



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**CENTRO DE BIOCÊNCIAS**

**BRUNA RAFAELA MONTEIRO CAMPELO**

**RESPOSTA DE *Raoiella indica* A ESTRESSE AMBIENTAL NA  
AUSÊNCIA DE SEU HOSPEDEIRO**

**Recife- PE**

**2023**

**RESPOSTA DE *Raoiella indica* A ESTRESSE AMBIENTAL NA  
AUSÊNCIA DE SEU HOSPEDEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Bacharelado Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

**Departamento:** Zoologia

**Orientador (a):** Prof. Dr. Debora Barbosa de Lima Melo

**Recife- PE**

**2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Campelo, Bruna Rafaela Monteiro.

Resposta de RAOIELLA indica a estresse ambiental na ausência de seu  
hospedeiro / Bruna Rafaela Monteiro Campelo. - Recife, 2023.  
46 : il.

Orientador(a): Debora Barbosa de Lima Melo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências  
Ambientais - Bacharelado, 2023.

1. Ácaro. 2. Sobrevivência. 3. Temperatura. 4. Umidade relativa do ar. I.  
Melo, Debora Barbosa de Lima. (Orientação). II. Título.

590 CDD (22.ed.)

BRUNA RAFAELA MONTEIRO CAMPELO

**RESPOSTA DE *Raoiella indica* A ESTRESSE AMBIENTAL NA  
AUSÊNCIA DE SEU HOSPEDEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Bacharelado Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 25/04/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Debora Barbosa de Lima Melo (Orientadora) (UFPE)

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Manoel Guedes Correa Gondim Júnior (UFRPE)

---

Dr.(a) Girleide Vieira de França Beltrão (UFRPE)

**Recife- PE**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) por cederem laboratórios que deram suporte necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

A FACEPE pela concessão da bolsa e pelo o incentivo a pesquisa.

Agradeço a minha orientadora e professora Debora Barbosa de Lima Melo por todo esforço dedicado para me orientar, incentivar e apoiar durante a minha trajetória acadêmica. O seu investimento para a minha formação acadêmica vai além das portas da universidade. Muito obrigada!

Agradeço ao Professor Manoel Guedes C. Gondim Jr que, assim como a professora Debora, não mediu esforços para me ensinar, me ajudar e também me orientar. Obrigada, professor, pela dedicação ao ensino e por estar sempre disponível.

Ao professor José Wagner da Silva Melo por estar sempre disponível para ensinar, ajudar e a solucionar “problemas” quando todos já tentaram resolver mas não obtiveram êxito. Certamente, o Laboratório de Acarologia da UFPE ganhou mais força com a sua chegada.

Agradeço a Isabel, amiga da graduação para a vida, por ter enfrentado comigo todos os “perrengues” da vida acadêmica. Sem dúvidas, sem você este trabalho não teria sido realizado.

Agradeço aos amigos de laboratório: Isabel, Daniel, Aline, Maria Luiza, Lorena, Marcelo, Lídia, Isaac, Gigi e André, por sempre me ajudarem em tudo que precisei. Os dias nos laboratórios se tornam mais alegres na companhia de vocês.

Por fim, o mais importante, agradeço a minha querida mãe por ser presente na minha vida, por ser a fiel intercessora, amiga e ajudadora. Obrigada por me educar! Te amo!

Diante de tudo que me foi proporcionado, “Que darei eu ao Senhor, por todos os benefícios que me tem feito?”- Salmo 116:12. A graça e a bondade de Jesus Cristo tem me cercado todos os dias.

Muito obrigada!!

“Seja forte e corajoso!”

Josué 1:9

## RESUMO

*Raoiella indica* é uma espécie exótica que tem expandido rapidamente sua área de ocorrência. A dispersão aérea através de correntes de ar parece ser uma das principais formas de dispersão desta espécie. Contudo, essa dispersão pode levar o ácaro a um destino incerto, como uma planta não hospedeira ou mesmo sobre a planta hospedeira, mas distante do seu sítio de colonização. Nestes casos, o ácaro precisará caminhar para encontrar um local favorável para tentar se dispersar novamente pelo vento ou encontrar seu sítio de colonização, ficando exposto a fatores estressores como temperatura e umidade relativa do ar. O objetivo deste estudo foi avaliar a sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas e umidades. Adicionalmente, o caminhamento fora do hospedeiro foi avaliado. Fêmeas recém emergidas de *R. indica* foram confinadas individualmente em unidades experimentais (células) cobertas por adesivos com microperfurações que permitem a troca de ar, as quais foram submetidas a diferentes temperaturas (21, 24, 27, 30 e 33°C) e umidade relativa constante (65% ± 5) e diferentes umidades (10, 25, 40, 75 e 95%) e temperatura constante (27 ± 1 °C). Trinta fêmeas foram testadas sendo cada uma delas uma repetição. A avaliação consistiu na observação da sobrevivência diária. Os dados foram analisados através de regressões polinomiais. Para avaliar o comportamento de caminhamento, vinte fêmeas adultas foram liberadas em lamínulas e levadas ao sistema de vídeo rastreamento (Viewpoint) para observação durante 10 min. Os parâmetros de caminhamento avaliados foram: distância percorrida, tempo de caminhamento e velocidade média. O aumento da temperatura resultou em uma redução no tempo médio de sobrevivência de *R. indica*. O tempo médio de sobrevivência de *R. indica* variou de 71 h (33°C) a 120 h (21°C). O aumento da umidade relativa resultou em um aumento no tempo médio de sobrevivência de *R. indica*. O tempo médio de sobrevivência de *R. indica* variou de 65 h quando a umidade relativa foi de 10% a 115 h quando a umidade relativa foi de 95%. *Raoiella indica* caminhou 135,2 cm em 10 min. O tempo caminhando foi de 515,90 seg e a velocidade média caminhando foi de 0,27 cm/seg. Os resultados do presente estudo demonstram como a temperatura e umidade relativa do ambiente podem limitar o tempo médio de sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro com reflexo sobre o tempo de busca de um novo hospedeiro ou sítio de colonização.

**Palavras-chave:** Sobrevivência, temperatura, umidade relativa.

## ABSTRACT

*Raoiella indica* is an exotic species that has rapidly expanded its range. Aerial dispersal via air currents seems to be one of the main ways in which this species disperses. However, this dispersal can take the mite to an uncertain destination, such as a non-host plant or even on the host plant, but far from its site of colonization. In these cases, the mite will need to walk to find a favorable location to try to disperse again by wind or find its site of colonization, being exposed to stressors such as temperature and relative humidity. The objective of this study was to evaluate the survival of *R. indica* outside the host at different temperatures and humidities. Additionally, walking outside the host was evaluated. Newly emerged females of *R. indica* were individually confined in experimental units (cells) covered with adhesives with microperforations that allow air exchange, which were subjected to different temperatures (21, 24, 27, 30 and 33°C) and constant relative humidity (65%  $\pm$  5) and different humidities (10, 25, 40, 75 and 95%) and constant temperature (27  $\pm$  1 °C). Thirty females were tested, each one as a replicate. The evaluation consisted in the observation of daily survival. Data were analyzed by polynomial regression. To evaluate walking behavior, twenty adult females were released onto coverslips and taken to the video tracking system (Viewpoint) for observation for 10 min. The walking parameters evaluated were: distance walked, walking time, and average speed. The increase in temperature resulted in a reduction in the average survival time of *R. indica*. The mean survival time of *R. indica* varied from 71 h (33°C) to 120 h (21°C). Increasing relative humidity resulted in an increase in the mean survival time of *R. indica*. The mean survival time of *R. indica* ranged from 65 h when the relative humidity was 10% to 115 h when the relative humidity was 95%. *Raoiella indica* walked 135,2 cm in 10 min. The walking time was 515,90 sec and the average walking speed was 0,27 cm/sec. The results of the present study demonstrate how environmental temperature and relative humidity can limit the average survival time of *R. indica* outside the host with reflection on the time to search for a new host or colonization site.

**Key words:** Survival, temperature, relative humidity.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Curva de sobrevivência de fêmeas adultas de *Raoiella indica* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as temperaturas. .... 37
- Figura 2:** Efeito da temperatura no tempo de sobrevivência de fêmeas adultas de tempo médio *Raoiella indica* fora do hospedeiro. .... 38
- Figura 3:** Curva de sobrevivência de fêmeas adultas de *Raoiella indica* fora do hospedeiro em diferentes umidades relativas do ar. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as umidades relativas do ar. .... 39
- Figura 4:** Efeito da umidade relativa do ar no tempo de sobrevivência de fêmeas adultas de *Raoiella indica* fora do hospedeiro. .... 40

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                       | <b>12</b> |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>              | <b>14</b> |
| <b>2.1 Dispersão .....</b>                       | <b>14</b> |
| <b>2.2 Espécie invasora .....</b>                | <b>16</b> |
| <b>2.3 Influência dos Fatores abióticos.....</b> | <b>17</b> |
| <b>2.4 <i>Raoiella indica</i> .....</b>          | <b>18</b> |
| <b>3. OBJETIVOS.....</b>                         | <b>20</b> |
| <b>3.1 Objetivo Geral.....</b>                   | <b>20</b> |
| <b>3.2 Objetivos Específicos.....</b>            | <b>20</b> |
| <b>4. HIPÓTESE .....</b>                         | <b>20</b> |
| <b>5. REFERÊNCIAS.....</b>                       | <b>21</b> |
| <b>6. RESULTADOS.....</b>                        | <b>30</b> |
| <b>7. CONCLUSÃO .....</b>                        | <b>43</b> |



## 1. INTRODUÇÃO

A capacidade de movimentação dos organismos através de diferentes vias (aérea, terrestre, marítima e/ou associação 'forese') é uma estratégia fundamental para a sobrevivência (Ronce 2007; Clobert *et al.* 2009; Bonte *et al.* 2012). A dispersão envolve 3 etapas: (1) saída de um local, (2) movimentação entre habitats, (3) estabelecimento em um novo local (Begon *et al.* 2007, Clobert *et al.* 2009). A saída de organismos de um ambiente para outro pode ser influenciada por fatores bióticos como predação, competição, escassez de alimento, entre outros (Galvão *et al.* 2011), e por fatores abióticos que incluem temperatura e umidade relativa do ar (Auger *et al.* 1999; Clobert *et al.* 2009).

Comumente a dispersão de ácaros a longas distâncias pode ser pelo transporte de plantas infestadas (Evans 1992; Moraes & Flechtmann 2008) e/ou pelo vento (aérea), através de correntes de ar (Welbourn 2006; Azevedo *et al.* 2022). No entanto, sob condições naturais é provável que a dispersão a longas distâncias seja pelo vento (Welbourn 2006). Essa forma de dispersão está associada a um elevado risco de mortalidade uma vez que o indivíduo não tem controle sobre o seu destino final (Moore & Alexander 1987, Moore & Howard 1996). Ao "aterrissar", após a dispersão pelo vento, pode ser que os ácaros precisem caminhar para alcançar seu hospedeiro ou até mesmo buscar um local para localização dentro do hospedeiro quando não "aterrissa" em locais não preferenciais. Entretanto, a habilidade locomotora dos ácaros para exploração de novas áreas pode ser reduzida pela sensibilidade a fatores ambientais como temperatura e umidade relativa do ar (Bell *et al.* 2005; Clotuche *et al.* 2011, Ghazy *et al.* 2016). Fatores abióticos como temperatura e umidade relativa do ar pode interferir na sobrevivência, reprodução e desenvolvimento de ácaros (Williams *et al.* 2004, Ji *et al.* 2013).

