

JOSIAS JORDÃO ANDRADE ALVES

ADJUVANTES VEGETAIS AUMENTAM A EFICIÊNCIA DO EXTRATO  
AQUOSO DE JUAZEIRO SOBRE *Tetranychus lideni*?

SERRA TALHADA  
PERNAMBUCO - BRASIL  
2021

A  
L  
V  
E  
S

A  
D  
J  
U  
V  
A  
N  
T  
E  
S

V  
E  
G  
E  
T  
A  
I  
S

A  
U  
M  
E

.  
. 2  
0  
2  
1

JOSIAS JORDÃO ANDRADE ALVES

ADJUVANTES VEGETAIS AUMENTAM A EFICIÊNCIA DO EXTRATO  
AQUOSO DE JUAZEIRO SOBRE *Tetranychus ludeni*?

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador(a): Dra. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira

Coorientador: Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira

SERRA TALHADA  
PERNAMBUCO - BRASIL  
2021

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A474a Alves, Josias Jordão Andrade  
ADJUVANTES VEGETAIS AUMENTAM A EFICIÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO  
DE JUAZEIRO SOBRE *Tetranychus ludeni*? / Josias Jordão Andrade Alves. - 2021.  
62 f. : il.
- Orientadora: Claudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira.  
Coorientador: Carlos Romero Ferreira de Oliveira.  
Inclui referências e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, 2021.
1. Acaricida botânico. 2. Tetranychidae. 3. Espalhantes adesivos. I. Oliveira, Claudia Helena Cysneiros Matos de, orient. II. Oliveira, Carlos Romero Ferreira de, coorient. III. Título

CDD 581.15

---

JOSIAS JORDÃO ANDRADE ALVES

ADJUVANTES VEGETAIS AUMENTAM A EFICIÊNCIA DO EXTRATO  
AQUOSO DE JUAZEIRO SOBRE *Tetranychus ludeni*?

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa  
de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em  
Produção Vegetal.

Aprovado em 27/08/2021.

Banca Examinadora

---

Dra. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira - UAST/UFRPE  
Orientador(a)

---

Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira - UAST/UFRPE  
Co-orientador, Examinador interno

---

Dra. Clécia de Carvalho Marques - UFPE  
Examinador Externo

---

Dra. Yasmim Bruna de Siqueira Bezerra - UFPE  
Examinador Externo

Ao meu pai José Alves dos Santos Filho  
A minha mãe Sandra Andrade da Silva  
Aos Meus irmãos, Joyce L. A. Alves, Otávio A. A. Alves e Johanna B. A. Alves  
A minha esposa Janiele Maria Alves  
Ao meu filho Isaac Augusto  
Aos meus orientadores, Cláudia H. C. M. de Oliveira e Carlos R. F. de Oliveira

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente pelo dom da vida, por ter me dado forças, saúde e coragem para superar as dificuldades.

Ao programa de pós-graduação em produção vegetal – PGPV e seu corpo docente, direção e administração pela orientação e oportunidades oferecidas.

A minha esposa Janiele Alves, pelo incentivo, amor, carinho e apoio no dia a dia.

Aos meus pais José Alves e Sandra Andrade que mesmo distantes, me incentivam e me dão apoio desde o começo dessa jornada.

Aos meus orientadores Prof<sup>a</sup>. Dra. Cláudia Helena Cysneiros e Prof. Dr. Carlos Romero, pelo suporte, atenção e acompanhamento, tomando parte de seu tempo, seus conselhos, correções e incentivos durante o desenvolvimento da pesquisa.

A banca de avaliação pelas contribuições ao manuscrito.

Aos professores do curso de programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - PGPV, pelo incentivo à pesquisa científica e à formação profissional.

Aos colegas do PGPV, especialmente a turma 2019.1.

A todos os meus colegas do Núcleo de ecologia de artrópodes - NEA, destacando-se Cinara e Vanessa, por terem participado ativamente da pesquisa, pela amizade e companheirismo na execução desse trabalho dissertação.

A Capes pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

“Apressa-te a viver bem e pensa que cada dia é, por si só, uma vida.”

(Lucius Annaeus Sêneca)

## Resumo Geral

O ácaro *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) é uma das pragas do algodoeiro comumente encontradas no semiárido pernambucano. Seu controle é feito com acaricidas sintéticos, cujo uso abusivo tem reduzido a eficiência desses produtos. Nesse sentido há uma demanda por métodos de controle alternativos, como os extratos vegetais, cuja eficiência pode ser aumentada quando associados a adjuvantes, que auxiliam na diminuição da volatilização dos produtos aplicados, melhoram o seu tempo de retenção e efeito residual para o controle de pragas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de óleos vegetais adjuvantes ao extrato de juazeiro *Sarcomphalus joazeiro* para o controle de *T. ludeni* em algodoeiro *Gossypium hirsutum*. Os testes foram feitos no delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos: T1: extrato aquoso de juazeiro (EAJ), como testemunha; T2: EAJ + óleo de coco (1,5%); T3: EAJ + óleo de soja (1,5%); T4: EAJ + óleo de canola (1,5%); T5: EAJ + óleo de girassol (1,5%), em 10 repetições para duas concentrações: CL<sub>50</sub> (3,54%) e CL<sub>90</sub> (8,81%). Para o teste de toxicidade, fêmeas adultas de *T. ludeni* foram transferidas para arenas de discos foliares de algodoeiro (3cm Ø) em placas de Petri. Com o borrifador manual foram feitas aplicações do extrato, de acordo com os tratamentos, simulando os efeitos: a) curativo - 10 fêmeas do ácaro liberadas nas arenas e em seguida pulverização do extrato e b) preventivo - decorridos 30 minutos da pulverização houve a liberação das fêmeas nas arenas. Após 48 horas, efetuou-se a contagem de indivíduos vivos e mortos. Para o efeito residual, plantas de algodoeiro com 40 dias de idade foram pulverizadas com EAJ+adjuvantes, sendo coletadas amostras de folhas em diferentes períodos: três horas, um, dois e quatro dias após aplicação para confecção de arenas, onde 10 fêmeas adultas foram colocadas sobre os discos foliares e após 48 horas em câmara climática avaliou-se a mortalidade. Para identificar e quantificar fenóis solúveis no extrato aquoso de juazeiro, foi efetuada uma cromatografia em UHPLC+. Posteriormente para o efeito ovicida foram feitas pulverizações das CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> do EAJ sobre 10 ovos por tratamento, registrando-se a quantidade de larvas emergidas. A deterrência para oviposição foi calculada após aplicação da CL<sub>50</sub> simulando os efeitos curativo e preventivo sobre fêmeas em oviposição. A avaliação foi realizada após

96 horas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os adjuvantes aumentaram a eficiência do extrato de juazeiro sobre *T. ludeni*. Para toxicidade, no teste preventivo houve diferença significativa da CL<sub>50</sub> associada aos óleos de girassol, soja e canola sobre a mortalidade do ácaro (80%, 74% e 71%, respectivamente) quando comparados aos demais, enquanto no teste curativo os adjuvantes girassol e coco proporcionaram as maiores mortalidades (86 e 72%). Para a CL<sub>90</sub> ocorreu mortalidade de 100% dos ácaros em todos os tratamentos. O extrato associado aos adjuvantes apresentou maior efeito residual do que o seu uso isolado. Os adjuvantes óleo de canola, girassol e coco proporcionaram significativamente maior efeito residual nas primeiras 24 horas: para a CL<sub>50</sub> a mortalidade de *T. ludeni* foi de 48, 46 e 32%, respectivamente, enquanto para a CL<sub>90</sub> foi de 74, 52 e 48%. Os adjuvantes reduziram a viabilidade de ovos e tiveram efeito deterrente para a oviposição de *T. ludeni*. No teste preventivo para a CL<sub>50</sub> do extrato o menor número de ovos eclodidos ocorreu nos tratamentos com óleo de canola e girassol e para a CL<sub>90</sub> ocorreu no tratamento com óleo de soja (viabilidade de ovos). Para a deterrência da oviposição, no teste curativo utilizando a CL<sub>50</sub>, destacaram-se os óleos de girassol, canola e soja, com um máximo de seis ovos postos pelo ácaro, enquanto na testemunha este número ultrapassou 40. No teste preventivo, os menores índices de oviposição foram observados para o tratamento com óleo de girassol, soja e coco. Na composição do extrato aquoso de juazeiro foi identificado o ácido gálico como composto fenólico, cuja concentração foi de 6,68 mg/mL para CL<sub>50</sub> e 6,77 mg/mL para a CL<sub>90</sub>. O quantitativo total de fenóis solúveis foi de CL<sub>50</sub> (36,84 mg Ácido Gálico 100 g<sup>-1</sup> MF) seguido pela CL<sub>90</sub> (38,82 mg Ácido Gálico 100 g<sup>-1</sup> MF). De maneira geral constatou-se que a associação do extrato aquoso de juazeiro com o adjuvante óleo de girassol teve destaque na maioria dos testes realizados em relação aos outros adjuvantes testados, sendo o mais promissor para o manejo de *T. ludeni* no algodoeiro.

