrips of the spider mite predator *Neoseiulus californicus*. **Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting**, Rodenrijs, v. 18, p. 37-42, Dec. 2007.
- BARBAR, Z. Occurrence, population dynamics and winter phenology of spider mites and their phytoseiid predators in a citrus orchard in Syria. **Acarologia**, Montferrier-sur-Lez, v. 54, n. 4, p. 409-423, Dec. 2014.
- BARBOSA, Marina Ferraz de Camargo; DEMITE, Peterson Rodrigo; MORAES, Gilberto José de; POLETTI, Marcelo. **Controle biológico com ácaros predadores e seu papel no manejo integrado de pragas**. 1. ed. São Paulo: Promip, 2017. 69 p.
- BALE, J. Effects of temperature on the establishment of non-native biocontrol agents: the predictive power of laboratory data. *In*: **Second International Symposium on Biological Control of Arthropods**, 2005, UK Birmingham. School of Biosciences University of Birmingham, 2005. p. 593-602.
- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin; HARPER, John. **Ecologia: de Indivíduos a Ecossistemas**. Tradução de Paulo Luiz de Oliveira. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 719 p.
- BUITENHUIS, R.; SHIPP, L.; SCOTT-DUPREE, C. Dispersal of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on potted greenhouse chrysanthemum. **Biological Control**, [S. I.], v. 52, p. 110-114, Feb. 2010.
- CANLAS, L. J.; AMANO, H.; OCHIAI, N.; TAKEDA, M. Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 11, n. 2, p. 141-157, Jan. 2006.

CARMONA, Maria Manuela; DIAS, Silva. **Fundamentos de Acarologia Agrícola**. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 424 p.

CARRILLO, Daniel; MORAES, Gilberto José de; PEÑA, Jorge. **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, 2015. 328 p.

CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S. Effect of long-term feeding history on numerical and functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 23, p. 217-234, Mar. 1999.

CAVALCANTE, A. C. C.; SANTOS, V. L. V. dos; ROSSI, L. C.; MORAES, G. J. de. Potential of Five Brazilian Populations of Phytoseiidae (Acari) for the Biological Control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 108, n. 1, p. 29-33, Feb. 2015.

CAVALCANTE, A. C. C. MANDRO, M. E. A. PAES, E. R. MORAES, J. G. de. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, [S. J], v. 43, n. 1, p. 10-15, Aug. 2016.

CAVALCANTE, A. C. C.; MORAES, G. J. de. Ácaros predadores nativos (Acari: Phytoseiidae): un potencial desconocido para el control biológico de la mosca-blanca en Brasil. **Boletín de I<sup>a</sup> NTRS-IOBC**. 27, p. 5-6, July. 2016.

CÉDOLA, C. V.; BOTTO, E. N. Parámetros poblacionales de *Neoseiulus idaeus* (Acari : Phytoseiidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, La Plata, v. 58, n. 3, p. 37-41, dic. 1999.

COLLIER, K. F. S; LIMA, J. O. G. de; ALBUQUERQUE, G. S. Predacious Mites in Papaya (*Carica papaya* L.) Orchards: In Search of a Biological Control Agent of Phytophagous Mite Pests. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 799-803, Dec. 2004.

COLLIER, K. F. S.; ALBUQUERQUE, G. S.; LIMA, J. O. G. de; PALLINI, A.; MOLINA-RUGAMA, A. *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential biocontrol agent of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in papaya: performance on different prey stage-host plant combinations. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 41, n. 1-2, p. 27-36, Jan. 2007.

COLLIER, K. F. S; LIMA, J. O. G. de. Toxicidade de agroquímicos a *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma (Acari : Phytoseiidae) e a *Polyphagotarsonemus Latus* (banks) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari : Tarsonemidae , Tetranychidae ) criados em mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Cereus**, Gurupi, v. 2, p. 1-9, June. 2011.

CHORAZY, A.; KROPCZYŃSKA-LINKIEWICZ, D.; SAS, D.; ESCUDERO-COLOMAR, L. A. Distribution of *Amblydromalus limonicus* in northeastern Spain and diversity of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in tomato and other vegetable crops after its introduction. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 69, n. 4, p. 465-478, May. 2016.