O ácaro fitófago *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae), espécie invasora de importância mundial (Navia *et al.* 2015), descrita do sul da Índia, a partir de folíolos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Hirst 1924), chegou às Américas em 2004 (Flechtmann & Etienne 2004) e rapidamente se estabeleceu em vários países (Vásquez *et al.* 2008, NAPPO 2009; Carrillo *et al.* 2011; Navia *et al.* 2011; Alcívar *et al.* 2020; Ramírez *et al.* 2020). No Brasil, o ácaro foi detectado em 2009 na cidade Boa Vista, Roraima (Navia *et al.* 2011), e logo depois em outros estados do país (Melo *et al.* 2018). *Raoiella indica* tem rápida capacidade de dispersão e alta capacidade de invasão e

adaptação a novos hospedeiros (Ochoa *et al.* 2011; Dowling *et al.* 2012, Navia *et al.* 2015), tendo alto potencial de causar grandes perdas econômicas a cultura do coqueiro e da bananeira no Brasil (Martins & Jesús Jr. 2011). Ao se alimentar do conteúdo celular, através dos estômatos das folhas, o ácaro pode provocar amarelecimento, retardo no desenvolvimento, redução da produção, necrose e até mesmo a morte da planta (Sarkar & Somchoudhury 1988; Sathiamma 1996; Carrillo *et al.* 2012).

*Raoiella indica* pode “aterrissar”, após a dispersão pelo vento, em um local não desejado e longe do sítio de colonização em um hospedeiro e/ou em um não hospedeiro. Portanto, o ácaro terá que buscar outra alternativa para se dispersar, podendo ser por caminhamento. O objetivo do nosso trabalho foi avaliar a sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas e umidades, além de aspectos comportamentais de caminhamento, e como esses parâmetros podem limitar o potencial de deslocamento de caminhamento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Dispersão

A conquista de novos ambientes é um processo natural desempenhado pelos organismos que, além de permitir expandir a população destes, os possibilita ter a chance de sobreviver as situações adversas impostas pela natureza (Mack, 2004; Oliveira *et al.* 2006; Walter & Proctor, 2013). O processo de dispersão inicia quando o organismo sai de um ambiente para se estabelecer em outro (Begon *et al.* 2007, Clobert *et al.* 2009).

A dispersão de ácaros é comumente facilitada devido ao seu tamanho reduzido (Moraes & Flechtmann, 2008), e pode acontecer de forma ativa ou passiva (Gerson *et al.* 2003). A forma ativa é realizada por caminamento, por forésia (transportado por outros organismos) e pelo vento através das correntes de ar (Galvão *et al.* 2012), enquanto a forma passiva pode ser realizada através do transporte de plantas infestadas (Evans 1992; Moraes & Flechtmann 2008). A dispersão de ácaros por caminamento ocorre a curtas distâncias na mesma planta ou em plantas vizinhas, e é frequentemente realizada quando o ácaro vai em busca de alimentos, de local para ovipositar e/ ou para se abrigar (Sabelis & Dicke 1985, Croft & Jung 2001). A dispersão por forésia se dá pela fixação do ácaro ao corpo de outros organismos, neste caso é comum ocorrer através de insetos das ordens Coleoptera, Diptera e Hymenoptera (Sabelis & Dicke 1985, Perotti & Braig 2009). A dispersão pelo vento ocorre quando o ácaro é lançado em correntes de ar, este é transportado para longas distâncias (Welbourn 2006). Comumente, o vento é a via de dispersão mais utilizada pelos ácaros para o alcance de longas distâncias (Moraes & Flechtmann, 2008). No entanto, o risco de mortalidade é elevado, devido ao não controle do ácaro aonde se quer chegar (Moore & Alexander 1987, Moore & Howard 1996).

Fatores como, escassez de alimento, competição inter e intraespecífica (Huffaker *et al.* 1969; Sabelis & Bruin 1996; Lawson-Balagbo *et al.* 2007), presença de inimigos naturais (Galvão *et al.* 2011), ausência de parceiros para cópula e fertilização (Clobert *et al.* 2009, Kane *et al.* 2012), qualidade do ambiente, temperatura e umidade (Auger *et al.* 1999; Clobert *et al.* 2009), estágio de vida (Ghazy *et al.* 2016), velocidade do vento (Melo *et al.* 2014; Monteiro *et al.* 2018) entre outros, podem influenciar a tomada de decisão dos organismos para se dispersarem. Contudo, essa tomada de decisão não é

realizada de forma aleatória, custos e benefícios são avaliados (Cloberte *et al.* 2004), pois ao se dispersar o organismo não poderá investir tempo em outras atividades, irá ter gastos energéticos ao se movimentar e estará exposto ao risco de sofrer danos e/ou morrer (Bonte *et al.* 2012).

A dispersão dos ácaros pelo vento, em alguns casos, é antecedida por comportamentos estratégicos (Moraes & Flechtmann 2008, Galvão *et al.* 2012, Melo *et al.* 2014). Em tetraniquídeos é observada a produção de teias, “Ballooning”, e inclinação da região anterior do corpo apoiado no quarto par de pernas (Bell *et al.* 2005; Clotuche *et al.* 2011). A estratégia de inclinação do corpo também é observada em eriofídeos e fitoseídeos. Os eriofídeos fixam o lobo caudal no substrato e elevam a parte anterior do corpo mantendo as pernas elevadas, ainda formam correntes extensas através da fixação dos ácaros uns aos outros (Melo *et al.* 2014, Laska *et al.* 2019), e os fitoseídeos levantam as pernas anteriores e se lançam nas correntes de ar (Johnson & Croft 1976). A inclinação do corpo e elevação das pernas proporcionam aos ácaros menor resistência ao vento (Washburn & Washburn 1983, Osakabe *et al.* 2008). Estas estratégias reduzem os gastos energéticos usados na dispersão (Bonte *et al.* 2012). Quanto maior for a velocidade do vento, maiores são as chances de lançamento dos ácaros nas correntes de ar (Monteiro *et al.* 2018; Azevedo *et al.* 2022). O número de indivíduos dispersantes, bem como as adaptações fisiológicas, comportamentais e morfológicas precedem o sucesso da dispersão (Mitchell 1970).

Organismos introduzidos em novos ambientes podem se tornar espécies invasoras e causar perdas na biodiversidade (Richardson *et al.* 2011; Vilà *et al.* 2011) e prejuízos econômicos (Pimentel, 2005; Kenis *et al.* 2009). As espécies invasoras têm o potencial de deslocar, competir e preda espécies nativas, lavando-as ao declínio populacional (Pimentel 2011).

## 2.2 Espécie invasora

A introdução de espécies invasoras em novos ambientes ocorre frequentemente por vias aéreas, terrestres, marítimas, e/ou ainda por forese (associação com outros organismos) (Mack, 2004). A movimentação intensa de material biológico (fauna e flora) comercial é resultante da crescente integração de tecnologias de transportes e comunicação (globalização). Portanto, muitos organismos ultrapassam facilmente as barreiras geográficas, ecológicas e fitossanitárias (Mack 2000; Lockwood *et al.* 2007; Ramírez *et al.* 2020). A introdução de espécies em novos ambientes, seja por introdução intencional ou não intencional (quando não detectado) é uma séria ameaça a biodiversidade (Pimentel 2011). Pequenos artrópodes como ácaros e alguns insetos são propensos a se tornarem espécies invasoras, por terem tamanho reduzido (para insetos em algumas fases do desenvolvimento), acabam muitas vezes não sendo detectados (Jenkins 2003; Navia *et al.* 2007). Uma vez introduzido no novo ambiente, o organismo tem alto potencial de se tornar espécie invasora quando vence a resistência ecológica (condições ambientais, adaptação ao novo ambiente, etc.), se reproduz e mantém gerações ao longo do tempo, e atinge capacidade de dispersão (Rejmánek, 1999; Sakai *et al.* 2001; Lockwood *et al.* 2007).

O potencial de invasão de espécies aumenta quando estas possuem vantagens competitivas sobre espécies nativas, tornando-se uma população dominante (Hajek, 2009; Hailu *et al.* 2021; Calvet, 2022). Por exemplo, após a entrada de *Spodoptera frugiperda*, J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), no continente africano, a lagarta do cartucho tem modificado o ambiente deslocando espécies nativas como *Busseola fusca*, Fuller, 1901 (Lepidoptera: Noctuidae) para outras culturas (Hailu *et al.* 2021) e além disso tem causado o declínio de espécies nativas de lepidópteras e mudanças na diversidade de inimigos naturais em países fora do continente africano (Bentivenha *et al.* 2017; Rizali *et al.* 2021). A ausência de potenciais competidores corrobora para o aumento de populações e dominância de espécies invasoras no novo ambiente, possivelmente devido a não co-evolução das espécies nativas com as espécies invasoras (Barros *et al.* 2020).

Espécies invasoras podem representar ameaça a integridade de espécies nativas e habitats por meio de interações diretas como, alimentando-se de plantas nativas, predação ou parasitismo de presas/ hospedeiros nativos e hibridização (Boettner *et al.* 2000 ; Jenkins, 2003; Jensen *et al.* 2005; Snyder & Evans, 2006) e por meio de

interações indiretas deslocando espécies nativas através da competição por comida e/ou espaço e de inimigos naturais em comum (NRC 2002). Ao avaliarem folíolos de coqueiro, Barros *et al.* (2020) verificaram que o estabelecimento de *R. indica* afetou a abundância e a diversidade de ácaros. Estes autores observaram que mais de 95% dos ácaros coletados eram *R. indica*. A espécie invasora é capaz de modificar o ambiente (Crystal-Ornelas & Lockwood 2020), normalmente por não haver inimigos naturais e/ou competidores que limitem a sua rápida expansão (Davis 2003; Ganhdi & Herms 2010).

Espécies invasoras podem causar também prejuízos a economia (Gurevitch & Padilla, 2004; Pimentel *et al.* 2005). *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard 1960 (nativo da Ilha Maurício) é um ácaro invasor, relatado pela primeira vez no Brasil como *Tetranychus marianae* MacGregor 1952. Este ácaro se tornou uma importante praga do tomateiro (Gotoh *et al.* 2011; Ferragut *et al.* 2013) possivelmente devido a reduzida presença de predadores em plantas de tomate (Paspati *et al.* 2021). A introdução de espécies invasoras pode causar sérios impactos econômicos para o país (Pimentel *et al.* 2005; Genovesi *et al.* 2015) e os fatores abióticos do novo habitat vai influenciar na permanência desta no ambiente.

### 2.3 Influência dos Fatores abióticos

Sabe-se que a capacidade de um organismo sobreviver, desenvolver e se reproduzir pode muitas vezes depende de diversos fatores abióticos, entre esses destacam-se a temperatura e a umidade relativa do ar. Essas variáveis possuem influência na dinâmica populacional, no comportamento de dispersão de organismos (Flechtmann, 1972; Khaliq *et al.* 2014; Zote *et al.* 2016; Azevedo *et al.* 2022), uma vez que a maioria desses organismos são ectotérmicos.