**Palavras-chave:** Acaricida botânico; Tetranychidae; Espalhantes adesivos.

## General Abstract

The mite *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) is one of the cotton pests commonly found in the semiarid region of Pernambuco. Its control is done with synthetic acaricides, whose abusive use has reduced the efficiency of these products. In this sense, there is a demand for alternative control methods, such as plant extracts, whose efficiency can be increased when combined with adjuvants, which help to reduce the volatilization of applied products, improve their retention time and residual effect for pest control. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of adding adjuvant vegetable oils to *Sarcomphalus joazeiro* jujube extract for the control of *T. ludeni* in *Gossypium hirsutum* cotton. The tests were carried out in a completely randomized design, with five treatments: T1: aqueous extract of jujube tree (EAJ), as a control; T2: EAJ + coconut oil (1.5%); T3: EAJ + soybean oil (1.5%); T4: EAJ + canola oil (1.5%); T5: EAJ + sunflower oil (1.5%), in 10 repetitions for two concentrations: LC<sub>50</sub> (3.54%) and LC<sub>90</sub> (8.81%). For the toxicity test, adult females of *T. ludeni* were transferred to cotton leaf disc arenas (3cm Ø) in Petri dishes. With the manual sprayer, applications of the extract were made, according to the treatments, simulating the effects: a) curative - 10 females of the mite released in the arenas and then spraying the extract and b) preventive - after 30 minutes of spraying, the females in the arenas. After 48 hours, living and dead individuals were counted. For the residual effect, 40-day-old cotton plants were sprayed with EAJ+adjuvants, and leaf samples were collected at different periods: three hours, one, two and four days after application to make arenas, where 10 adult females were placed on the leaf discs and after 48 hours in a climatic chamber, mortality was evaluated. To identify and quantify soluble phenols in the aqueous extract of jujube, a UHPLC+ chromatography was performed. Subsequently, for the ovicide effect, sprays of the EAJ LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> were made on 10 eggs per treatment, recording the amount of emerged larvae. Deterrence for oviposition was calculated after application of LC<sub>50</sub> simulating the curative and preventive effects on oviposition females. The evaluation was carried out after 96 hours. The results were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% probability. Adjuvants increased the efficiency of jujube extract on *T. ludeni*. For toxicity, in the preventive test there was a significant difference of LC<sub>50</sub> associated

with sunflower, soybean and canola oils on the mortality of the mite (80%, 74% and 71%, respectively) when compared to the others, while in the curative test the adjuvants sunflower and coconut provided the highest mortality (86 and 72%). For CL90 there was 100% mortality of mites in all treatments. The extract associated with adjuvants had a greater residual effect than its use alone. The adjuvants canola, sunflower and coconut oil provided significantly greater residual effect in the first 24 hours: for the LC<sub>50</sub> the mortality of *T. ludeni* was 48, 46 and 32%, respectively, while for the LC<sub>90</sub> it was 74, 52 and 48 %. Adjuvants reduced egg viability and had a deterrent effect on *T. ludeni* oviposition. In the preventive test for the LC<sub>50</sub> of the extract, the lowest number of hatched eggs occurred in treatments with canola and sunflower oil and for LC<sub>90</sub> occurred in the treatment with soybean oil (egg viability). For oviposition deterrence, in the curative test using the LC<sub>50</sub>, sunflower, canola and soybean oils stood out, with a maximum of six eggs laid by the mite, while in the control this number exceeded 40. In the preventive test, the lowest indices oviposition were observed for the treatment with sunflower, soybean and coconut oil. In the composition of the aqueous extract of juazeiro, gallic acid was identified as a phenolic compound, whose concentration was 6.68 mg/mL for LC<sub>50</sub> and 6.77 mg/mL for LC<sub>90</sub>. The total amount of soluble phenols was LC<sub>50</sub> (36.84 mg Gallic Acid 100 g<sup>-1</sup> MF) followed by LC<sub>90</sub> (38.82 mg Gallic Acid 100 g<sup>-1</sup> MF). In general, it was found that the association of the aqueous extract of jujube with the sunflower oil adjuvant was highlighted in most of the tests performed in relation to the other adjuvants tested, being the most promising for the management of *T. ludeni* in cotton.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Mortalidade média (%) de adultos de *Tetranychus ludeni* submetidos a diferentes tratamentos com a CL<sub>50</sub> do extrato de juazeiro associada a óleos vegetais adjuvantes, no período de 48 horas: (A) teste preventivo e (B) teste curativo. Barras seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). ..... 33
- Figura 2.** Mortalidade média (%) de adultos de *Tetranychus ludeni* submetidos a diferentes tratamentos com a CL<sub>90</sub> do extrato de juazeiro associada a óleos vegetais adjuvantes, no período de 48 horas: (A) teste preventivo e (B) teste curativo. Barras seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). ..... 33
- Figura 3.** Viabilidade de ovos de *Tetranychus ludeni* submetidos às CL<sub>50</sub> (A) e CL<sub>90</sub> (B) do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes, no período de 96 horas. Letras maiúsculas diferentes nas barras indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )..... 34
- Figura 4.** Deterrência para oviposição do ácaro *Tetranychus ludeni* nos testes curativo (A) e preventivo (B) com o extrato de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes, no período de 96 horas para a CL<sub>50</sub>. Letras maiúsculas diferentes nas barras indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )....35

<b>Figura 5.</b> Perfil cromatográfico de retenção de frações e compostos da CL <sub>50</sub> do extrato aquoso de juazeiro. ....	39
<b>Figura 6.</b> Perfil cromatográfico de retenção de frações e compostos da CL <sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro. ....	39
<b>Figura 7.</b> Curva padrão de ácido gálico a 725 nm (Folin-Ciocalteu).....	40
<b>Figura 8.</b> Absorbância da análise espectrofotométrica Folin-Ciocalteu a 725nm em mg de equivalentes de ácido gálico 100 g <sup>-1</sup> MF do extrato aquoso de juazeiro para as CL <sub>50</sub> e CL <sub>90</sub> .....	41

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1.** Tratamentos, classificação e porcentagem utilizada de adjuvantes. 31
- Tabela 2.** Efeito residual da CL50 do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes sobre o ácaro *Tetranychus ludeni*, em condições de laboratório ( $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70\pm 5\%$  UR e 12h de fotofase). .. 37
- Tabela 3.** Efeito residual da CL90 do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes sobre o ácaro *Tetranychus ludeni*, em condições de laboratório ( $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70\pm 5\%$  UR e 12h de fotofase). .. 38
- Tabela 4.** Rentabilidade (R\$/L) do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes..... 42

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	22
<b>2</b>	<b>Material e métodos</b>	24
2.1	Local	24
2.2	Semeadura e utilização de algodão BRS Topázio e Feijão de porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> )	24
2.3	Criação do ácaro <i>Tetranychus ludeni</i>	25
2.4	Coleta do material vegetal e preparo do extrato	25
2.5	Tratamentos utilizados e condições experimentais	26
2.6	Testes	27
2.6.1	Toxicidade sobre fêmeas adultas de <i>Tetranychus ludeni</i>	27
2.6.2	Efeito sobre a viabilidade de ovos	28
2.6.3	Deterrência para oviposição	28
2.6.4	Efeito Residual do extrato de juazeiro	29
2.7	Composição química do extrato de juazeiro	30
2.7.1	Compostos fenólicos HPLC	30
2.7.2	Compostos fenólicos totais	30
2.8	Rentabilidade de calda	31
2.9	Análises Estatísticas	31
<b>3</b>	<b>Resultados</b>	32
3.1	Toxicidade sobre fêmeas adultas de <i>Tetranychus ludeni</i>	32
3.2	Efeito sobre a viabilidade de ovos	34
3.3	Deterrência para oviposição	35
3.4	Efeito Residual do extrato de juazeiro	36
3.5	Composição química do extrato de juazeiro	38
3.5.1	Compostos fenólicos pelo UHPLC+	38
3.5.2	Compostos fenólicos totais	40
3.6	Rentabilidade de calda	41
<b>4</b>	<b>Discussão</b>	42
<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	51
<b>6</b>	<b>Referências</b>	52

## APRESENTAÇÃO

O algodão é uma das culturas mais importantes para o agronegócio e a principal fibra de origem vegetal que serve de matéria-prima para a indústria têxtil no mundo, devido a sua durabilidade e versatilidade de utilização. O Brasil ocupa o quinto lugar entre os países maiores produtores de algodão e é o segundo maior exportador. Ainda assim, um dos grandes entraves para o desenvolvimento da cultura continua sendo o problema do ataque de pragas, as quais ocorrem de forma sistemática e podem reduzir drasticamente a sua produção.

No semiárido pernambucano o algodoeiro é a principal cultura atacada pelo ácaro vermelho *Tetranychus ludeni* Zacher (Acari: Tetranychidae). Esta espécie ocorre principalmente em regiões subtropicais onde as temperaturas médias são superiores a 25° C. Nas últimas décadas, com o aumento significativo do aquecimento global, este ácaro pode se tornar uma das principais pragas mundiais, pois apresenta maiores taxas de reprodução, fecundidade e sobrevivência em ambientes com altas temperaturas.

O controle de *T. ludeni* é feito com acaricidas sintéticos. Entretanto, devido a problemática decorrente do uso intensivo desses produtos e a demanda por produtos livres de agrotóxicos, um grande desafio para os pesquisadores é o desenvolvimento de métodos de controle alternativo que sejam eficientes e garantam a sustentabilidade dos agroecossistemas. Nesse contexto, produtos naturais de origem vegetal, como extratos e óleos, vêm sendo estudados, uma vez que muitas espécies de plantas já tiveram sua ação inseticida/acaricida comprovada e constituem-se fonte de substâncias bioativas compatíveis com programas de manejo integrado de pragas.