CORSI, F.; DUPRE, E.; BOITANI, L. A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. **Conservation Biology**, Washington, v. 13, n. 1, p. 150-159, Feb. 1999.

DENMARK, H. A.; MUMA, M. H. Phytoseiid mites of Brazil (Acarina: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.33, p. 235-276, 1973.

DE LA IGLESIA, L.; SANTIAGO, Y.; MORENO, C. M.; PÉREZ, A.; PELÁEZ, H.; PRADO, N.; CEPEDA, S.; FERRAGUT, F. Ácaros fitodeidos (Acari: Phytoseiidae) asociados a frutales de pepita y viñedo del Bierzo (León). **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, [S. I.], v. 33, p. 3-14, enero. 2007.

DIEHL, M.; FERLA, N. J.; JOHANN, L. Plantas associadas à videiras: uma estratégia para o controle biológico no rio grande do sul. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n. 4, p. 579-586, dez. 2012.

DOMINGOS, C. A.; MELO, J. W. S.; OLIVEIRA, J. E. M.; GONDIM, M. G. C. Mites on grapevines in northeast Brazil: Occurrence, population dynamics and within-plant distribution. **International Journal of Acarology**, [S. I.], v. 40, n. 2, p. 145-151, Feb. 2014.

EICHELBERGER, C. R.; JOHANN, L.; MAJOLO, F.; FERLA, N. J. Mites fluctuation population on peach tree (*prunus persica* (L.) Batsch) and in associated plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 765-773, Sept. 2011.

EL TAJ, H. F.; JUNG, C. Effect of temperature on the life-history traits of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Panonychus ulmi*. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 247-260, Jan. 2012.

FADAMIRO, H. Y.; AKOTSEN-MENSAH, C.; XIAO, Y.; ANIKWE, J. Field evaluation of predacious mites (acari: phytoseiidae) for biological control of citrus red mite, *panonychus citri* (trombidiformes: tetranychidae). **Florida Entomologist**, [S. I.], v. 96, n. 1, p. 80-91, Mar. 2013.

FAN, Q-H.; FLECHTMANN, C. H. W. Stigmaeidae. In: CARRILLO D.; MORAES G. J. de; PEÑA J. (eds). **Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms. Progress in Biological Control**, v. 19. Springer, Cham, 2015. p. 185-206.

FERLA, N. J.; JOHANN, L.; KLOCK, C.; MAJOLO, F.; BOTTONM, M. Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) from vineyards in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Zootaxa**, Auckland, v. 2976, n. 1, p. 15-31, July. 2011.

FERLA, N. J.; MARCHETTI, M. M.; GONÇALVES, D. Ácaros predadores (Acari) associados à cultura do morango (*Fragaria* sp, Rosaceae) e plantas próximas no Estado do Rio Grande do Sul. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 1-8, maio. 2007.

FRAULO, A. B.; LIBURD, O. E. Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 43, n. 2, p. 109-119, Oct. 2007.