A capacidade de sobrevivência de artrópodes varia em diferentes temperaturas (Kramer & Hain, 1989; Castex *et al.* 2018). Nava *et al.* (2005) verificaram que a duração e viabilidade da fase de ovo, larva e pupa de *Stenoma catenifer* Walsingham, 1912 (Lepidoptera: Elachistidae) variou em função da temperatura. Com o aumento da temperatura, a duração do período embrionário de *S. catenifer* diminuiu passando de 9,9 dias em 18°C para 4,1 dias em 30°C. Riahi *et al.* (2013) também verificaram que a variação de temperatura influencia a capacidade de sobrevivência em ácaros tetraniquídeos.

Além das variações de temperatura, a capacidade de sobrevivência de

artrópodes pode estar estritamente ligada a variação da umidade relativa do ar (Norhisham *et al.* 2013; Devi & Challa 2019), pois a umidade também interfere diretamente na fisiologia, desenvolvimento, reprodução, oviposição, longevidade, comportamento e distribuição desses organismos (Khaliq *et al.* 2014; Enjin, 2017; Coelho *et al.* 2021). Norhisham *et al.* (2013) investigaram o efeito da umidade relativa do ar na eclodibilidade de larvas e na biologia reprodutiva de *Dinoderus minutus* Fabricus, 1775 (Coleoptera: Bostrichidae). Os autores observaram que os extremos das umidades testadas (20% e 85%) tem efeito negativo no desenvolvimento dos ovos e na eclodibilidade de larvas devido a desidratação e ao excesso de umidade. Gouvea (2003) verificou que a umidade influencia os níveis populacionais de *Dichopelmus notus* Keifer, 1959 (Acari, Eriophyidae), ácaro-do-bronzeado. Este autor observou que população de *D. notus* em campo aumenta quando a umidade relativa é baixa. A variação da umidade relativa do ar também pode influenciar a tomada de decisão de dispersão de ácaros fitoseídeos (Auger *et al.* 1999). Em campo, a baixa umidade relativa do ar tende a aumentar o percentual de dispersão de ácaros fitoseídeos para evitar a desidratação, visto que a umidade relativa do ar está estritamente relacionada com a intensidade de troca de vapor de água entre o ácaro e o ambiente (Auger *et al.* 1999; Moraes & Flechtmann 2008).

As variações de umidade relativa do ar e temperatura do ambiente podem promover o deslocamento de artrópodes, buscando um ambiente mais adequado para sua sobrevivência (Enjin, 2017). Em florestas tropicais grupos de insetos como Coleoptera, Collembola, Hemiptera, Isopoda e Myriapoda aumentam o número de indivíduos quando a umidade relativa do ar está elevada, por outro lado, grupos como Psocoptera, Ensifera, Heteroptera, Araneae e Opiliones são negativamente afetados (Levings & Windsor 1984). Assim, é possível perceber que tanto temperatura como umidade podem influenciar na biologia e também na dispersão das espécies.

#### **2.4 *Raoiella indica***

*Raoiella indica* é um notável ácaro fitófago invasor (Dowling *et al.* 2012; Navia *et al.* 2015). Este foi descrito na Índia em 1924 (Hist 1924), e em seguida identificado em países do continente asiático, africano e no Oriente Médio (Mesa *et al.* 2009). Em 2004 foi reportado nas ilhas Caribenhas (Flechtmann & Etienne 2004), avançando rapidamente para o México, sul da Flórida (NAPPO, 2009) e Venezuela em 2007

(Vásquez *et al.* 2008). No Brasil, *R. indica* foi reportado pela primeira vez no estado de Roraima em 2009 (Navia *et al.* 2011). Em 2018, foi verificado que este ácaro estava presente em 17 estados brasileiros (Melo *et al.* 2018). No entanto, é possível que este número tenha aumentado, e o ácaro esteja presente em todo território nacional (Amaro 2021). Após a chegada de *R. indica* nas Américas, foi notada uma rápida expansão geográfica de colonização e também um aumento no número de espécies hospedeiras (Melo *et al.* 2018; Carrillo *et al.* 2012). *Raoiella indica* possui alta capacidade de reprodução e adaptação a novos hospedeiros (Navia *et al.* 2015).

Atualmente, *R. indica* é reportada em aproximadamente 100 hospedeiros (Cocco & Hoy, 2009; Carrillo *et al.* 2012; Gondim Jr. *et al.* 2012; Melo *et al.* 2018; Sousa Neto *et al.* 2021), sendo cerca de 80% pertencente à família Arecaceae (Carrillo *et al.* 2012). Ao se alimentar do conteúdo celular através dos estômatos das folhas, *R. indica* provoca o amarelecimento e necrose do hospedeiro (Carrillo *et al.* 2012), além de retardar o desenvolvimento e reduzir a produção, podendo levar a morte do hospedeiro (Sarkar & Somchoudhury 1988; Sathiamma 1996). Todas essas consequências acarretam em prejuízo econômico aos produtores (Flechtmann & Etienne 2004, Etienne & Flechtmann 2006, Carrillo *et al.* 2012). Perdas ecológicas também foram reportadas por consequência do estabelecimento de colônias de *R. indica*, ocasionando alteração na acarofauna sobre o hospedeiro (Barros 2017).

*Raoiella indica* passa por cinco estágios ativos de desenvolvimento (ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto), e entre os estágios de protoninfa, deutoninfa e adulto há os estágios quiescentes (protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida). Seu ciclo de vida dura em média 45 dias (Navia *et al.* 2015). Este ácaro, além de se reproduzir sexuadamente, tem a capacidade de se reproduzir por partenogênese de modo arrenótico (ovos não fertilizados dando origem a machos) (Navia *et al.* 2013; Navia *et al.* 2015). Os ovos de *R. indica* medem 100 microns de comprimento e 80 microns de largura e os adultos medem cerca de 245 microns de comprimento e 182 microns de largura (Hirst 1924; Moutia 1958, Kane *et al.* 2012). Devido ao seu pequeno tamanho, *R. indica* pode permanecer no hospedeiro e ser transportado para diversos locais sem ser detectado. Adicionalmente, devido a sua capacidade de se reproduzir por arrenotoquia, é provável que uma única fêmea de *R. indica* pode iniciar uma nova colônia, assim como é visto em outros ácaros (Sabelis 1985).

A rápida expansão geográfica de *R. indica* pode ser explicada, em parte, através da dispersão aérea, que certamente tem elevada contribuição neste processo (Melo *et*

al. 2018; Navia *et al.* 2015). A dispersão pelo vento (aérea) é uma das vias naturais mais eficientes de transporte de ácaros a longas distâncias (Welborn 2006). Essa forma de dispersão, no entanto, está associada a um elevado risco de mortalidade uma vez que o indivíduo não tem controle sobre o seu destino (Moore & Alexander 1987, Moore & Howard 1996). Assim, o destino final do ácaro pode ser um não hospedeiro. *Raoiella indica* pode “aterrissar”, após a dispersão pelo vento, em um local não desejado e longe do sítio de colonização em um hospedeiro e/ou em um não hospedeiro. O sucesso no alcance do local adequado para colonização sobre o hospedeiro, poderá ser limitado por fatores abióticos (em especial pela temperatura e umidade) (Ghazy *et al.* 2016; Liess *et al.* 2016).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar a sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas e umidades e verificar como esses fatores podem limitar o potencial de deslocamento e caminhamento.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Avaliar a sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas e umidades relativa;
2. Avaliar o comportamento de caminhamento de *R. indica* fora do hospedeiro.

### **4. HIPÓTESE**

O tempo de vida de *R. indica* fora do hospedeiro é afetado pela variação da temperatura e umidade relativa, apesar destas limitações o ácaro ainda pode percorrer distâncias significativas através do caminhamento.

Predição:

Espera-se que exista diferença na sobrevivência e no tempo de sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro em elevadas temperaturas e umidades.

## 5. REFERÊNCIAS

- AUGER, P.; TIXIER, M.S.; S. KREITER & G. FAUVEL. **Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae)**. Experimental and Applied Acarology, v. 23, p. 235-250, 1999.
- ALCÍVAR, J.; MESA, N.C.; VÁSQUEZ, C. **First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Province of Manabí**. Ecuador Intl J Acarol, v. 46, n. 2, p. 120–122, 2020.
- AMARO, G.C.; FIDELIS, E.G.; SILVA, R.S & MEDEIROS, C.M. **Current and potential geographic distribution of red palm mite (*Raoiella indica* Hirst) in Brazil**. Ecological Informatics, v. 65, 101396, 2021.
- AZEVEDO, A.O.; GONDIM JR, M.G.C.; MELO, J.W.S.; MONTEIRO, V.B.; LIMA, D.B. & CALVET, E.C. **Aerial dispersal of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): Influence of biotic and abiotic factors, dispersal potential and colonization rate**. Systematic and Applied Acarology, v. 27, n.11, p. 2166-2179, 2022.
- BARROS, M.E.N.; LIMA, D.B.; MENDES, J.A.; GONDIM JR, M.G.C. & MELO, J.W.S. **The establishment of an invasive pest mite, *Raiella indica*, affects mite abundance and diversity on coconut plants**. Sistematic and Applied Acarology, v. 25, p. 881-894, 2020.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L.; Organismos, p. 162-185. In M. Begon, C.R. Townsend & J.L. Harper (eds.), **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Porto Alegre, Artmed, p.752, 2007.
- BELL, J.R.; BOHAN, D.A.; SHAW E.M. & WEYMAN, G.S. **Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models**. Bulletin Entomological Research v. 95, p 69-114, 2005.
- BENTIVENHA, J.P.F.; BALDIN, E.L.L.; MONTEZANO, D.G.; HUNT, T. & PAULA-MORAES, S.V. **Attack and defense movements involved in the interaction of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae)**. Pest Science Journal v. 90, p. 433-445, 2017.
- BOETTNER, G.H., ELKINTON, J.S. & BOETTNER, C.J. **Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moths**. Conservation Biology, v. 14, p. 1798-1806, 2020.
- BONTE, D.; VAN DYCK, H.; BULLOCK, J.M.; COULON, A.; DELGADO, M.; GIBBS, M.; LEHOUCK, V.; E. MATTHYSEN; K. MUSTIN; M. SAASTAMOINEN; N. SHTICKZELLE; V.M. STEVENS; S. VANDEWOESTIJNE; M. BAGUETTE; K. BARTON; T.G. BENTON ; A.C. BARDY; J. CLOBERT; C. DYTHAM; T. HOVESTADT; C.M. MEIER; S.C.F. PALMER; C. TURLURE & J.M.J. TRAVIS. **Costs of dispersal**. Biological Reviews, v. 87, p. 290-312, 2012.