No que se refere a *T. ludeni* o efeito de extratos vegetais para o controle desta praga já foi avaliado em alguns estudos, dos quais pode-se destacar o extrato de pimenta dedo-de-moça *Capsicum baccatum* e o extrato de juazeiro *Sarcomphalus joazeiro*, os quais apresentaram efeito na mortalidade, repelência e redução na oviposição deste ácaro, sem ocasionar fitotoxicidade às plantas de algodoeiro.

Uma das principais desvantagens da utilização de extratos vegetais é a sua rápida degradação no ambiente, que é causada por fatores como a temperatura, volatilização de compostos e a fotodegradação. Assim, é necessário o preparo de soluções mais estáveis e com baixa volatilidade, concentrando maior quantidade de ingrediente ativo no menor número de aplicações, reduzindo os custos de produção, o que pode ser conseguido através do uso de adjuvantes associados a esses produtos.

Os adjuvantes são substâncias adicionadas a inseticidas/acaricidas ou herbicidas, cuja função principal é melhorar a atividades destes produtos e suas formas de aplicação, aumentando sua eficácia, capacidade adesiva, além de diminuir a evaporação do produto e melhorar sua absorção pela planta.

Os principais adjuvantes utilizados são os óleos minerais em associação com inseticidas/acaricidas sintéticos. Entretanto, óleos vegetais também podem ter ação adjuvante e devem ser estudados, uma vez que representam uma fonte renovável que pode ser obtida de culturas agrícolas anuais e auxiliar no incremento da eficiência dos produtos naturais para o manejo de pragas.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de óleos vegetais adjuvantes ao extrato de juazeiro para o controle de *T. ludeni* em

algodoeiro através de testes de toxicidade, efeito residual da aplicação, efeito ovicida e deterrência para oviposição.

## CAPÍTULO 1 - ADJUVANTES VEGETAIS AUMENTAM A EFICIÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO DE JUAZEIRO SOBRE *Tetranychus ludeni*?

**Josias J. A. Alves<sup>a</sup>; Cláudia H. C. Matos<sup>a</sup>; Carlos R. F. de Oliveira<sup>a</sup>; Cinara W. F. Bezerra<sup>a</sup>; Vanessa L. C. Pereira<sup>a</sup>; Kelem S. Fonseca<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Rua Gregório Ferraz Nogueira, S/N, Bairro José Tomé de Souza Ramos, CEP 56909-535, Serra Talhada – PE, Brasil.

**Resumo** - Foi avaliada a adição de quatro óleos vegetais adjuvantes (coco, soja, canola e girassol) ao extrato de juazeiro *Sarcomphalus joazeiro* para o controle do ácaro *Tetranychus ludeni*. As CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> do extrato em associação com os adjuvantes (E+A) foram testadas quanto à sua toxicidade para ovos e fêmeas adultas do ácaro. Também foi avaliado o efeito residual dos E+A e a deterrência para oviposição de *T. ludeni*. Os testes foram realizados simulando o efeito curativo e preventivo dos E+A. Para identificar e quantificar fenóis solúveis no extrato aquoso de juazeiro, foi efetuada cromatografia em UHPLC+. Todos os óleos adjuvantes testados aumentaram a eficiência do extrato de juazeiro (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>) sobre *T. ludeni*. A CL<sub>50</sub> foi mais eficiente no teste curativo e em associação com os óleos de girassol e coco, proporcionando mortalidade de 86 e 72%, respectivamente, ao ácaro. Já a CL<sub>90</sub> do extrato associada aos óleos adjuvantes ocasionou mortalidade de 100% dos ácaros nos testes curativo e preventivo. Os adjuvantes também aumentaram o efeito residual do extrato em comparação com sua utilização isolada. Os óleos de girassol (46%) e canola (48%) proporcionaram significativamente maior efeito residual ao extrato de juazeiro (CL<sub>50</sub>) nas primeiras 24 horas após a aplicação, para a CL<sub>90</sub> destacaram-se girassol, coco e canola, a tratamento com soja não diferiu de coco. Após 48h, o maior efeito residual ocorreu para a CL<sub>50</sub>+ óleo de girassol (34% de mortalidade do ácaro) e para a CL<sub>90</sub>+óleo de canola (36%), enquanto no extrato isolado houve mortalidade de 0 e 6%, respectivamente. Os adjuvantes reduziram a viabilidade de ovos de *T. ludeni*. Para a CL<sub>50</sub> do extrato o menor número de ovos eclodidos ocorreu nos tratamentos com óleo de canola e girassol e para a CL<sub>90</sub>

ocorreu no tratamento com óleo de soja. Também ocorreu efeito deterrente para oviposição. No teste curativo a maior redução da oviposição ocorreu nos tratamentos com óleos de girassol, canola e soja, enquanto no teste preventivo a deterrência foi maior com óleo de girassol. Foi identificado o ácido gálico como composto fenólico com concentração de 6,68 mg/mL para CL<sub>50</sub> e 6,77 mg/mL para a CL<sub>90</sub>, o quantitativo total de fenóis solúveis foi de CL<sub>50</sub> (36,84 mg Ácido Gálico 100 g<sup>-1</sup> MF) seguido pela CL<sub>90</sub> (38,82 mg Ácido Gálico 100 g<sup>-1</sup> MF). Ao final das análises, observou-se que o uso de óleos vegetais adjuvantes associado ao extrato aquoso de juazeiro deve ser considerado para o manejo do ácaro *T. ludeni* uma vez que torna o extrato mais efetivo.

**Palavras-chave:** Acaricida botânico; Tetranychidae; Espalhantes adesivos.

**Summary** - The addition of four adjuvant vegetable oils, coconut oil, soybean oil, canola oil, and sunflower oil, to the juazeiro extract *Sarcomphalus joazeiro* was evaluated for the control of the mite *Tetranychus ludeni*. The LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> of the extract in association with the adjuvants (E+A) were tested for toxicity to eggs and adult females of the mite. The residual effect of E+A and the deterrence for oviposition of *T. ludeni* were also evaluated. The tests were performed simulating the curative and preventive effect of E+A. To identify and quantify soluble phenols in the aqueous extract of juazeiro, UHPLC+ chromatography was performed. All adjuvant oils tested increased the efficiency of the juazeiro extract (LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub>) on *T. ludeni*. The CL<sub>90</sub> of the extract associated with the adjuvant oils caused 100% mite mortality in the curative and preventive tests. The LC<sub>50</sub> was more efficient in the curative test and in association with sunflower and coconut oils, providing 86 and 72% mortality to the mite, respectively. The adjuvants also increased the residual effect of the extract of juazeiro compared to its use alone. Canola, sunflower and coconut oils provided significantly higher residual effect to the extract (LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub>) in the first 24 hours after application. After 48h, the highest residual effect occurred for LC<sub>50</sub>+sunflower oil (34% mite mortality) and LC<sub>90</sub>+canola oil (36%), while in the isolated extract there was 0 and 6% mortality, respectively. The adjuvants reduced the viability of *T. ludeni* eggs. For the LC<sub>50</sub> of the extract the lowest number of hatched eggs occurred in the canola and

sunflower oil treatments, while for the LC<sub>90</sub> occurred in the soybean oil treatment. A deterrent effect for oviposition also occurred. In the curative test the greatest reduction in oviposition occurred in the treatments with sunflower, canola and soybean oils, while in the preventive test the deterrence was greatest with sunflower oil. At the end of the analysis, it was observed that the use of adjuvant vegetable oils associated with the aqueous extract of juazeiro should be considered for the management of the mite *T. ludeni* since it makes the extract more effective.

**Key-words:** Botanical acaricide; Tetranychidae; Adhesive spreaders.

## 1 Introdução

Um dos principais entraves ao desenvolvimento da agricultura é o ataque por pragas e doenças, as quais são responsáveis por perdas entre 10% e 40% da produção em escala global (Savary et al., 2019). Nesse sentido é recorrente a demanda por estudos voltados para o controle desses organismos, o qual é feito usualmente com inseticidas/acaricidas sintéticos (FAO, 2019).

Entretanto, a problemática decorrente da utilização de agrotóxicos e a busca por alimentos livres de resíduos tóxicos, tem tornado necessário o desenvolvimento de sistemas agrícolas produzidos de forma sustentável e que possibilitem a segurança ambiental e humana (Michereff Filho et al., 2012; Dara, 2019).

Materiais provenientes de plantas (folhas, caules, cascas, raízes) vêm sendo analisados para a obtenção de produtos alternativos ao controle químico sintético, e uma linha promissora que vem recebendo atenção por parte dos pesquisadores é o uso de produtos naturais (óleos e extratos) (Schwan-Estrada et al., 2008; Bettiol et al., 2009; Tripathi et al., 2009; Marangoni et al., 2013; Santos et al. 2013). Nesse contexto se insere a utilização de extratos vegetais para o controle de ácaros-praga (Hincapié et al., 2009; Kumral et al., 2010; Xavier et al., 2015; Ferraz et al. 2017; Seifi et al., 2018), que é o foco do presente estudo.

O ácaro vermelho *Tetranychus ludeni* (Zacher, 1913) (Acari: Tetranychidae) (Moraes & Flechtmam, 2008) é uma das pragas comumente associadas à cultura algodoeira *Gossypium hirsutum* no semiárido pernambucano e seu controle é realizado com acaricidas sintéticos (Reddy,

2001; Dimetry & Amer, 2009; Lucini et al., 2010; Ferraz et al., 2017). Estudos realizados por Ferraz et al. (2017) comprovaram o potencial do extrato de juazeiro para o controle desta praga, o qual reduziu sua população a níveis aceitáveis sem provocar fitotoxicidade à cultura. Entretanto, os extratos vegetais normalmente apresentam rápida degradação e baixo efeito residual (Khater, 2012; Senthil-Nathan, 2013), sendo importantes estudos voltados para ferramentas que otimizem sua utilização.