- FRAULO, A. B.; MCSORLEY, R.; LIBURD, O. E. Effect of the biological control agent *Neoseiulus californicus* (acari: phytoseiidae) on arthropod community structure in North Florida strawberry fields. **Florida Entomologist**, [S. I.], v. 91, n. 3, p. 436-445, Sept. 2008.
- FRIESE, D. D.; GILSTRAP, F. E. Influence of prey availability on reproduction and prey consumption of *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus* and *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, [S. I.], v. 8, p. 85-89, Mar. 1982.
- GARCIA, I. P.; CHIAVEGATO, L. G. Resposta funcional e reprodutiva de *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1905) (Acari: Phytoseiidae) a diferentes densidades de ovos de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae). **Científica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 35-43, 1997.
- GERSON, U.; SMILEY, R. L.; OCHOA, R. **Mites (Acari) for pest control**. Malden: Blackwell, 2003. 539 p.
- GHAZY, N. A.; OSAKABE, M.; NEGM, M. W.; SCHAUSBERGER, P.; GOTOH, T.; AMANO, H. Phytoseiid mites under environmental stress. **Biological Control**, [S. I.], v. 96, p. 120-134, Mar. 2016.
- GIOVANELLI, J. G. R.; ARAUJO, C. O.; HADDAD, C. F. B.; ALEXANDRINO, J. Ecological modelling of *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): prediction of new occurrence areas for a rare species. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo, v. 3, n. 2, p. 59-65, Aug. 2008.
- GOTOH, T.; YAMAGUCHI, K.; MORI, K. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 32, p. 15-30, Jan. 2004.
- GÓMEZ-MOYA, C. A.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; MORAES, G. J. de; MORAIS, E. G. F. de. Effect of relative humidity on the biology of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, [S. I.], v. 44, p. 1-12, Oct. 2018.
- GULLAN, Penny; CRANSTON, Peter. **The insects: an outline of entomology**. London: Chapman & Hall, 1994. 491 p.
- GUISAN, A.; PETITPIERRE, B.; BROENNIMANN, O.; DAEHLER, C.; KUEFFER, C. Unifying niche shift studies: insights from biological invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, London, v. 29, n. 5, p. 1-10, Apr. 2014.
- HART, A. J.; BALE, J. S.; TULLETT, A. G.; WORLAND, M. R.; WALTERS, K. F. A. Effects of temperature on the establishment potential of the predatory mite *Amblyseius californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) in the UK. **Journal of Insect Physiology**, [S. I.], v. 48, n. 6, p. 593-599, Mar. 2002.
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surface for global land areas. **International Journal of Climatology**, [S. I.], v. 25, p. 1965-2198, Sept. 2005.



JOLLY, R. L. **The status of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) in the UK, and its potential as a biocontrol agent of *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae).** 2001. 173 p. thesis (Doctor of Philosophy) - School of Biosciences The University of Birmingham TI, February 2001.

KNAPP, M.; HOUTEN, Y. V.; BAAL, E. V.; GROOT, T. Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. **Acarologia**, Montferrieux-sur-Lez, v. 58, p. 72-82, Sept. 2018.

KRANTZ, Gerald William; WALTER, David Evans. **A manual of acarology.** 2. ed. Lubbock, Texas: Texas Tech University Press. 2009, 807 p.

KUMAR, S.; GRAHAM, J.; WEST, A. M.; EVANGELISTA, P. H. Using district-level occurrences in Maxent for predicting the invasion potential of an exotic insect pest in India. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S. I.], v. 103, p. 55-62, Mar. 2014.

LINDQUIST, Evert; KRANTZ, Gerald William; WALTER, David Evans. Order Mesostigmata. *In*: KRANTZ, Gerald William; WALTER, David Evans. **A manual of acarology.** 2. ed. Lubbock, Texas: Texas Tech University Press. 2009, p. 232.

MARAFELI, P. P.; REIS, P. R.; SILVEIRA, E. C. da; SOUZA-PIMENTEL, G. C; TOLEDO, M. A. de. Life history of *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) fed with castor bean (*Ricinus communis* L.) pollen in laboratory conditions. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 74, n. 3, p. 691-697, Aug. 2014.

MAROUFPOOR, M.; GHOOSTA, Y.; POURMIRZA, A. A. Life table parameters of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae), on the European red mite, *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) in laboratory condition. **Persian Journal of Acarology**, [S. I.], v. 2, n. 2, p. 265-276, May. 2013.

MASSARO, M.; MARTIN, J. P. I.; MORAES, G. J. de. Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 70, n. 4, p. 411-420, Sept. 2016.

MCGREGOR, E. A. Two new mites in the genus Typhlodromus (Acarina: Phytoseiidae). **Bulletin Southern California Academy of Sciences**, [S. I.], v. 53, p. 89-92, 1954.

MCMURTRY, J. A. Some predaceous mites (Phytoseiidae) on citrus in the Mediterranean Region. **Entomophaga**, [S. I.], v. 22, p. 19-30, 1977.