- CALVET, E.C.; LIMA, B.D.; MELO, J.W.S.; GONDIM JR, M.G.C. **The expansion of invasive mite *Raoiella indica* can be improved by coexistenc with *Oligonychus pratensis*.** *Annals of Applied Biology*, v.181, n. 3, p. 288-297, 2022.
- CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN & J.E. PEÑA. **Host Plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World.** *Experimental and Applied Acarology*, v. 57, p. 271-289, 2012.
- CARRILLO, D.; NAVIA, D.; FERRAGUT, F. & PEÑA, E.J. **First Report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia.** *Florida Entomologist* v. 94, n. 2, p. 370-371, 2011.
- CASTEX, V.; BENISTON, M.; CALANCA, P.; FLEURY, D. & MOREAU, J. **Pest management under climate change: The importance of understanding tritrophic relations.** *Science of The Total Environment*, v. 616-617, p. 397-407, 2018.
- COCCO, A.; HOY, M.A. **Feeding, reproduction and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine.** *Florida Entomologist*, v. 92, n. 2, p. 276-291, 2009.
- COELHO, M.S.; RODRIGUES, V.S.; BARBOZA, J.B.; XAVIER, L.M.S.; ARAÚJO, J.R.E.S.; CARTAXO, P.H.A.; SILVA, J.H.B.; BULHÕES, L.E.L. & SANTOS, J.P.O. **Ecologia, monitoramento populacional e análise faunística de insetos: uma revisão.** *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 9, 2021.
- CLOBERT, J.; IMS, R.A. & ROUSSET, F. **Causes, mechanisms and consequences of dispersal. In: Ecology, Genetics and Evolution of Metapopulations** (eds) Hanski, I. & Gaggiotti, O.E.). Elsevier, Academic Press London, p. 307-335, 2004.
- CLOBERT, J.; LE GALLIARD, J.F.; COTE, J.; MEYLAN, S. & MASSOT, M. **Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations.** *Ecology Letters*, v. 12, p. 197-209, 2009.
- CLOTUCHE, G.; MAILLEUX, A.C.; FERNÁNDEZ, A.A. ; DENEUBOURG, J.L.; DETRAIN, C. & HANCE, T. **The Formation of Collective Silk Balls in the Spider Mite *Tetranychus urticae* Koch.** *PLOS ONE*, v. 6, 18854, 2011.
- CROFT, B.A. & JUNG, C. **Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: areview with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems.** *Experimental and Applied Acarology*, v. 25, p. 763-784, 2001.
- DAVI, M.A.; **Biotic Globalization: Does Competition from Introduced Spicies Threaten Biodiversity?** *BioScience*, v. 53, p. 481-489, 2003.
- DEVI, M., & CHALLA, N. **Impact of weather parameters on seasonality of phytophagous mites.** *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 7, n. 4, p. 1095-1100, 2019.
- DOWLING, A.P.G.; OCHOA, R.; BEARD, J.J.; WELRN, W.C.; UECKERMANN, E.A. **Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Protigmata:Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasion.** *Experimental and Applied Acarology*,

v.57,n. 3-4, p. 257-269, 2012.

ENJIN, A. **Humidity sensing in insects from ecology to neural processing.** Current Opinion in Insect Science, v. 24, p. 1-6, 2017.

ETIENNE, J. & FLECHTMANN, C.H.W. **First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies.** International Journal of Acarology, v. 32, p. 331-332, 2006.

EVANS, G.O. **Principles of Acarology**, p. 563, 1992.

FERRAGUT, F., GARZÓN-LUQUE, E. & PEKAS, A. **The invasive spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) alters community composition and host-plant use of native relatives.** Experimental and Applied Acarology, v. 60, p. 321-341, 2013.

FLECHTMANN, C.H.W. **Ácaros de importância agrícola.** São Paulo: Nobel, p. 150, 1972.

FLECHTMANN, C.H.W. & ETIENNE, J. **The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata Tenuipalpidae).** Systematic and Applied Acarology, v. 9, p. 109-110, 2004.

GALVÃO, A.S.; GONDIM JR. M.G.C.; MORAES, G.J. & MELO. J.W.S. **Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and with on coconut bunches in northeast Brazil** Experimental and Applied Acarology, v. 54, p. 373-384, 2011.

GALVÃO, A.S.; MELO, J.W.S.; MONTEIRO, V.B.; LIMA, D.B.; MORAES, G.J. & GONDIM JR. M.G.C. **Dispersal strategies of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a coconut pest.** Experimental and Applied Acarology, v. 57, p. 1-13, 2012.

GANDHI, K.J.K. & HERMS, D.A. **Direct and indirect os alien insect herbivores on ecological processes and interactions in forests of Eastern North America.** Biological Invasions, v. 12, p. 389-405, 2010.

GHAZY, N.A.; OSAKABE, M.; NEGM, M.W.; SCHAUSBERGER, P.; GOTOH, T.; AMANO, H. **Phytoseiid mites under environmental stress.** Biological Control, v. 96, p. 120-134, 2016.

GENOVESI, P.; CARBONERAS, C.; VILÀ, M. & WALTON, P. **EU adopts innovative legislation on invasive species: a step towards a global response to biological invasions?** Biol Invasions, v. 17, p. 1307-1311, 2015.

GERSON, U.; SMILEY, R.L. & OCHOA. R. **Mites (Acari) for pest control.** UK, Blackwell, p. 521, 2003.

GONDIM JR., M.G.C.; CASTRO, T.M.M.G.; MARSARO JR. A.L.; NAVIA, D., MELO, J.W.S.; DEMITE, P.R. & MORAES, G.J. **Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation?** Systematics and Biodiversity, v. 10, n. 4, p. 527-535, 2012.

GOUVEA, A. **Dinâmica populacional da acarofauna em agroecossistema ervateiro, no município de Dois Vizinhos.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2003.

GOTOH, T.; FUJIWARA, S. & KITASHIMA, Y. **Susceptibility to acaricides in nine strains of the tomato red spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae).** International Journal of Acarology, v. 37, n. 2, p. 93-102, 2011.

GUREVITCH, J. & PADILLA, D. K. **Are invasive species a major cause of extinctions?** Trends in Ecology & Evolution, v. 19, p. 470-474, 2004.

HAILU, G.; NIASSY, S.; BÄSSLER, T.; OCHATUM, N.; STUDER, C.; SALIFU, D.; AGBODZAVU, M.K.; KHAN, Z.R.; MIDEGA, C. & SUBRAMANIAN, S. **Could fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) invasion in Africa contribute to the displacement of cereal stem borers in maize and sorghum cropping systems.** The International Journal of Tropical Insect Science, v. 41, p. 1753-1762, 2021.

HAJEK, A.E. **Invasive arthropods and approaches for their microbial control.** In: HAJEK, A.E.; GLARE, T. R. & O'CALLAGHAN, M. (Eds.) Use of microbes for control and eradication of invasive arthropods. Springer Science Business Media, p. 3-15, 2009.

HIST, S. **On some new species of red spider.** Annals and Magazine of Natural History. v. 1, p. 522, 527, 1924.

HUFFAKER, C.B.; VAN DE VRIE, M. & MCMURTRY, J. A. **The ecology of Tetranychidae mites and their natural control.** Annual Review of Entomology, v. 14, p. 125-174, 1969.

JENKINS, M.A. **Impact of the balsam woolly adelgid (*Adelges piceae* Ratz.) on an *Abies fraseri* (Pursh) Poir. dominated stand near the summit of Mount LeConte, Tennessee.** Castanea, v. 68, p. 109-118, 2003.

JI, J.; LIN, T.; ZHANG, Y.; SUN, L.; SAITO, Y.; LIN, J. & CHEN, X. **Effects of starvation and humidity on the development and survival of *Amblyseius swirskii*, *Agistemus exsertus* and *Amblyseius eharai*.** Systematic and Applied Acarology v. 18, p. 321-328, 2013.

JENSEN, A.B., PALMER, K.A., BOOMSMA, J.J. & PEDERSEN, B.V. **Varying degrees of *Apis mellifera* ligustica introgression in protected populations of the black honeybee, *Apis mellifera mellifera*, in northwest Europe.** Molecular Ecology, v. 14, p. 93-106, 2005.

JOHNSON, D.T. & CROFT, B. A. **Laboratory study of the dispersal behavior of *Amblyseius fallacis* (Acarina: Phytoseiidae).** Annals of the Entomological Society of America, v. 69, p. 1019-1023, 1976.

KANE, E.C.; OCHOA, R.; MATHURIN, G.; ERBE, E. F. & BEARD, J.J. ***Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics**. Experimental and Applied Acarology, v. 57, p. 215-225, 2012.

KHALIQ, A.; JAVED, M.; SOHAIL, M.; SAGHEER, M. **Environmental effects on insects and their population dynamics**. Journal of Entomology and Zoology studies, v. 2, n. 2, p. 1-7, 2014.

KENIS, M.; AUGER-ROZENBERG, M. A.; ROQUES, A.; TIMMS, L.; PÉRÉ, C.; COCK, M. J. W.; SETTELE, J.; AUGUSTIN, S. & LOPEZ-VAAMONDE, C. **Ecological effects of invasive alien insects**. Biological Invasions, v. 11, p. 21-25, 2009.

KRAMER, D.A. & HAIN, F.P. **Effect of Constant- and Variable-Humidity and Temperature Regimes on the Survival and Developmental Periods of *Oligonychus ununguis* (Acarina: Tetranychidae) and *Neoseiulus fallacis* (Acarina: Phytoseiidae)**. Environmental Entomology, v.18, n. 5,1, p. 743-746p, 1989.

LASKA, A.; RECTOR, B.G.; SKORACKA, A.; KUCZYNSKI, L. **Can your behaviour blow you away? Contextual and phenotypic precursors to passive aerial dispersal in phytophagous mites**. Animal Behaviour, v. 155, p. 141-151, 2019.

LAWSON-BALAGBO, L.M.; GONDIM JR., M. G. C.; MORAES, G. J.; HANNA, R. & SCHAUSBERGER, P. **Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis* fine scale distribution and association with other mites under the perianth**. Biological Control, v. 43, p. 102-110, 2007.

LEMOINE, N. P.; BURKEPILE, D. E.; PARKER, J. D. **Variable effects of temperature on insect herbivory**. PeerJ, v. 2, 376, 2014.

LEVINGS, S.C & WINDSOR D.M. **Litter moisture content as a determinant of litter Arthropod distribution and abundance during the dry season on Barro Colorado Island, Panama**. Biotropica, v. 16, p. 125-131, 1984.

LIESS, M., FOIT, K., KNILLMANN, S., SCHAFFER, R.B. & LIESS H-D. **Predicting the synergy of multiple stress effects**. Nature, v. 6, 32965, 2016.

LOCKWOOD, J. L. V.; HOOPES, M. F.; MARCHETTI, M. P. **Establishment success: the influence of biotic interactions**, p. 1107- 131. In: LOCKWOOD, J. L.; HOOPES, M. F. & MARCHETTI, M.P (eds.). Invasion ecology. Oxford, Blackwell Publishing Ltd. p. 299, 2007.

MACK, R. N. **Global plant dispersal, naturalization, and invasion: pathways, modes and circumstances**. In: **Invasive species: vectors and management strategies**. (Eds) Ruiz, G.M. & Carlton, J.T. Washington, DC: Island Press, p. 3-30, 2004.

MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M.; EVANS, H.; CLOUT, M. & BAZZAZ, F. A. **Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control**. Ecological Application, v. 10, p. 689-710, 2000.

MOUTIA, LA. **Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius.** Bulletin of Entomological Research v. 49, p. 59–75, 1958.

MARTINS, C.R. & JESÚS JR, L.A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional:** Panorama 2010. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, (Documentos 164), p. 28, 2011.

MELO, J.W.S.; LIMA, D.B.; SABELIS, M.W.; PALLINI, A.; GONDIM JR, M.G.C. **Limits to ambulatory displacement of coconut mites in absence and presence of food-related cues.** Experimental and Applied Acarology, v. 62, p. 449-461, 2014.

MELO, J.W.S.; NAVIA, D.; MENDES, J.A.; FILGUEIRAS, R.M.C.; TEODORO, A.V.; FERREIRA, J.M.S.; GUZZO, E.C.; SOUZA, I.V.; MENDONÇA, R.S.; CALVET, E.C.; PAZ NETO, A.A.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAIS, E.G.F.; GODOY, M.S.; SANTOS, J.R.; SILVA, R.I.R.; SILVA, V.B.; NORTE, R.F.; OLIVA, A.B.; SANTOS, R.D.P. & DOMINGOS, C.A. **The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region.** International journal of acarology, v. 44, p. 146-149, 2018.

MESA, N.C.; OCHOA, R.; WELBOURN, W.C.; EVANS, G.A, MORAES, G.J. **A catalogue of the Tenuipalpidae (Acari) of the world with a key to genera.** Zootaxa, p. 1-185, 2009.

MITCHELL, R. **An analysis of dispersal in mites.** The American Naturalist, v. 104, p. 425-431, 1970.

MOORE, D.; & ALEXANDER, L. **Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae).** Bulletin. Entomological Research, v. 77, p. 641-650, 1987.

MOORE, D.; & HOWARD, F.W. **Coconuts.** In: LINDQUIST, E.E.; SABELIS, M.W.; BRUIN, J. (eds) **Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control.** Elsevier, Amsterdam, p. 561-570, 1996.

MONTEIRO, V.B.; SILVA, V.F.; LIMA, D.B.; GUEDES, R.N.C & GONDIM JR., M.G.C. **Pesticides and passive dispersal: acaricide and starvation-induced take-off of the predatory mite *Neoseiulus baraki*.** Pest Management Science. v. 74, p. 1272-1278, 2018.

MORAES, G.J. & FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil.** Ribeirão Preto, Holos Editora, p. 308, 2008.

NAPPO. **Detección del ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica*) en Isla Mujeres y Cancún, Quintana Roo, México.** Sistema de Alerta Fitosanitaria-NAPPO (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas), 2009.

NAVA, D.E. & PARRA J.R.P. **Biology of *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) in natural and artificial diets and development of a**

**rearing system.** Neotropical Entomology, v. 34, n. 5, 2005.

NAVIA, D. MARSARO JR, A. L.; GONDIM JR, M.G.C.; MENDONÇA, R.S.; PEREIRA, P.R.V.S. **Recent mite invasions in South America. In: Peña J, editor. Potential invasive pests of agricultural crops.** Boston: CAB International, p. 251-287, 2013.

NAVIA, D.; MARSARO J, A.L.; SILVA, F.R.; GONDIM JR, M.G.C. & MORAES, G.J. **First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil.** Neotropical Entomology, v. 40, p. 409-411, 2011.

NAVIA, D.; MORAES, G.J. & FLECHTMANN, C.H.W. **Phytophagous mites invasive alien species: quarantine procedures.** In MORALES-MALACARA, J. B.; BEHAN-PELLETIER, V.; UECKERMAN, E.; PÉREZ, T.M.; ESTRADA-VENEGAS, E. G. & BADII, V. (eds.), Proceedings of the XI International Congress of Acarology. Mérida, Sociedad Latinoamericana de Acarología, p. 726, 2007.

NAVIA, D.; MORAIS, E.G.F.; MENDOÇA, R.S. & GONDIM JR. M.G.C. **Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst,** p. 399-433. In E.F. Vilela & R.A. Zucchi (eds.). Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros. Piracicaba, ESALQ/USP, p. 908, 2015.

NORHISHAM, A. R.; ABOOD, F.; RITA, M.; HAKEEM, K. R. **Effect of humidity on egg hatchability and reproductive biology of the *Bamboo borer* (*Dinoderus minutus* Fabricius).** SpringerPlus, v. 2, n. 1,9, 2013.

NRC. **Predicting invasions of non indigenous plants and plant pests.** National Academy Press, Washington, 2002.

OCHOA, R.; BEARD, J.J.; BAUCHAN, G.R.; KANE, E.C.; DOWLIING, A.P.G.; ERBE, E.F. **Herbivore exploits chink in armour of host.** American Etimologist, v. 57, p. 26-29, 2011.

OLIVEIRA, C.R.F.; FARONI, L.R.D'A.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A. & GONÇALVES, J.R. **Dispersão de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) em trigo armazenado, sob condições artificiais.** Neotropical Entomology, v. 35, p. 536-541, 2006.

OSAKABE, M. H.; ISOBE, H.; KASAI, A.; MASUDA, R.; KUBOTA, S. & UMEDA, M. **Aerodynamic advantages of upside down take-off for aerial dispersal in *Tetranychus* spider mites.** Experimental and Applied Acarology, v. 44, p. 165-183, 2008.

PASPATI, A.; RAMBLA, J.L.; GRESA, M.P.L.; ARBONA, V.; GÓMEZ- CADENAS, A.; GRANELL, A.; GONZÁLEZ-CABRERA, J. & URBANEJA, A. **Tomato trichomes are deadly hurdles limiting the establishment of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae).** Biological Control, v. 157, 104572, 2021.

PEROTTI, M.A. & BRAIG, H.R. **Phoretic mites associated with animal and human decomposition.** Experimental and Applied Acarology, v. 49, p. 85-124 2009.

PIMENTEL, D. **Biological invasions: economic and environmental costs of alien**

**plant, animal, and microbe species.** Boca Raton, CRC Press, p. 382, 2011.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. **Update on the environmental and economic costs associated with alien species in the United States.** Ecological Economics, v. 52, p. 273- 288, 2005.

RAMÍREZ, M. B.; SARUBBI, H. J.; ARIAS, O.; AZEVEDO L. H.; FLECHTMANN, C. H. W. **First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Paraguay.** Journal of Plant Diseases and Protection, v. 127, p. 715-717, 2020.

RAMÍREZ-LÓPEZ, J.; OTEROCOLINA, G.; ESTRADAVENEGAS, E.G.; BALLESTEROSBARRERA, C. & QUERORICO, H. J. **Dispersal and resistance to starvation in *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae).** Experimental and Applied Acarology, v. 82, p. 229-241, 2020.

REJMÁNEK, M. **Invasive plants and invisable ecosystems.** SANDLUND, O.T, Schei, P. J, Viken, A (Eds.). Invasive Species and Biodiversity Management. Kluwer. Boston, EEUU, p. 431, 1999.

RICHARDSON, D.M; PYSEK, P. & CARLTON, J. **A compedium of essential concepts and terminology in invasion ecology**, p. 409-430. In: RICHARDSON, D. M. (ed). Fity years of insasion ecology: the legacy of Charles Elton. Oxford: John Wiley & Sons Ltd, 466p, 2011.

RIZALI, A.; OKTAVIYANI.; PUTRI, S.D.P.S.; DOANANDA, M.; LINGGANI, A. **Invasion of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new invasive pest, alters native herbivore attack intensity and natural enemy diversity.** Biodiversitas Journal of Biological Diversity, v. 22, n. 8, 2021.

RODRIGUES, W.C. **Fatores que Influenciam no Desenvolvimento dos Insetos. Info Insetos**, v. 1, n. 4, p. 1-4, 2004.

RONCE, O. **How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution.** Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 38, p. 231-353, 2007.

SABELIS M.W. & BRUIN, J. **Evolutionary ecology; life history patterns, food plant choice and dispersal.** p. 329-366. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & Bruin, J. (eds.), Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, p. 822, 1996.

SABELIS, M.W. & DICKE, M. **Long-range dispersal and searching behavior**, p. 141-157. In HELLE, W. & SABELIS, M.W. (eds), Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, p. 458, 1985.

SAKAI, A.K.; ALLENDORF, F.W.; HOLT, J.S.; LODGE, D.M.; MOLOFSKY, J.; WITH, K.A.; BAUGHMAN, S.; CABIN, R.J.; COHEN, J.E.; ELLSTRAND, N.C.; McCAULEY, D. E.; O'NEIL, P.; PARKER. I.M.; THOMPSON, J, N.; WELLER, S.G. **The population biology of invasive species.** Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 32, p. 305-332, 2001.

- SARKAR, P.K. & SOMCHOUDHURY, A.K. **Evaluation of some pesticides Against *Raoiella indica* Hirst on coconut palm in West Bengal.** Pesticides, v. 22, n. 10, p. 21-22, 1988.
- SATHIAMMA, B. **Observations on the mite fauna associated with the coconut palm in Kerala, India.** Journal of Plantation Crops, v. 24, n. 2, p. 92-96, 1996.
- SOUSA NETO, E.P.; SOUZA, I. V.; GUZZO, E. C. & MELO, J. W. S. **Carnaúba [*Copernicia prunifera* (Miller) HE Moore, Arecaceae], uma nova hospedeira de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae), 2021.**
- SNYDER, W.E. & EVANS, E.W. **Ecological Effects of Invasive Arthropod Generalist Predators.** Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, v. 37, p. 95-122, 2006.
- VÁSQUEZ, C. & MORAES, G.J. **Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela.** Experimental and Applied Acarology, v. 60, p. 73-82, 2012.
- VÁSQUEZ, C.; QUIRÓS, M.; APONTE, O. & SANDOVAL, D.M.F. **Primer reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Sur América.** Neotrop. Entomol, v. 37, p. 739-740, 2008.
- VILÀ, M.; ESPINAR, J.L.; HEJDA, M.; HULME, P.E.; JAROSÍK, V.; MARON, J.L.; PERGL, J.; SCHAFFNER, U.; SUN, Y. & PYSEK, P. **Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems.** Ecology Letters, v. 14, p. 702-708, 2011.
- WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C. **Mites: Ecology, Evolution and Behaviour.** 2. Ed. New York: Springer, p. 59, 2013.
- WASHBURN, J. O. & WASHBURN, L. **Active aerial dispersal of min wingless arthropods: exploitation of boundary-layer velocity gradients.** Science v. 23, p. 1088-1089, 1983.
- WELBOURN, C. **Pest alert. Red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), 2006.**
- ZOTE, V. K.; SALVI, S. P.; HALDAVNEKAR, P. C.; NARANGALKAR, A. L. **Influence of abiotic factors on the population dynamics of Cashew pests in Konkan region of Maharashtra.** Journal of Entomology and Zoology Studies, v. 51, 6063, 2017.
- ZUNDEL, C.; NAGEL, P.; HANNA, R.; KORNER, F.; SCHEIDEGGER, U. **Environment and host-plant genotype effects on the seasonal dynamics of a predatory mite on cassava in sub-humid tropical Africa.** Agricultural and Forest Entomology, London, v.11, n.3, p.321-331, 2009.