Nesse sentido, é muito comum a adição de substâncias adjuvantes a soluções inseticidas/acaricidas ou herbicidas, onde a sua principal função é melhorar a atividades destes produtos, podendo apresentar efeito na redução da tensão superficial e espalhamento da gota, além de aumentar a eficácia e tempo de retenção sobre as plantas e seu efeito residual (Scherhag et al., 2005; Gauvrit et al., 2007; Xu et al. 2010; Cunha et al., 2016). Além disso, os adjuvantes podem ajudar a diminuir a volatilização dos produtos (Houbraken et al., 2015) e, geralmente, apresentam baixa ou nenhuma fitotoxicidade às plantas (Chuah et al., 2013). Na realidade, os adjuvantes possuem uma grande variedade de compostos que associados à aplicação dos produtos podem aumentar sua eficácia. As principais propriedades apresentadas são: umectantes, surfactantes, adesivos e agentes que diminuem a evaporação (Curran et al., 1999).

A maioria dos adjuvantes encontrados no mercado é sintética e pode apresentar baixa viabilidade econômica. Uma alternativa a utilização destas soluções são os óleos adjuvantes de origem vegetal em associação com os extratos de plantas utilizados no controle de pragas (Jha et al., 2010; Chuah et al., 2013; Wang et al., 2018).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de óleos vegetais adjuvantes ao extrato de juazeiro *Sarcomphalus joazeiro* para o controle do ácaro *T. ludeni* em algodoeiro. Foram testadas as seguintes hipóteses: 1) A adição de óleos vegetais adjuvantes ao extrato aquoso de juazeiro *S. joazeiro* aumenta a eficiência deste extrato no controle do ácaro *T. ludeni*; 2) A adição de óleos vegetais adjuvantes ao extrato aquoso de juazeiro *S. joazeiro* prolonga o efeito residual da aplicação; 3) A adição de óleos vegetais adjuvantes ao extrato aquoso de juazeiro *S. joazeiro* diminui a capacidade reprodutiva do ácaro *T. ludeni*.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Local**

O experimento foi desenvolvido no Núcleo de Ecologia de Artrópodes (NEA), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), Serra Talhada, PE, situado na mesorregião do sertão do Pajeú (7°57'18.8"S, 38°17'45.5"W), 499 m.

### **2.2 Semeadura e utilização de algodão BRS Topázio e Feijão de porco**

**(*Canavalia ensiformis*)** – Plantas de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* L. (Fabaceae) foram utilizadas para criações de *T. ludeni*. Já o algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae) variedade BRS Topázio foi usado na confecção de arenas para experimentação. O cultivo foi feito em vasos de polietileno (14 L de capacidade), na proporção de 1:1 de solo e esterco bovino para serem utilizadas na criação-estoque do ácaro *T. ludeni* em laboratório e nos experimentos.

**2.3 Criação do ácaro *Tetranychus ludeni*** - Indivíduos de *T. ludeni* obtidos de plantas de algodoeiro foram mantidos em arenas compostas por caixas plásticas do tipo Gerbox® contendo no seu interior uma espuma de 3 cm de altura recoberta por papel filtro. Sobre o papel filtro colocou-se uma folha de feijão de porco (*C. ensiformis*) com a face adaxial voltada para baixo, envolvida por algodão hidrófilo umedecido com água destilada para manter a umidade e evitar a fuga dos ácaros (adaptação de Reis & Alves, 1997). Periodicamente, as folhas utilizadas pelos ácaros e que perderam sua turgescência eram substituídas por novas folhas para manutenção da criação em boas condições de desenvolvimento e reprodução da espécie. As criações foram mantidas em câmaras climáticas do tipo B.O.D ( $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  UR e 12 horas de fotofase).

**2.4 Coleta do material vegetal e preparo do extrato** – As folhas de *Sarcomphalus joazeiro* foram coletadas sempre no turno da manhã até às 9:00h, armazenadas em sacos de papel do tipo kraft, tendo-se o cuidado de registrar os dados referentes à fenologia da cultura. Em laboratório, procedeu-se a lavagem das folhas em cloro ativo (0,05%) por 20 minutos e em seguida em água destilada. Posteriormente, as folhas eram deixadas para secar em temperatura ambiente por duas horas e levadas a estufa com circulação de ar forçada por um período de 48 horas a uma temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  (Vieira et al., 2006). Em seguida, foram moídas com triturador e liquidificador, para a obtenção do extrato seco.

Para a realização dos experimentos utilizou-se a  $\text{CL}_{50}$  (3,54%) e  $\text{CL}_{90}$  (8,81%) do extrato aquoso de juazeiro estimadas por Ferraz et al. (2017) para o ácaro *T. ludeni*. Estas concentrações correspondem às que matam 50% e 90%, respectivamente, da população alvo que se quer controlar. As concentrações

foram obtidas a partir de uma solução-estoque padronizada utilizando-se 500 mL de água e 100 g do extrato seco (Santos, 2018). Seu armazenamento foi feito em recipiente de vidro hermeticamente fechado, recoberto por papel alumínio, e mantido em refrigerador a  $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ , por um período de 24 horas.

Para obtenção do volume a ser utilizado da solução-estoque, foi adotada a fórmula:

$$C1.V1 = C2.V2$$

Onde: C1 = Concentração inicial (% solução estoque)

V1 = Volume da solução a ser retirada (mL)

C2 = Concentração final (%)

V2 = Volume total da solução preparada (mL)

**2.5 Tratamentos utilizados e condições experimentais** – De maneira a avaliar se a adição de adjuvantes aumenta a eficiência do extrato aquoso de juazeiro sobre o ácaro *T. ludeni*, o extrato foi testado isolado e em associação com os óleos adjuvantes vegetais. Assim, para todos os testes realizados foram utilizados os seguintes tratamentos:

T1= CL<sub>50</sub> ou CL<sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro (controle);

T2= CL<sub>50</sub> ou CL<sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro + óleo de coco a 1,5%;

T3= CL<sub>50</sub> ou CL<sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro + óleo de soja a 1,5%;

T4= CL<sub>50</sub> ou CL<sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro + óleo de canola a 1,5%;

T5= CL<sub>50</sub> ou CL<sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro + óleo de Girassol a 1,5%.

A porcentagem de 1,5% dos óleos vegetais adjuvantes foi escolhida com base nos trabalhos de Marcelo et al. (2010) e Mendonça et al. (2007).

É necessário manter o equilíbrio entre a redução do volume de aplicação do extrato e a eficácia do tratamento, porcentagens muito altas de óleos vegetais ou minerais podem resultar em um aumento no prejuízo financeiro além de contribuir com impactos ambientais negativos (Marcelo et al., 2010).

Todos os experimentos foram realizados no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (CL<sub>50</sub> ou CL<sub>90</sub> do extrato + óleos adjuvantes e testemunha) e 10 repetições, totalizando 50 unidades experimentais para cada concentração letal. Os experimentos foram mantidos em câmaras do tipo B.O.D (27±2 °C, 70% ±10 UR e 12h de fotofase).

## **2.6. Testes**

**2.6.1. Toxicidade sobre fêmeas adultas de *Tetranychus ludeni*** - Discos foliares de algodoeiro (3 cm Ø) foram recortados, lavados, e secos a temperatura ambiente. Em seguida, foram transferidos, individualmente, para placas de Petri (5 cm Ø) contendo espuma, a qual foi recoberta por papel-filtro rodeado com algodão hidrófilo umedecido em água destilada (Matos, 2006; Ferraz, 2011).

A aplicação dos tratamentos foi feita com o auxílio de borrifador manual pulverizando-se 2 mL (aproximadamente 0,28 mL cm<sup>-2</sup>) (Ferraz et al., 2017), simulando o efeito curativo e preventivo do extrato aquoso de juazeiro, com ou sem adição de adjuvantes, para cada concentração letal estimada para *T. ludeni* (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>), separadamente.

Na avaliação do efeito curativo, em cada arena foram colocadas 10 fêmeas adultas de *T. ludeni* procedendo-se, posteriormente, a pulverização de acordo com os tratamentos estabelecidos. Para o teste preventivo, primeiramente realizou-se a pulverização das arenas e decorridos 30 minutos da

aplicação, 10 fêmeas do ácaro foram liberadas nas arenas. A avaliação de mortalidade dos ácaros foi feita 48 horas após a montagem dos experimentos, contabilizando-se os indivíduos vivos/mortos (Ferraz et al., 2017).

**2.6.2. Efeito sobre a viabilidade de ovos** - Foi avaliado em discos foliares de algodoeiro (3cm Ø), seguindo os mesmos procedimentos já descritos nos testes anteriores. Em cada arena foram colocadas 10 fêmeas adultas de *T. ludeni* de maneira que pudessem ovipositar. Após 48 horas os ovos foram quantificados deixando-se 10 ovos em cada arena. Em seguida foram feitas pulverizações das CL<sub>50</sub> (3,54%) ou CL<sub>90</sub> (8,81%) do extrato aquoso de juazeiro e adjuvantes com o auxílio de borrifador manual, de acordo com os tratamentos. Foi avaliado o número de larvas emergidas em cada tratamento por um período de quatro dias (Erdogan, Yildirim, Sever 2012).