MCMURTRY, J. A.; SOURASSOU, N. F.; DEMITE, P. R. The Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) as Biological Control Agents. *In*: CARRILLO D.; MORAES G. J. DE; PEÑA J. (eds). **Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms. Progress in Biological Control**, v. 19. Springer, Cham, 2015. p. 133-149.

MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J. de; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 18, n. 4, p. 297-320, Dec. 2013.

MCMURTRY, J. A.; OATMAN, F. R.; FLESCNER, C. A. Phytoseiid mites on some tree and row crops and adjacent wild plants in Southern California. **Jornal of Economic Entomology**, Oxford, v. 64, p. 405-408, June. 1970.

MCMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, [S. I.], v. 42, p. 291-321, Jan. 1997.

MEGEVAND, B.; TANIGOSHI, L. K. Effects of prey deprivation on life table attributes of *Neoseiulus idaeus* Denmark and Muma (Acari: Phytoseiidae). **Biological control**, [S. I.], v. 5, p. 73-82, June. 1995.

MESA, N.; BELLOTI, A. Ciclo de vida y hábitos alimenticios de *Neoseiulus anonymus*, predador de ácaros Tetranychidae en yuca. **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 12, n. 1, p. 54-55, 1986.

MESSELINK, G. J.; MAANEN, R. V.; VAN STEENPAAL, S. E. F.; JANSSEN, A. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. **Biological Control**, [S. I.], v. 44, n. 3, p. 372-379, Mar. 2008.

MONTEIRO, L. B. Manejo integrado de pragas em macieira no rio grande do sul. Uso de *Neoseiulus californicus* para o controle de *Panonychus ulmi*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 24, n. 2, p. 395-405, ago. 2002.

MONTEIRO, L. B. Manejo Integrado de *Panonychys ulmi* em Macieira. Primeiras experiências com a introdução de *Neoseiulus californicus*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 46-53, jan. 1994.

MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: PARRA, J. R. P. *et al.* (eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 14, p. 225-232.

MORAES, G. J. de; ALENCAR, J. A. de; LIMA, J. L. S. de; YANINEK, J. S. Alternative plant habitats for common phytoseiid predators of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in northeast Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 77-90, Jan. 1993.

MORAES, G. J. de; MCMURTRY, J.A. Phytoseiid mites (Acarina) of Northeastern Brazil with descriptions of four new species. **International Journal of Acarology**, [S. I.], v. 9, p. 131-148, 1983.

MORAES, G. J. de; SILVA, C. A. D. da; MOREIRA, A. N. Biology of a strain of *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) from Southwest Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 18, p. 213-220, Apr. 1994.

MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia**. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2008. 308 p.

MORAES, G. J. de; VENANCIO, R.; SANTOS, V. L. V. dos; PASCHOAL, A. D. Potential of Ascidae, Blattisociidae and Melicharidae (Acari: Mesostigmata) as Biological Control Agents of Pest Organisms. *In*: CARRILLO, D.; MORAES, G. J. de, PEÑA, J. (eds).

**Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms. Progress in Biological Control**, v. 19. Springer, Cham, 2015. p. 33-75.

MOREIRA, G. F.; MORAES, G. J. de. The Potential of Free-Living Laelapid Mites (Mesostigmata: Laelapidae) as Biological Control Agents. *In*: CARRILLO, D.; MORAES, G. J. de, PEÑA, J. (eds). **Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms. Progress in Biological Control**, v. 19, Springer, Cham, 2015. p. 77-112.

PARRA, José Roberto Postali; BOTELHO, Paulo Sérgio Machado; CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding; BENTO, José Maurício Simões. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. 609 p.

PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; SÁNCHEZ-CORDERO, V. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. **Science**, Washington, DC, v. 285, p. 1265-1267, Aug. 1999.

PETERSON, Andrew Townsend; SOBERÓN, Jorge; PEARSON, Richard; ANDERSON, Robert; MARTÍNEZ-MEYER, Enrique.; NAKAMURA, Miguel; ARAÚJO, Miguel Bastos. **Ecological Niches and Geographic Distributions**. Princeton: Published by Princeton University Press, 2011. 329 p.