## **6. RESULTADOS**

OS RESULTADOS DO PRESENTE TRABALHO SERÃO APRESENTADOS E DISCUTIDOS NO FORMATO DE MANUSCRITO FORMATADO, QUE SERÁ SUBMETIDO NO PERIÓDICO CIENTÍFICO *Systematic and Applied Acarology*.

**RESPOSTA DE *RAOIELLA INDICA* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) A  
ESTRESSE AMBIENTAL NA AUSÊNCIA DE SEU HOSPEDEIRO**

Bruna R. M. Campelo<sup>1\*</sup>; Maria I. O. L. Gomes<sup>1</sup>; Debora B. L. Melo<sup>1</sup>; José W. S. Melo<sup>1</sup>;  
Manoel G.C. Gondim Jr.<sup>2</sup>

1 Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

2 Departamento de Agronomia- Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil

## Resumo

*Raoiella indica* é uma espécie exótica que tem expandido rapidamente sua área de ocorrência. A dispersão aérea através de correntes de ar parece ser uma das principais formas de dispersão desta espécie. Contudo, essa dispersão pode levar o ácaro a um destino incerto, como uma planta não hospedeira ou mesmo sobre a planta hospedeira, mas distante do seu sítio de colonização. Nestes casos, o ácaro precisará caminhar para encontrar um local favorável para tentar se dispersar novamente pelo vento ou encontrar seu sítio de colonização, ficando exposto a fatores estressores como temperatura e umidade relativa do ar. O objetivo deste estudo foi avaliar a sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas e umidades. Adicionalmente, o caminhamento fora do hospedeiro foi avaliado. Fêmeas recém emergidas de *R. indica* foram confinadas individualmente em unidades experimentais (células) cobertas por adesivos com microperfurações que permitem a troca de ar, as quais foram submetidas a diferentes temperaturas (21, 24, 27, 30 e 33°C) e umidade relativa constante (65% ± 5) e diferentes umidades (10, 25, 40, 75 e 95%) e temperatura constante (27 ± 1 °C). Trinta fêmeas foram testadas sendo cada uma delas uma repetição. A avaliação consistiu na observação da sobrevivência diária. Os dados foram analisados através de regressões polinomiais. Para avaliar o comportamento de caminhamento, vinte fêmeas adultas foram liberadas em lamínulas e levadas ao sistema de vídeo rastreamento (Viewpoint) para observação durante 10 min. Os parâmetros de caminhamento avaliados foram: distância percorrida, tempo de caminhamento e velocidade média. O aumento da temperatura resultou em uma redução no tempo médio de sobrevivência de *R. indica*. O tempo médio de sobrevivência de *R. indica* variou de 71 h (33°C) a 120 h (21°C). O aumento da umidade relativa resultou em um aumento no tempo médio de sobrevivência de *R. indica*. O tempo médio de sobrevivência de *R. indica* variou de 65 h quando a umidade relativa foi de 10% a 115 h quando a umidade relativa foi de 95%. *Raoiella indica* caminhou 135,2 cm em 10 min. O tempo caminhando foi de 515,90 seg e a velocidade média caminhando foi de 0,27 cm/seg. Os resultados do presente estudo demonstram como a temperatura e umidade relativa do ambiente podem limitar o tempo médio de sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro com reflexo sobre o tempo de busca de um novo hospedeiro ou sítio de colonização.

**Palavras-chave:** Sobrevivência, temperatura, umidade relativa.

## Introdução

O ácaro fitófago *Raoiella indica* Hist, ácaro-vermelho-das-palmeiras foi descrito a partir de coletas de folhas de coco (*Cocos nucifera* L.) no Sul da Índia (Coimbatore) (Hist 1924). Este ácaro é reportado atualmente em, aproximadamente, 100 hospedeiros (Cocco & Hoy, 2009; Carrillo *et al.* 2012; Gondim Jr. *et al.* 2012; Melo *et al.* 2018; Sousa Neto *et al.* 2021). Além da família Arecaceae, esta espécie é reportada em outras famílias botânicas como: Cannaceae, Cycadaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (Etienne & Flechtmann 2006; Welbourn, 2006; González-Reus & Ramos 2010; Carrillo *et al.* 2012; Vásquez & Moraes 2012). Este ácaro tem causado danos à agricultura comercial de coqueiro e bananeira no Brasil (Martins & Jesús Jr. 2011). Além dos prejuízos econômicos, este ácaro tem causado prejuízos ecológicos, diminuição da diversidade de ácaros, após a sua chegada (Barros *et al.* 2020). A presença de *R. indica* em seus hospedeiros pode provocar o amarelecimento das folhas devido a sua forma de se alimentar, na qual consiste na inserção do estilete nos estômatos da folha para sucção do conteúdo celular. Este amarelecimento evolui para uma necrose, a qual retarda o desenvolvimento e a produção de frutos, e pode levar o hospedeiro à morte (Ochoa *et al.* 2011; Beard *et al.* 2012).

A alta capacidade de movimentação por diferentes vias de dispersão permite que espécies invasoras se estabeleçam em novos habitats (Lowe *et al.* 2000). Com os ácaros não é diferente, estes podem se dispersar de forma ativa por caminhamento, forese e vento, ou passiva através de ações antropológicas (transporte de plantas infestadas) (Moraes & Flechtmann 2008). Dentre estas, a dispersão aérea destaca-se por ser um método eficiente para o transporte a longa distância (Welbourn 2006). Ramirez-Lopes *et al.* (2020) verificaram a dispersão de *R. indica* pelo vento em condições de laboratório e de campo, e relatam que a dispersão de *R. indica* pelo vento é possível. Azevedo *et al.* (2022) também relatou a possibilidade de dispersão aérea de *R. indica* em campo.

Embora a dispersão pelo vento seja uma realidade para *R. indica*, é sabido que essa via de dispersão está associada a maior risco de mortalidade devido à falta de controle do indivíduo ao seu destino (Moore & Alexandre 1987; Moore & Howard 1996; Melo *et al.* 2014; Monteiro *et al.* 2018). Ao “aterrissar”, após a dispersão pelo vento, é provável que o ácaro precisará caminhar em busca de um hospedeiro ou local favorável dentro de um hospedeiro para colonização, este momento de caminhada pode reduzir

seu tempo de vida (Bergh 2001). Embora alguns estudos relatem a dispersão de *R. indica*, ainda pouco se sabe sobre os mecanismos de sobrevivência usados por *R. indica* após essa dispersão.

Fatores como temperatura, umidade e distância caminhada podem exercer fortes influências sobre ácaros ao caminhar em busca do hospedeiro. Isso foi verificado em um estudo realizado com outro ácaro de grande importância para a cultura do coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Melo *et al.* 2014). Os autores, ao analisarem o tempo médio de sobrevivência do ácaro, verificaram que o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar afetaram o tempo de vida do ácaro na ausência do hospedeiro.

Outro fator importante é o tempo de sobrevivência do organismo em uma planta não hospedeira, o qual pode também determinar seu sucesso até alcançar seu destino final. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro em diferentes temperaturas e umidades e verificar como esses fatores podem limitar o potencial de deslocamento de caminamento.

## **Materiais e Métodos**

### **Coleta de *Raoiella indica***

Folículos de coqueiro infestados com *R. indica* foram coletados na Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Os folículos coletados foram transportados para o laboratório para a coleta de 60 casais formados por fêmeas teliocrisálicas (confirmada pela presença do ácaro macho sobre a fêmea em um comportamento de guarda para a cópula). Cada casal foi transferido para uma placa de Petri (9cm de diâmetro e 1,5cm de espessura), contendo espuma (8cm de diâmetro e 1 cm de espessura) mantida sempre umedecida com água destilada, papel filtro e fragmento de folículo de coqueiro (6 cm de comprimento e 2cm de largura) cercado por algodão hidrofílico também umedecido com água destilada para evitar fuga dos ácaros. Posteriormente, as placas de Petri com os seus respectivos casais foram levadas para a B.O.D, mantidos a condições controladas (27 °C e 65% ± 10 UR e fotoperíodo de 12h).

### **Sobrevivência de *R. indica* em diferentes temperaturas fora do seu hospedeiro**

Fêmeas de *R. indica* recém emergidas oriundas dos casais separados, citado no tópico anterior, foram transferidas para unidades experimentais (célula) obtida da Bio-Serv Incorporation (Bioassay Tray 128 cells) cobertas por adesivos com microperfurações que permitem a troca de ar. As fêmeas foram submetidas a diferentes temperaturas (21, 24, 27, 30 e 33°C) e umidade relativa constante de (65% ± 5) e fotoperíodo de 12h em dessecador (9 litros) na B.O.D. Os dados de temperatura e umidade foram registrados através do HOBO Data Logger a cada 5 minutos em fotoperíodo de 12:12 (L: D). Trinta fêmeas foram testadas, sendo cada fêmea uma repetição. A cada 12h, após a transferência para as unidades experimentais os ácaros foram avaliados. A avaliação consistiu na contagem de número de ácaros vivos e mortos. Os ácaros foram considerados mortos quando não apresentavam nenhum movimento do corpo e das pernas após serem tocados por pincel de uma única cerda.

### **Sobrevivência de *R. indica* em diferentes umidades fora do seu hospedeiro**

Para avaliação da sobrevivência sob diferentes umidades relativas, fêmeas de *R. indica* recém emergidas oriundas dos casais separados, citado anteriormente, foram transferidas para unidades experimentais (célula) obtida da Bio-Serv Incorporation (Bioassay Tray 128 cells) cobertas por adesivos com microperfurações que permitem a troca de ar. As unidades experimentais com as fêmeas foram submetidas a uma temperatura fixa de 27°C e a diferentes umidades relativas (10, 25, 40, 75 e 90% ± 5 UR). A umidade relativa foi ajustada com o uso de sílica gel ou água. Os dados climáticos foram verificados através do HOBO Data Logger a cada 5 minutos em fotoperíodo de 12:12 (L: D). A cada umidade relativa, Trinta fêmeas foram testadas, sendo cada fêmea uma repetição. As avaliações foram realizadas no mesmo intervalo de tempo e da mesma forma que no experimento anterior.

### **Comportamento de caminamento de *R. indica* fora do seu hospedeiro**

O método utilizado neste estudo foi adaptado de Calvet *et al.* (2018). Para a observação do comportamento de caminamento de *R. indica* fora do seu hospedeiro,

uma fêmea recém emergida (identificada conforme item Coleta de *R. indica*) foi liberada no centro de uma lamínula para microscópio de 13 mm de diâmetro delimitada por ágar (3,5%) para evitar a fuga do ácaro. A lamínula, em uma placa de Petre, foi levada ao sistema de vídeo rastreamento (ViewPoint Life Sciences, Montreal, Quebec, Canadá) que registrou o comportamento de caminhamento da fêmea por 10 min. Vinte fêmeas foram testadas, sendo cada fêmea uma repetição. Os parâmetros utilizados para os registros de cada repetição foram: distância percorrida, tempo de caminhamento e velocidade média. O experimento foi realizado a 27 °C e 65% ± 5 UR.