**2.6.3. Deterrência para oviposição** - No teste de deterrência para oviposição as arenas experimentais e o método de aplicação dos tratamentos (curativo e preventivo) foram semelhantes ao utilizado em outros testes. Para cada teste foram utilizadas 10 fêmeas adultas de *T. ludeni* por arena, para que pudessem ovipositar por um período de 48h. O grau de deterrência foi visto pela diferença no número de ovos presentes em cada tratamento (Roobakkumar et al., 2010). O teste de deterrência foi realizado apenas para a CL<sub>50</sub>, pois, houve uma mortalidade de 100% dos ácaros nos testes de toxicidade.

**2.6.4. Efeito Residual do extrato de juazeiro** - Para a realização dos testes, plantas de algodoeiro (40 dias de idade) foram pulverizadas, de acordo com os tratamentos pré-estabelecidos. Para garantir a uniformidade da aplicação dos tratamentos, antes da pulverização cartões de papel hidrossensível (26x76mm) foram pendurados em diferentes posições entre as folhas das plantas, possibilitando a avaliação da distribuição das gotas do produto aplicado em cada tratamento (Debortoli et al. 2012). Após aplicação do extrato+adjuvante, coletou-se amostras de folhas em diferentes intervalos de tempo (três horas, um, dois e quatro dias) após a aplicação dos produtos (Esteves Filho et al., 2013).

Em laboratório foram retirados discos de folha (3 cm Ø) de cada tratamento para a instalação dos bioensaios. Os discos ficaram dispostos individualmente em placas de Petri contendo espuma (1 cm de espessura) recoberta por papel filtro, colocando-se ao redor do mesmo algodão hidrófilo umedecido em água destilada para manter a umidade. Em cada disco foram colocadas 10 fêmeas adultas de *T. ludeni* (Matos, 2006; Ferraz, 2011). A mortalidade dos ácaros foi avaliada após 48h, sendo considerados mortos os ácaros que não se moviam vigorosamente, após um leve toque com pincel fino (Abbott, 1925).

## **2.7. Composição química do extrato de juazeiro**

**2.7.1. Compostos fenólicos HPLC** - Para identificar e quantificar fenóis solúveis no extrato aquoso de juazeiro (EAJ), amostras da CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> do EAJ foram injetadas no UHPLC+ *Thermo Scientific Ultimate*, a separação cromatográfica foi obtida utilizando-se uma coluna C18 (250 mm × 4,6 mm, 5 µm), e o controle foi feito pelo software Chromeleon Chromatography Management System. Utilizou-se o método isocrático que consiste em fase móvel de água acidificada, 2% de ácido acético (fase A) e metanol puro (fase B); taxa de fluxo: 1mL/min; comprimento de onda  $\lambda = 270$  nm; volume de injeção 20 µL; tempo de corrida: 10 min. Para determinação da curva padrão: ácido gálico nas concentrações 0; 0,5; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25 mg/mL.

**2.7.2. Compostos fenólicos totais** - Os compostos fenólicos totais foram definidos mediante adaptação da metodologia de Reyes et al. (2007). A solução-estoque do extrato foi deixada em repouso por 24 horas no escuro a 4°C. Em seguida amostras de 11 mL das CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> foram centrifugadas a 9,000 × g a 2°C por 23 minutos. Para o ensaio pipetou-se em tubo Falcon de 150 µL do EAJ, 150 µL do reagente Folin Cioucauteu (0.25 N) e 2,400 µL de água destilada. A mistura foi homogeneizada com o auxílio de um agitador de tubos, por 3 minutos. Logo após, 300 µL de carbonato de sódio (1M) foram pipetados e a solução foi mantida no escuro por 2 horas. O branco foi obtido com 150 µL de metanol em substituição ao sobrenadante. Em seguida, as leituras de absorbância foram realizadas usando um espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom Cambridge, Inglaterra) a 725 nm.

**2.8. Rentabilidade de calda** - Para quantificação da rentabilidade em R\$/L da calda aplicada, foram feitas pesquisas de mercado locais e identificamos o valor de cada óleo vegetal. Com isso, o volume de óleo utilizado para esta mensuração foi baseado na embalagem padrão utilizada comercialmente que é de 900 mL os óleos estudados.

Levando em consideração a porcentagem de óleo adicionada ao extrato de juazeiro (Tabela 1), cada 60L de calda equivale a 900 mL de óleo adicionados, quantidade equivalente a uma embalagem padrão comercial.

**Tabela 1.** Tratamentos, classificação e porcentagem utilizada de adjuvantes.

<b>Tratamentos</b>	<b>Classificação</b>	<b>% de óleo</b>
<b>Testemunha</b>	Extrato vegetal	-
<b>Coco</b>	Óleo vegetal	1,5% v/v
<b>Soja</b>	Óleo vegetal	1,5% v/v
<b>Canola</b>	Óleo vegetal	1,5% v/v
<b>Girassol</b>	Óleo vegetal	1,5% v/v

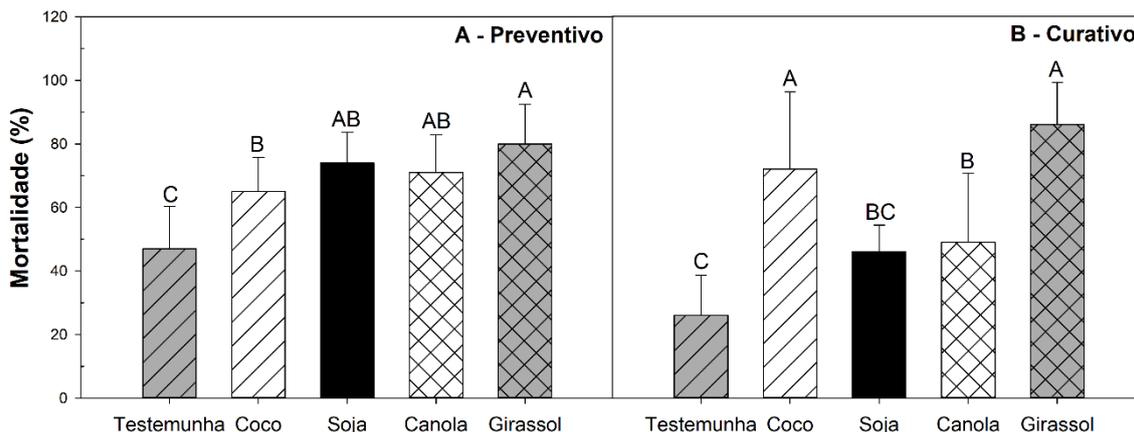
## **2.9. Análises Estatísticas**

Para todos os testes realizados foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade pelo teste de Levene. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, quando necessário, médias

comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o software SAS Studio 9.4 (SAS Institute, 2002).

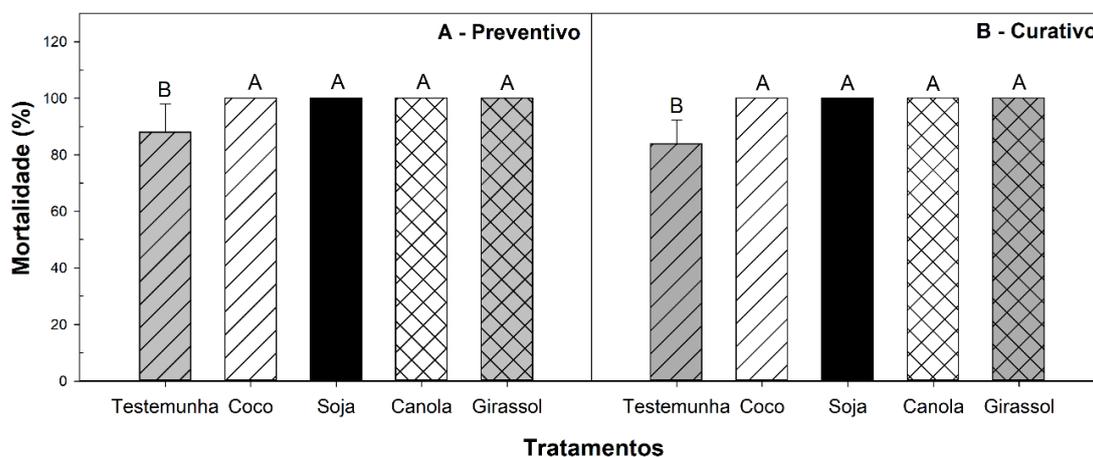
### 3 Resultados

**3.1 Toxicidade sobre fêmeas adultas de *Tetranychus ludeni*** - Os óleos adjuvantes vegetais associados ao extrato de juazeiro aumentaram o efeito acaricida do extrato sobre *T. ludeni* (Figura 1). No teste preventivo, para a CL<sub>50</sub> as maiores taxas de mortalidade média do ácaro ocorreram nos tratamentos com óleo de girassol, soja e canola (80, 74 e 71% respectivamente). O tratamento com óleo de coco (65%) diferiu do com girassol, mas não do com soja e canola; entretanto, todas as associações diferiram significativamente da testemunha (47%) (Figura 1A). Já no teste curativo, para a CL<sub>50</sub> pode ser observada uma atividade acaricida significativamente superior para os tratamentos com o óleo de girassol (86%) e óleo de coco (72%), os quais diferiram significativamente dos demais. O óleo de soja exerceu efeito semelhante à testemunha (26%) (Figura 1B). A associação do extrato aquoso de juazeiro com o óleo girassol promoveu um aumento de 60% na mortalidade do ácaro em relação a aplicação isolada do extrato, no teste curativo (Figura. 1B).