PETERSON, A.T.; SHAW, J. Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. **International Journal for Parasitology**, [S. I.], v. 33, p. 919-931, Aug. 2003.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. **International Journal of Global Environmental**, [S. I.], v. 6, p. 231-252, Feb. 2006.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *In*. International Conference on Machine Learning, 21, 2004, Banff, Canada: ACM Press, 2004, p. 655-662.

POLETTI, M. **Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)**. 2007. 166 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.

RAHMANI, H.; HOSEINI, M.; SABOORI, A.; WALZER, A. Prey preference of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Mesostigmata: Phytoseiidae) when offered two major pest species, the two spotted spider mite and the onion thrips. **International Journal of Acarology**, [S. I.], v. 42, p. 319-323, June. 2016.

RAWORTH, D. A.; FAUVEL, G.; AUGER, P. Location, reproduction and movement of

*Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) during the autumn, winter and spring in orchards in the south of France. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 18, p. 593-602, Oct. 1994.

REICHERT, M. B.; SILVA, G. L. da; ROCHA, M. S.; JOHANN, L.; FERLA, N. J. Mite fauna (Acari) in soybean agroecosystem in the northwestern Region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, London, v.19, p. 123-136, June. 2014.

REICHERT, M. B.; TOLDI, M.; FERLA, N. J. Feeding Preference and Predation Rate of *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) Feeding on Different Preys. **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 21, n. 12, p. 1631-1640, Dec. 2016.

REICHERT, M. B.; TOLDI, M.; RODE, P. A.; FERLA, J. J.; FERLA, N. J. Biological performance of the predatory mite *Neoseiulus idaeus* (Phytoseiidae): a candidate for the control of tetranychid mites in Brazilian soybean crops. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 2, p. 1-6, June. 2017.

RHODES, E. M.; LIBURD, O. E. Predatory Mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Arachnida: Acari: Phytoseiidae). **Series Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension**, Florida, [s. v.], p. 1-4, Nov. 2005.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; SOGLIA, M. C. M. Influência da Temperatura no Desenvolvimento e Parasitismo de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 341-346, maio/jun. 2004.

RODRIGUES, J. R. **Os ácaros fitoseídeos na limitação natural do aranhaço-vermelho em fruteiras e vinha**. Ponte de Lima, Portugal: Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2005. 191 p.

SABELIS, M.W.; DICKE, M. Long-range dispersal and searching behaviour. *In*: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (orgs.). **World Crop Pests. Spider mites their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. p. 141-160.

SABELIS, M.W. Development. *In*: HELLE, W.; SABELIS M. W. (eds.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. p. 43-52.

SATO, M. E.; SILVA, M. Z. da; CANGANI, K. G.; RAGA, A. Seleções para resistência e suscetibilidade, detecção e monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* ao acaricida Clorfenapir. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 89-95, jan. 2007.

SATO, M. E.; SILVA, M. Z. da; SILVA, R. B. da; SOUSA FILHO, M. F. de; RAGA, A. Monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a Abamectin e Fenpyroximate em diversas culturas no estado de São Paulo. **Arquivo Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 2, p. 217-223, abr/jun. 2009.

SATO, M. E.; PASSEROTTI, C. M.; TAKEMATSU, A. P.; SOUZA FILHO, M. F. de; POTENZA, M. R.; SÍVIERÍ, A. P. Resistência de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) a acaricidas, em pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch) em Paranapanema e Jundiá, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 67, n. 1, p. 117-123, jan. 2000.