### **Análises estatísticas**

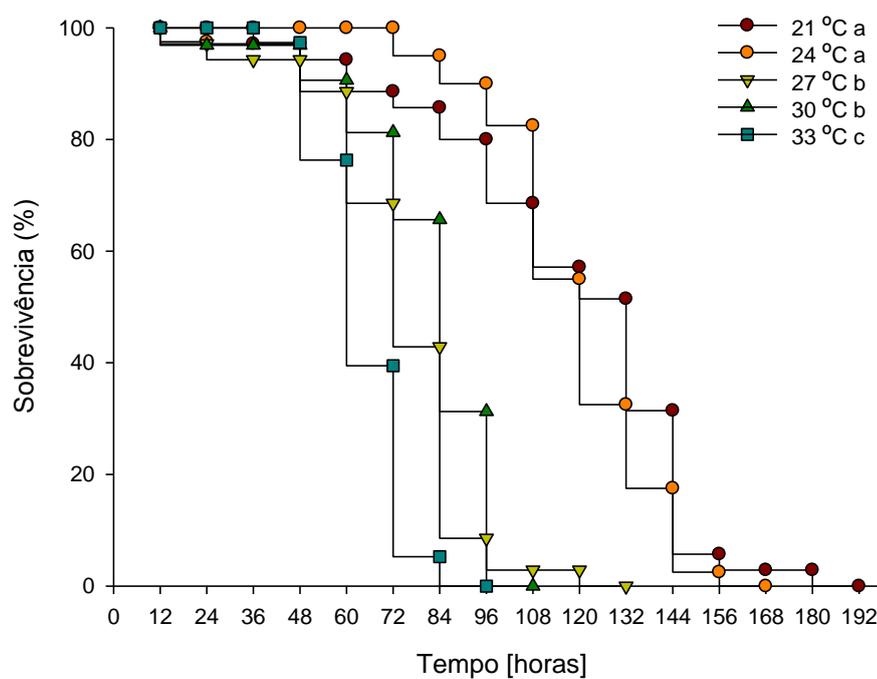
Os dados de sobrevivência em diferentes temperaturas e umidades relativas foram analisados através do procedimento não-paramétrico LIFETEST utilizando o programa SAS (Sas Institute 2008). As curvas de sobrevivência foram obtidas usando Kaplan-Meyer e comparadas através do teste de long-rank. Os dados de tempo de sobrevivência em diferentes temperaturas foram sujeitos a análises de regressões com temperatura e umidade relativa como variáveis dependentes (PROC REG, Sas Institute 2008). Os parâmetros comportamentais de caminhamento foram submetidos a MANOVA, complementados com ANOVA e comparados através do teste exato de Fisher também utilizando o programa SAS (Sas Institute 2008).

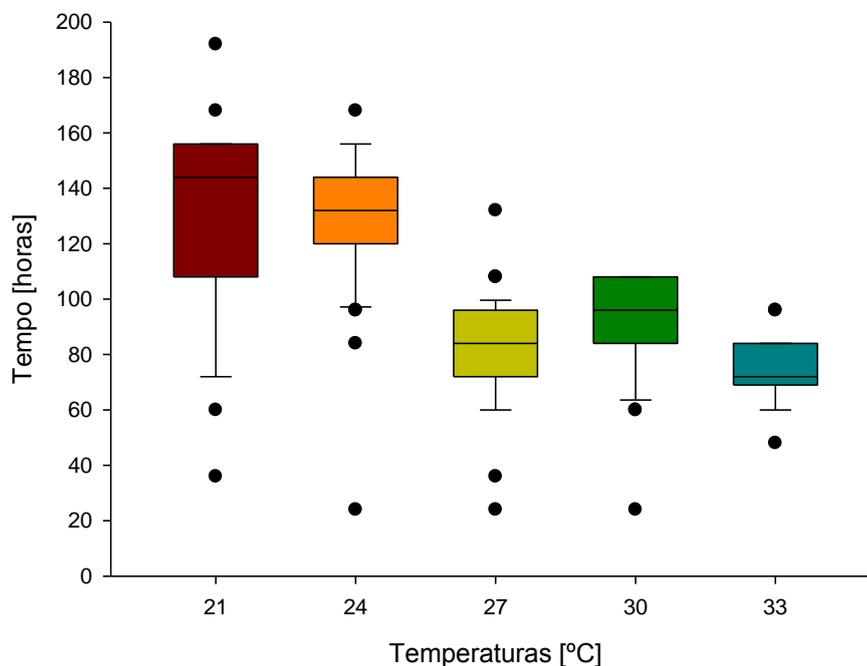
## **Resultados**

### **Sobrevivência de *R. indica* em diferentes temperaturas fora do seu hospedeiro**

Diferenças significativas no tempo médio de sobrevivência de *R. indica* foram observadas nas diferentes temperaturas ( $X^2 = 144,76$ ; DF = 4;  $P < 0.0001$ ). A temperatura de 33°C diferiu das demais temperaturas, sendo a temperatura com menor tempo de sobrevivência (Fig. 1). Não houve diferença entre as temperaturas de 27 e 30 °C ( $X^2 = 2,55$ ; DF = 1;  $P = 0,11$ ) e entre as temperaturas de 21 e 24°C ( $X^2 = 1,81$ ; DF = 1;  $P = 0,1780$ ), sendo essas últimas as que ocasionaram maior tempo de sobrevivência a *R. indica*. A regressão do tempo de sobrevivência fora do hospedeiro nas temperaturas avaliadas demonstrou uma diminuição na sobrevivência com o aumento da temperatura

(slope = -4,83;  $P < 0.0001$ ). O tempo médio de sobrevivência de *R. indica* a 33°C foi de 71 h e 120 h a 21°C (Fig. 2).

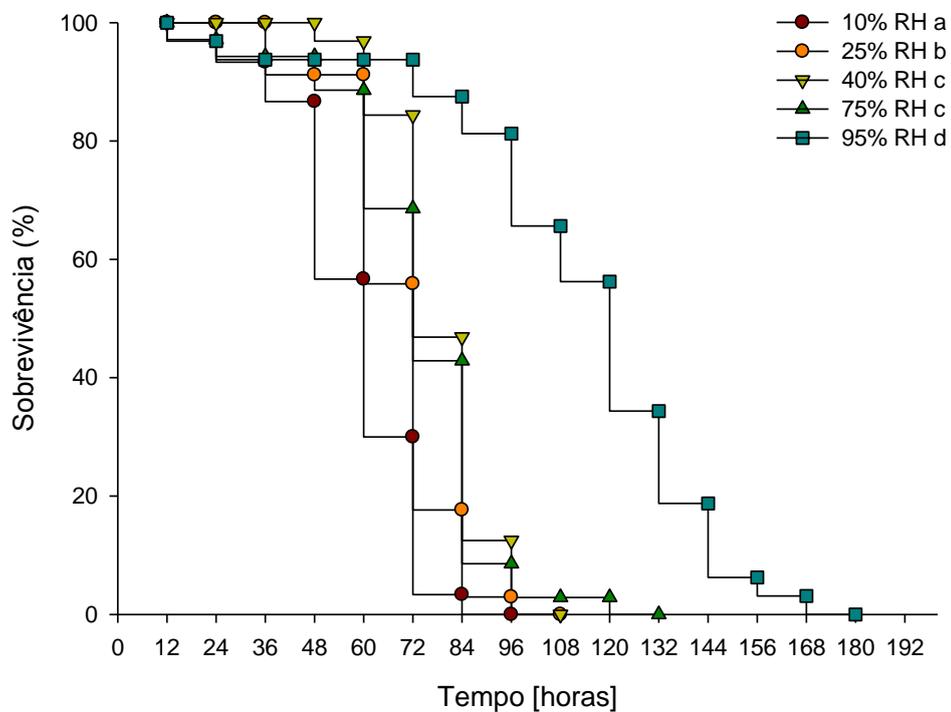




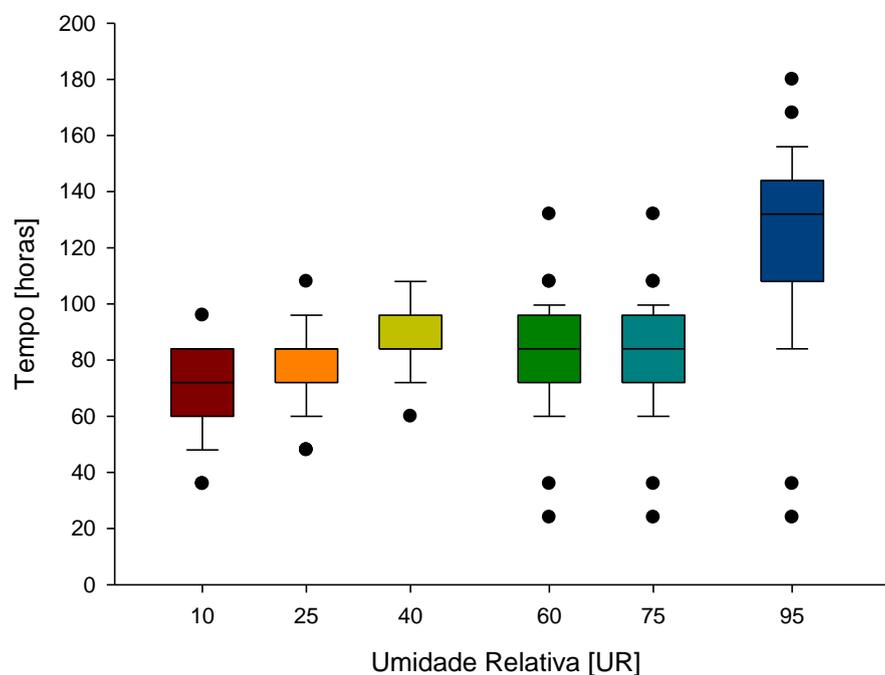
**Figura 2:** Efeito da temperatura no tempo de sobrevivência de fêmeas adultas de tempo médio *Raoiella indica* fora do hospedeiro.

### Sobrevivência de *R. indica* em diferentes umidades fora do seu hospedeiro

Diferenças significativas na sobrevivência de *R. indica* também foram observadas nas diferentes umidades relativas ( $X^2 = 97,67$ ;  $DF = 4$ ;  $P < 0.0001$ ). O tempo médio de sobrevivência do ácaro fora do hospedeiro foi menor na umidade de 10% diferindo das demais umidades, seguido pela umidade de 25%. Não houve diferença entre as umidades de 40 e 75%. A maior sobrevivência foi observada na umidade de 95% diferindo das demais umidades (Fig. 3). A regressão do tempo de sobrevivência fora do hospedeiro nas umidades relativas avaliadas demonstrou um aumento na sobrevivência com o aumento da umidade (slope = -4,83;  $P < 0.0001$ ). O tempo médio de sobrevivência de *R. indica* a 95% UR foi de 114h e 65h a 10% UR. (Fig. 4).



**Figura 3:** Curva de sobrevivência de fêmeas adultas de *Raiella indica* fora do hospedeiro em diferentes umidades relativas do ar. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as umidades relativas do ar.



**Figura 4:** Efeito da umidade relativa do ar no tempo de sobrevivência de fêmeas adultas de *Raoiella indica* fora do hospedeiro.