**Figura 1.** Mortalidade média (%) de adultos de *Tetranychus ludeni* submetidos a diferentes tratamentos com a CL<sub>50</sub> do extrato de juazeiro associada a óleos vegetais adjuvantes, no período de 48 horas: (A) teste preventivo e (B) teste curativo. Barras seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

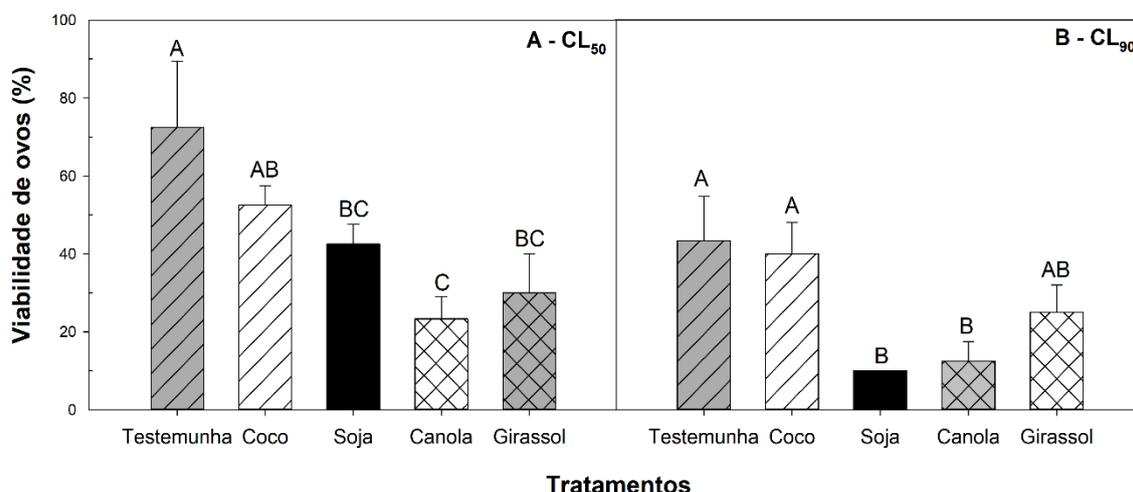
Para a CL<sub>90</sub>, tanto no teste curativo quanto no preventivo ocorreu mortalidade de 100% dos ácaros em todos os tratamentos, diferindo estatisticamente da testemunha (Figuras 2 A e B).



**Figura 2.** Mortalidade média (%) de adultos de *Tetranychus ludeni* submetidos a diferentes tratamentos com a CL<sub>90</sub> do extrato de juazeiro associada a óleos

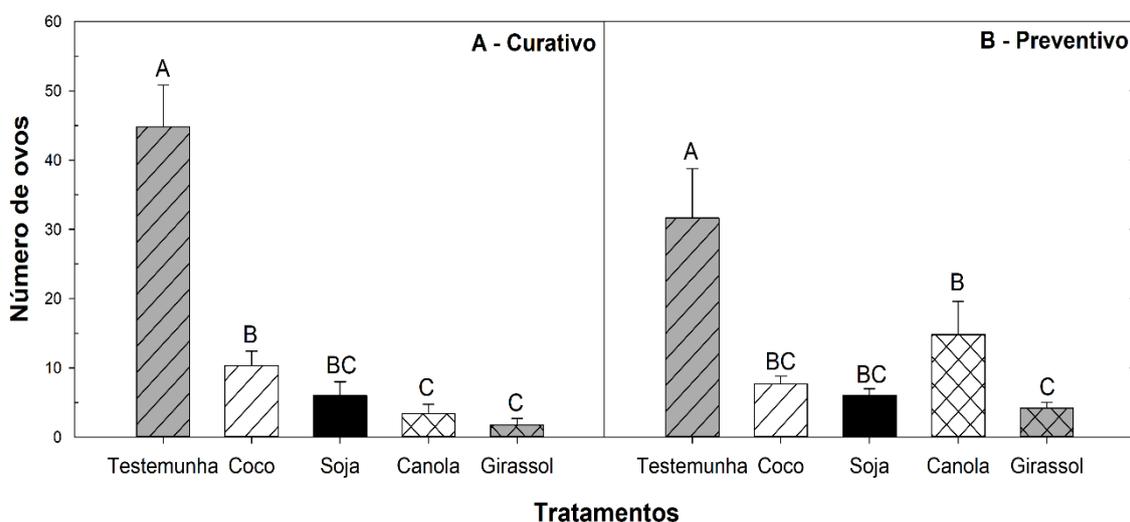
vegetais adjuvantes, no período de 48 horas: (A) teste preventivo e (B) teste curativo. Barras seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**3.2. Efeito sobre a viabilidade de ovos** - Os óleos adjuvantes associados ao extrato de juazeiro reduziram a viabilidade de ovos de *T. ludeni* em relação à testemunha. Para a  $CL_{50}$  a menor porcentagem de ovos eclodidos ocorreu nos tratamentos com óleo de canola, girassol e soja (23, 30 e 42 ovos respectivamente). O óleo de coco (52 ovos) não diferiu estatisticamente de soja e girassol (Figura 3A). Para a  $CL_{90}$  houve comportamento semelhante, a associação com soja, canola e girassol foi superior (10, 12 e 25 ovos respectivamente), coco (40 ovos) não diferiu de girassol (Figura 3B).



**Figura 3.** Viabilidade de ovos de *Tetranychus ludeni* submetidos às  $CL_{50}$  (A) e  $CL_{90}$  (B) do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes, no período de 96 horas. Letras maiúsculas diferentes nas barras indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**3.3. Deterrência para oviposição** - A adição dos adjuvantes ao extrato de juazeiro exerceu efeito significativo na oviposição de *T. ludeni*, promovendo uma menor oviposição em relação à testemunha (Figura 4 A e B). No teste curativo utilizando a  $CL_{50}$ , destacaram-se os óleos de girassol, canola e soja, com um máximo de seis ovos postos pelo ácaro, enquanto na testemunha este número ultrapassou 40 (Figura 4 A). No teste preventivo os menores índices de oviposição foram observados para o tratamento com óleo de girassol, soja e coco (4,20; 6 e 7,66 ovos respectivamente), sendo que canola (14,8 ovos) apresentou resultado estatisticamente semelhante ao de soja e coco (Figura 8 B). Para a  $CL_{90}$  não foi realizado o teste de deterrência para oviposição, pois no teste de toxicidade houve mortalidade de 100% dos ácaros.



**Figura 4.** Deterrência para oviposição do ácaro *Tetranychus ludeni* nos testes curativo (A) e preventivo (B) com o extrato de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes, no período de 96 horas para a  $CL_{50}$ . Letras diferentes nas barras indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**3.4. Efeito Residual do extrato de juazeiro** - Os óleos vegetais adjuvantes aumentaram o efeito residual do extrato de juazeiro (Tabela 2). Analisando-se separadamente os resultados com a  $CL_{50}$  do extrato, é importante destacar os tratamentos com óleo de girassol, coco e canola, os quais promoveram taxas de mortalidade de 84, 80 e 72%, respectivamente, três horas após a aplicação (Tabela 2). Os óleos de canola, girassol e coco proporcionaram significativamente maior efeito residual ao extrato de juazeiro ( $CL_{50}$ ) nas primeiras 24 horas após a aplicação (Tabela 2). Para a  $CL_{50}$ , após 48h, a maior taxa de mortalidade foi observada para a associação do extrato com o óleo de girassol (34%), indicando que os compostos presentes no óleo possibilitaram uma maior fixação do produto na planta, afetando a sobrevivência do ácaro negativamente ainda após este período. Observou-se ainda que a associação com os adjuvantes proporciona taxas de mortalidade superior à obtida na testemunha, para todos os períodos estudados, exceto após 96 horas, onde não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela. 2).

**Tabela 2.** Efeito residual da CL<sub>50</sub> do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes sobre o ácaro *Tetranychus ludeni*, em condições de laboratório (27±2°C, 70±5% UR e 12h de fotofase).

Tratamentos	Mortalidade (%) x Tempo após aplicação			
	3h	24h	48h	96h
Testemunha	18Ca	10Ca	0Db	0Ab
Cl <sub>50</sub> + Coco	80Aa	32Bb	16Bbc	4Ac
Cl <sub>50</sub> +Soja	54Ba	30Bb	6Cc	2Ad
Cl <sub>50</sub> +Canola	72Aa	48Aa	14Bbc	8Ac
Cl <sub>50</sub> +Girassol	84Aa	46ABb	34Ab	8Ac

\* Médias seguidas por letras maiúsculas, na coluna, e minúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a CL<sub>90</sub> do extrato, a associação com os óleos adjuvantes de canola, girassol e coco mantiveram a mortalidade de *T. ludeni* superior a 60% após 3h de aplicação, e mesmo após 24h mantiveram eficiência acima de 47%, diferindo significativamente da testemunha, soja não diferiu estatisticamente da associação com coco nas 24h. No período de 48h coco (42%) e canola (36%) foram superiores aos demais e após 96h destacou-se apenas a associação com o óleo de canola (Tabela 3).