- SILVA, M. Z.; SATO, M. E.; OLIVEIRA, C. A. de.; NICASTRO, R. L. Interspecific interactions involving *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and *Agistemus brasiliensis* (Acari: Stigmaeidae) as predators of *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimenta and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 65, p. 319-329, Mar. 2015.
- SOUZA-PIMENTEL, G. C.; REIS, P. R.; BONATTO, C. R.; ALVES, J. P.; SIQUEIRA, M. F. Reproductive parameters of *Phytoseiulus macropilis* (Banks) fed with *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in laboratory. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 1, p. 162-169, Jan/Mar. 2017.
- STILING, P. Why do natural enemies fail in classical biological control programs? **American Entomologist**, [S. I.], [S. v.], p 31-37, jan. 1993.
- TAJ, H. F. E.; JUNG, C. Effect of temperature on the life-history traits of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Panonychus ulmi*. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 247-260, Jan. 2012.
- THE IPM PRACTITIONER. **Monitoring the field of pest management**, [S. I.], v. 34, n. 11/12, p. 1-48, 2015.
- TÔRRES, N. M.; VERCILLO, U. E. Como Ferramentas de Modelagem de Distribuição de Espécies Podem Subsidiar Ações de Governo? **Natureza & Conservação**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 228-230, dez. 2012.
- TOYOSHIMA, S.; HINOMOTO, N. Intraspecific variation of reproductive characteristics of *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 39, p. 351-355, Aug. 2004.
- UDDIN, M. N.; ALAM, M. Z.; MIAH, M. R. U.; MIAN, M. I. H.; MUSTARIN, K. Life table parameters of an indigenous strain of *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) when fed *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Entomological Research**, [S. I.], v. 47, p. 84-93, Mar. 2017.
- VAN DEN BERG, H.; MARKHAM, R. H. Prey preference and reproductive success of the predatory mite *Neoseiulus idaeus* on the prey species *Mononychellus tanajoa* and *Tetranychus lombardii*. **Insect Science and Its Application**, Grã-Bretanha, v. 8, p. 867-869, Dec. 1987.
- VAN DINH, N.; JANSSEN, A. R. M.; SABELIS, M. W. The influence of humidity and water availability on the survival of *Amblyseius idaeus* and *Amblyseius anonymus*. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 4, p. 27-40, Feb. 1988.
- VAN LEEUWEN, T.; VONTAS, J.; TSAGKARAKOU, A.; DERMAUW, W.; TIRRY, L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, [S. I.], v. 40, p. 563-572, June. 2010.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: Plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, [S. I.], v. 57, p. 1-20, Feb. 2012.

VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KOHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, [S. I.], v. 63, p. 39-59, Feb. 2018.

VASSILIOU, V. A.; KITSIS, P. Acaricide Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari : Tetranychidae) Populations from Cyprus. **Entomological Society of America**, Annapolis, v. 106, p. 1848-1854, Aug. 2013.

VERAN, S.; PIRY, S.; TERNOIS, V.; MEYNARD, C. N.; FACON, B.; ESTOUP, A. Modeling spatial expansion of invasive alien species: relative contributions of environmental and anthropogenic factors to the spreading of the harlequin ladybird in France. **Ecography**, [S. I.], v. 39, p. 665-675, July. 2016.

WALZER, A.; CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S.; LIGUORI, M.; PALEVSKY, E.; SCHAUSBERGER, P. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: Survival, development and reproduction. **Biological Control**, [S. I.], v. 41, p. 42-52, Apr. 2007.

WATANABE, M. A.; MORAES, G. J. de; GASTALDO JUNIOR, I.; NICOLELLA, G. Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari : Tetranychidae, Phytoseiidae). **Scientia Agricola**, Jaguariúna, v. 51, n. 1, p. 75-81, abr. 1994.

WELK, E.; SCHUBERT, K.; HOFFMANN, M. H. Present and potential distribution of invasive garlic mustard (*Alliaria petiolata*) in North America. **Diversity and Distributions**, [S. I.], v. 8, p. 219-233, June. 2002.

WEST, A. M.; KUMAR, S.; BROWN, C. S.; STOHLGREN, T. J.; BROMBERG, J. Field validation of an invasive species Maxent model. **Ecological Informatics**, [S. I.], v. 36, p. 126-134, Nov. 2016.

YANINEK, J. S.; MÉGEVAND, B.; MORAES, G. J. de; BAKKER, F.; BRAUN, A.; HERREN, H. R. Establishment of the neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. **Biocontrol Science and Technology**, London, v.1, p. 323-330, July. 1991.

YOM-TOV, Y.; KADMON, R. Analysis of the distribution of insectivorous bats in Israel. **Diversity and Distributions**, [S. I.], v. 4, p. 63-70, Mar. 1998.