### Comportamento de caminhada de *R. indica* fora do seu hospedeiro

*Raoiella indica* pôde percorrer uma distância de 135,2 cm em uma velocidade média de 0,27 cm/seg em 515,90 seg de tempo de caminhada sob condições de 27°C e 75% UR em 10 min de observação.

### Discussão

A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores limitantes para o tempo disponível que o ácaro possui para encontrar um local adequado para sua sobrevivência (Melo *et al.* 2014; Ghazy *et al.* 2016; Liess *et al.* 2016). No presente estudo vimos que *R. indica* possui menor tempo de sobrevivência fora do hospedeiro com o aumento da temperatura e diminuição da umidade. Em temperatura próxima ao que é encontrado em regiões tropicais (27°C), *R. indica* sobrevive fora do hospedeiro em média 82h. Melo *et al.* (2014) avaliaram que *A. guerreronis* em mesma condição de temperatura sobrevive em média por 11h, sendo este o máximo de tempo que o ácaro possui para

encontrar um hospedeiro. Assim, é provável que em campo *R. indica* possua mais tempo para sobreviver e buscar seu hospedeiro que *A. guerreronis*. Esse resultado era esperado uma vez que morfológicamente fêmeas adultas de *A. guerreronis* possui tamanho corporal bem menor (205-255 µm de comprimento e 36-52 µm de largura) que *R. indica* (230 a 300 µm de comprimento e 170 a 190 µm de largura) além de características morfológicas como corpo vermiforme, que pode torna-lo mais susceptível a falta de umidade relativa (Keifer 1965; Moore & Howard 1996; Hist 1924; Kane *et al.* 2012). Ramírez-López *et al.* (2020) avaliaram que *R. indica* é capaz de resistir a inanição em condições semelhantes ao que se pode encontrar em ambientes fora do hospedeiro (27 a 30 °C) por volta de 6 a 7 dias (~ 144h). Esse tempo de sobrevivência é diferente do que foi encontrado aqui no presente trabalho. Essa diferença pode ter ocorrido devido a diferença das umidades, uma vez que os autores não relatam a umidade ao qual o experimento foi exposto ou devido as diferentes populações estudadas. No entanto, novos estudos devem ser realizados para verificar a diferença da sobrevivência em populações diferentes.

No presente estudo verificamos que as diferentes umidades testadas tiveram efeito significativo sobre a sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro, havendo menor resposta de sobrevivência na menor umidade relativa testada (10%). Segundo Boudreaux (1958), ácaros podem morrer mais rapidamente em umidades baixas e sem alimento devido a evaporação cuticular. Fora do hospedeiro, o ácaro possui mínimas chances de se alimentar, no entanto, para que o tempo de sobrevivência seja maior e a perda de água seja mínima, a umidade relativa do ar do ambiente deve estar elevada. Di Palma *et al.* (2021) observaram que as células epidérmicas de *R. indica* possuem ultraestrutura que sugere uma função glandular, porém ainda não se sabe se essas gotículas ligadas as setas cuticulares podem influenciar no equilíbrio osmótico do ácaro.

Em umidade relativa de 75%, o tempo médio de *R. indica* fora do hospedeiro é de (~82h). Este tempo médio de sobrevivência é semelhante ao tempo médio encontrado no teste realizado em temperatura de 27°C (65% UR), sendo esta, uma condição próxima que o ácaro encontra em regiões tropicais. Portanto, pode-se dizer que, aproximadamente, 82h pode ser o máximo de tempo que *R. indica* possui para caminhar ao encontro de um hospedeiro ou sítio de colonização. Para encontrar um hospedeiro ou local favorável dentro de um hospedeiro para colonização, o ácaro precisará caminhar (Bergh 2001). A capacidade de dispersão por caminhamento varia

entre os ácaros. Melo *et. al* (2014) avaliaram que *A. guerreronis* percorre 0,5m linear a partir da origem em uma observação de 10 min. Alves *et al.* 2005 verificaram que *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), ácaro-da-leprose, ao se dispersar por caminhamento consegue atingir 40 cm a 50 cm após 7 dias de avaliação. Aqui neste estudo, verificou-se que em 10 min *R. indica* possui a capacidade de percorrer 135,2 cm. Logo, em 82h (tempo de sobrevivência de *R. indica* a 27° C), *R. indica* pode ser capaz de caminhar 665,18m sem alimento. Essa distância pode tornar a dispersão por caminhamento intra-planta possível.

Neste estudo verificamos que diferentes temperaturas e umidades no ambiente podem limitar a capacidade de sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro, e que esses fatores são limitantes para o seu tempo de caminhamento em busca de hospedeiro ou sítio de colonização.

## 7. CONCLUSÃO

Neste estudo concluímos que a temperatura e a umidade do ambiente podem limitar o tempo médio de sobrevivência de *R. indica* fora do hospedeiro com reflexo sobre o tempo de busca de um novo hospedeiro ou sítio de colonização.

## Referências

- ALVES, E. B.; CASARIN, N. F. B.; OMOTO, C. **Dispersal mechanisms of *Brevipalpus phoenicis* Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus groves.** Neotropical Entomology. Londrina, v. 34, n. 1, p. 89- 96, 2005.
- AZEVEDO, A.O.; GONDIM JR, M.G.C.; MELO, J.W.S.; MONTEIRO, V.B.; LIMA, D.B. & CALVET, E.C. **Aerial dispersal of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): Influence of biotic and abiotic factors, dispersal potential and colonization rate.** Systematic and Applied Acarology 27(11), 2166-2179, 2022.
- BARROS, M.E.N.; LIMA, D.B.; MENDES, J.A.; GONDIM JR, M.G.C. & MELO, J.W.S. **The establishment of an invasive pest mite, *Raiella indica*, affects mite abundance and diversity on coconut plants.** Sistematic and Applied Acarology, v. 25, p. 881-894, 2020.
- BEARD, J.J.; OCHOA, R.; BAUCHAN, G.R.; WELBOURN, W.C.; POOLEY, C.; DOWLING, A.P.G. **External mothpart morphology in the Tenuipalpidade (Tetrannychoidea) *Raoiella* a case study.** Experimental and Applied Acarology, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 227-255, 2012.
- BERGH, J.C. & SMITH, A.H. **Ecology and aerobiology of dispersing citrus rust mites (Acari: Eriophyidae) in central Florida.** Environmental Entomology, v. 30, p. 318-326, 2001.
- BOUDREAUX, H. B. **The effect of relative humidity on egg-laying, hatching, and survival in various spider mites.** Journal of Insect Physiology, Portici, v. 2, p. 65-72, 1958.
- CALVET, E.C.; MELO, J.W.S.; GONDIM, M.G.C. **Chemosensory cues of predators and competitors influence search for refuge in fruit by the coconut mite *Aceria guerreronis*.** Experimental and Applied Acarology, v. 74, p. 249-259, 2018.
- CARRILLO, D., D. AMALIN, F. HOSEIN, A. RODA, R.E. DUNCAN & J.E. PEÑA. **Host Plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World.** Experimental and Applied Acarology, v. 57, p. 271-289, 2012.
- DI PALMA, A; BEARD, J. J; BAUCHAN G. R; OCHOA, R; SEEMAN O. D; KITAJIMA, E.W; **Dorsal setae in *Raoiella* (Acari: Tenuipalpidae): Their functional morphology and implication in fluid secretion.** Arthropod Structure & Development, v. 60, 101023, 2021.
- ETIENNE, J.; & FLETCHMANN, C.H.W. **First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint.** International Journal Acarol, v. 32, p. 331-332, 2006.
- GHAZY, N.A.; OSAKABE, M.; NEGM, M.W.; SCHAUSBERGER, P.; GOTOH, T.; AMANO, H. **Phytoseiid mites under environmental stress.** Biological Control, v. 96, p. 120-134, 2016.
- GONZÁLEZ-REUS, M. & M. RAMOS. **Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari:Tenuipalpidae) en el municipio Santiago de Cuba.** Revista de Protección Vegetal, v. 25, p. 5-6, 2010.

HIST, S. **On some new species of red spider.** Annals and Magazine of Natural History. v. 1, p. 522-527, 1924.

KANE, E. C.; OCHOA, R.; MATHURIN, G.; ERBE, E. F.; BEARD, J. J. **Raoiella indica (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics.** Experimental and Applied Acarology, v. 57, n. 3,4, p. 215-225, 2012.

KEIFER, H. H. **Eriophyid studies.** California Department of Agriculture: Bureau of Entomology. Sacramento (Special publication), (Eriophyes studies, B14), 1965.

LIESS, M., FOIT, K., KNILLMANN, S., SCHAFER, R.B. & LIESS H-D. **Predicting the synergy of multiple stress effects.** Nature, v. 6, 32965, 2016.

LOWE, S; BROWNE, M; BOUDJELAS; S & DE POORTER, M. **100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database.** Auckland, IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG), p. 12, 2000.

MARTINS, C.R. & JESÚS JR, L.A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional:** Panorama 2010. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, (Documentos 164), p. 28, 2011.

MELO, J.W.S.; LIMA, D.B.; SABELIS, M.W.; PALLINI, A.; GONDIM, M.G.C. **Limits to Ambulatory displacement of coconut mites in absence and presence of food-related cues.** Experimental and Applied Acarology, v. 62, p. 449-461, 2014.

MOORE, D.; & ALEXANDER, L. **Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae).** Bulletin Entomology Research, v. 77, 641-650, 1987.

MOORE, D.; & HOWARD, F.W. **Coconuts.** In: LINDQUIST, E.E.; SABELIS, M.W.; BRUIN, J. (eds) **Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control.** Elsevier, Amsterdam, p. 561-570, 1996.

MORAES, G.J. & FLECHTMANN., C.H.W. **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil.** Ribeirão Preto, Holos Editora, p. 308, 2008.

OCHOA, R.; BEARD, J.J.; BAUCHAN, G.R.; KANE, E.C.; DOWLING, A.P.G.; ERBE, E.F. **Herbivore exploits chink in armour of host.** American Entomologist, v. 57, p. 26-29, 2011.

OLIVEIRA, C.R.F; FARONI, L.R.D'A; GUEDES, R.N.C. & ARAÚJO, A.P.A. **Survival of the Mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) under Starvation.** Neotropical Entomology, v.35, n.4, p. 506-510, 2006.

RAMÍREZ-LÓPEZ, J.; OTERO-COLINA, G.; ESTRADA-VENEGAS, E.G.; BALLESTEROS-BARRERA, C. & QUERO-RICO, H. J. **Dispersal and resistance to starvation in *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae).** Experimental and Applied Acarology, v. 82, p. 229-241, 2020.

SAS Institute. **SAS/STAT User's guide,** version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, 2008.

SOUSA NETO, E. P., SOUZA, I. V., GUZZO, E. C., & MELO, J. W. S. **Carnaúba [*Copernicia prunifera* (Miller) HE Moore, Arecaceae], uma nova hospedeira de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae), 2021.**

VÁSQUEZ, C. & G.J. MORAES. **Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela.** Experimental and Applied Acarology, v. 60, p. 73-82, 2012.

WELBOURN, C. **Pest alert. Red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), 2006.**