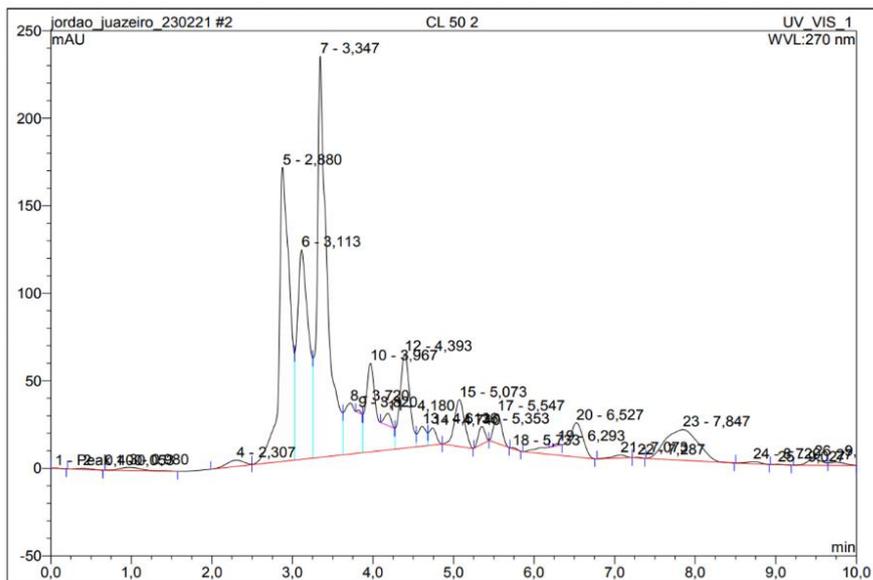
**Tabela 3.** Efeito residual da CL<sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes sobre o ácaro *Tetranychus ludeni*, em condições de laboratório (27±2°C, 70±5% UR e 12h de fotofase).

Tratamentos	Mortalidade (%) x Tempo após aplicação			
	3h	24h	48h	96h
Testemunha	32Ca	14Cb	6BCcd	2Cd
Cl <sub>90</sub> + Coco	66Aba	48ABab	42Ab	12Bc
Cl <sub>90</sub> +Soja	62Ba	34BCb	22Bb	8Bc
Cl <sub>90</sub> +Canola	92Aa	52Ab	36Abc	22Ac
Cl <sub>90</sub> +Girassol	86Aa	74Aa	26Bb	6Bc

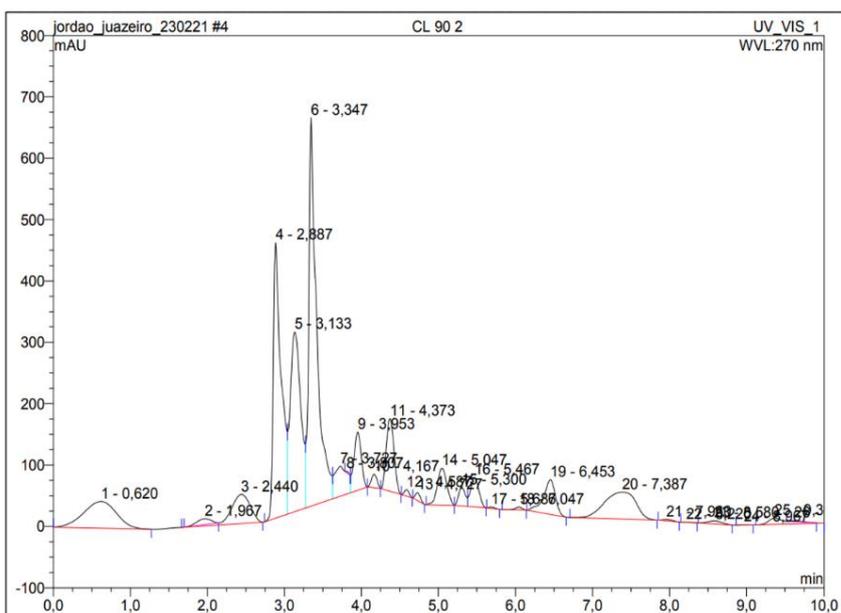
\* Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas, na coluna, e minúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.5 Composição química do extrato de juazeiro

**3.5.1 Compostos fenólicos pelo UHPLC+** - O extrato aquoso de juazeiro apresentou diversos fenóis solúveis em sua composição, e dentre eles foi identificado o ácido gálico via UHPLC+. Para a CL<sub>50</sub> observou-se uma concentração de 6,68 mg/mL, absorvido aos 3,34 minutos, o qual atingiu um pico de 229,025 mAU (Figura 5). Em seguida para a CL<sub>90</sub>, foi verificada uma concentração de 6,77 mg/mL de ácido gálico, apresentando um pico de 632,94 mAU também aos 3,34 minutos (Figura 6).

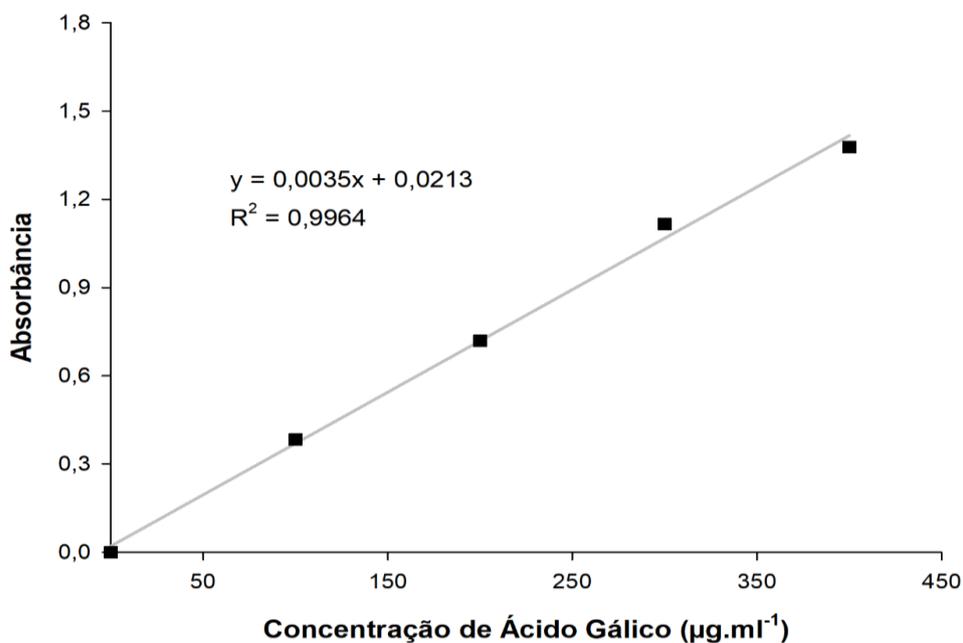


**Figura 5.** Perfil cromatográfico de retenção de frações e compostos da CL<sub>50</sub> do extrato aquoso de juazeiro.



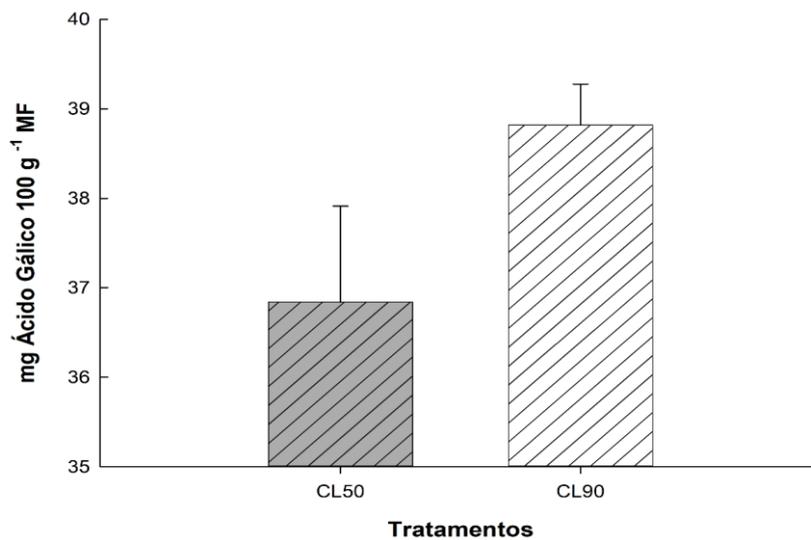
**Figura 6.** Perfil cromatográfico de retenção de frações e compostos da CL<sub>90</sub> do extrato aquoso de juazeiro.

**3.5.2 Compostos fenólicos totais** – A quantidade total de fenóis solúveis foi obtida por meio da curva padrão e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$  MF. A equação de calibração do ácido gálico obteve um coeficiente de correlação  $R^2 = 0,9964$  (Figura 7).



**Figura 7.** Curva padrão de ácido gálico a 725 nm (Folin-Ciocalteu).

Avaliando-se as duas concentrações letais quanto aos fenóis solúveis totais, a  $CL_{90}$  destacou-se, apresentando uma quantidade superior de fenóis ( $38,82 \text{ mg}$  Ácido Gálico  $100 \text{ g}^{-1}$  MF), enquanto que observou-se na  $CL_{50}$   $36,84 \text{ mg}$  Ácido Gálico  $100 \text{ g}^{-1}$  MF (Fig. 6). Essa diferença significativa ocorreu devido às diferentes diluições (3,51% e 8,81%).



**Figura 8.** Absorbância da análise espectrofotométrica Folin-Ciocalteu a 725nm em mg de equivalentes de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup> MF do extrato aquoso de juazeiro para as CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>.

**3.6 Rentabilidade de calda** – A associação que proporciona o custo mais baixo de aquisição (R\$/L) foi verificada com óleo de soja (0,13 R\$/L) seguido pelo óleo de girassol e canola (0,13 e 0,21 R\$/L), a associação ao óleo de coco se mostrou com a menor rentabilidade (0,79 R\$/L) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Rentabilidade (R\$/L) do extrato aquoso de juazeiro em associação com óleos vegetais adjuvantes.

<b>Tratamento</b>				
	<b>mL</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Rentabilidade de calda (L)</b>	<b>Rentabilidade (R\$/L)</b>
<b>Testemunha</b>	-	-	60 L	-
<b>Cl<sub>50</sub> + Coco</b>	900 mL	R\$ 47,99	60 L	0,79 R\$/L
<b>Cl<sub>50</sub> +Soja</b>	900 mL	R\$ 7,99	60 L	0,13 R\$/L
<b>Cl<sub>50</sub> +Canola</b>	900 mL	R\$ 12,49	60 L	0,21 R\$/L
<b>Cl<sub>50</sub>+Girassol</b>	900 mL	R\$ 9,89	60 L	0,16 R\$/L

#### **4 Discussão**

Os resultados obtidos no presente estudo demonstraram claramente o aumento da eficiência do extrato aquoso de juazeiro mediante a adição dos óleos adjuvantes utilizados. As concentrações utilizadas (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>) e o modo de aplicação (curativo ou preventivo) também foram determinantes na variação da toxicidade apresentada sobre o ácaro *T. ludeni*. Isso se torna mais evidente ao se analisar a toxicidade da CL<sub>90</sub> do extrato em associação com os adjuvantes, a qual possibilitou um incremento de cerca de 20% na ação do extrato em relação ao seu uso isolado, com mortalidade de 100% dos ácaros.

A eficiência de um produto é considerada satisfatória quando exerce mortalidade superior a 60%; resultados acima de 80% são excelentes (Potenza et al. (2006). Nesse sentido, a eficiência da CL<sub>90</sub> do extrato de juazeiro com adjuvantes observada no presente estudo, foi satisfatória em todos os

tratamentos, tanto de modo preventivo quanto curativo. Já a CL<sub>50</sub> apresentou eficiência satisfatória para todos os tratamentos apenas no teste preventivo, enquanto no teste curativo apenas a associação com os óleos de coco e girassol exerceram toxicidade acima de 60%.

Alguns autores já relataram o efeito acaricida do extrato aquoso de juazeiro utilizado de forma isolada sobre ácaros tetraniquídeos. Siqueira et al. (2014) verificaram efeito repelente e de toxicidade sobre o ácaro-verde, *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae). Ferraz et al. (2017) avaliaram a toxicidade ao ácaro vermelho *Tetranychus ludeni*, sendo o extrato classificado como repelente, com efeito sobre fêmeas do ácaro mesmo 120h após pulverização, e sem efeito fitotóxico em plantas de algodoeiro.

A principal vantagem da utilização de substâncias naturais, como os extratos vegetais, em relação aos produtos sintéticos, é a geração de compostos para o quais as pragas ainda não foram capazes de inativar, além de serem facilmente degradados no ambiente, apresentarem baixa toxicidade a humanos e um amplo modo de ação (Santos et al., 2013).

Entretanto, no que se refere ao uso de óleos vegetais adjuvantes associados a extratos vegetais, não foram encontradas informações na literatura. Os trabalhos sobre uso de óleos adjuvantes são, de maneira geral, realizados com óleos minerais e associados a produtos sintéticos. Para o controle de ácaros, foi encontrado na literatura um relato acerca de óleo mineral associado a produtos com atividade inseticida para o controle de *Panonychus ulmi* (Koch) (Acari: Tetranychidae) (Mineiro, Raga & Kovaleski, 2003), reforçando assim o pioneirismo do presente estudo.

Vale salientar que no que se refere ao uso de óleos vegetais como adjuvantes, o estudo realizado por Robinson & Nelson (1975) já destacava a importância de se avaliar o seu potencial em substituição aos óleos minerais. Os autores destacaram a viabilidade desses óleos, uma vez que são extraídos de culturas oleaginosas que representam um recurso renovável e que têm produção anual, em contraste aos óleos minerais, que são advindos de reservas fósseis em declínio na natureza. Além disso, podem ser mais ou tão efetivos quanto os óleos minerais, dependendo do produto aos quais serão associados, da cultura agrícola e das pragas em que serão utilizados (Peterson, 1988).

Os espalhantes adesivos utilizados como adjuvantes da aplicação de inseticidas são surfactantes não iônicos. O alto potencial da associação se deve à barreira de proteção que se cria, reduzindo perdas por volatilização, fotodegradação, hidrólise, deriva e lavagem das folhas por águas pluviais (Somerville et al., 2011; Oliveira et al., 2013). Além disso, os óleos causam degradação de parte da cutícula foliar (cutina) permitindo a entrada do extrato diretamente na planta (Hull, 1970), pois possuem propriedades apolares, com características semelhantes as ceras e compostos lipídicos constituintes da cutícula foliar, o que promove uma melhor penetração dos produtos aplicados (Gunstone, 2002).

Nesse sentido, no presente estudo foi observado durante a realização dos testes, a formação de finas camadas oleosas sobre as folhas de algodoeiro contendo tratamentos com os óleos adjuvantes, o que pode explicar os resultados obtidos em relação a ação desses produtos sobre *T. ludeni*. Observou-se, por exemplo, que o ácaro perdeu parte de sua mobilidade nos tratamentos com os óleos adjuvantes ficando presos a esta camada de proteção,

o que pode ter ocasionado maior ingestão do extrato e impedido sua possível fuga das folhas.

Outro fator importante está relacionado ao modo de ação dos óleos adjuvantes em função do estágio de desenvolvimento de *T. ludeni*. Sabe-se que a toxicidade dos extratos vegetais está relacionada aos compostos qualitativos e quantitativos presentes no vegetal (Medeiros, 1990; Papanastasiou et al., 2017), os quais vão atuar de forma distinta em função do estágio de desenvolvimento do ácaro. No caso dos ovos a ação é de contato direto, enquanto nas fêmeas adultas, além do contato direto pode haver ingestão do produto depositado na folha. Além disso, o ovo é um estágio sésil que fica sob ação direta do produto, enquanto a atividade das fases móveis do ácaro durante a aplicação do produto ou no local em que foram aplicados irá também influenciar na ação dos mesmos.

De maneira geral, a baixa persistência dos produtos naturais é decorrente de sua rápida degradação no ambiente após a aplicação, seja por luz, calor, amplo espectro de ação ou derivação de recursos naturais (Gardiano et al., 2009), podendo ser maior ainda nos extratos aquosos (Gonçalves, 2001). Isso implica na reaplicação desses produtos em intervalos pequenos, o que reforça a importância dos adjuvantes como forma de prolongar a vida útil desses produtos naturais.

Essas considerações embasam o observado no presente estudo, pois quando associado aos óleos vegetais adjuvantes o extrato aquoso de juazeiro teve seu efeito residual prolongado. Este é um resultado esperado, pois a

associação ajuda a reduzir principalmente a volatilização, prolongando o tempo de vida ativa do produto na superfície das plantas (Somerville et al., 2011).

Na ausência de um adjuvante, a evaporação pode atrapalhar potencialmente o efeito residual, seja de acaricidas sintéticos ou naturais (Scherhag et al., 2005; Gauvrit et al., 2007). Apesar do baixo efeito residual constatado no presente estudo (48 horas), os dados obtidos são importantes para determinação de intervalos de aplicação e melhoria no controle da população da praga em campo.

Um das preocupações no uso de óleos adjuvantes é a possibilidade de ocorrer fitotoxicidade ou lesões na planta na qual está sendo aplicado o produto devido aos efeitos da radiação ultravioleta (UV) e de calor, que podem causar dano a parede celular da planta. Entretanto, há diversos fatores que podem favorecer esses efeitos, como a concentração do óleo, o volume de aplicação, a espécie de planta e a parte exposta onde é feita a aplicação (folhas, flores, caule, etc.) (Cloyd et al., 2009; Roh et al., 2011).

No presente estudo, no teste de efeito residual, os óleos adjuvantes vegetais não apresentaram fitotoxicidade para folhas, brotos ou caule do algodoeiro a uma concentração de 1,5%.

Em nosso estudo os óleos de soja, canola e girassol apresentaram as menores porcentagens de viabilidade de ovos ( $CL_{50}$  e  $CL_{90}$ ), sendo, com isso, são mais eficazes no controle populacional do *T. ludeni*. Para a testemunha, o alto número de ovos eclodidos ocorre devido não haver associação aos óleos vegetais. Já para o óleo de coco pode ser explicado pela sua propriedade de

oleosidade que é inferior aos demais óleos, ou seja, não possui tão boa adesividade e coesividade as folhas do algodoeiro (Matharage et al., 2013).

A associação do EAJ aos óleos vegetais adjuvantes de coco, soja, canola e girassol, de acordo com os resultados, produzem compostos ativos contra *T. ludeni*, atuando na diminuição da eclosão de ovos, além de controlar o nível de infestação sobre plantações de algodoeiro. Os compostos secundários presentes nas plantas têm potencial significativo no manejo de pragas (Noman et al., 2021). Estudos relataram que esses compostos apresentam toxinas repelentes, ovicidas e que atuam impedindo a oviposição e alimentação de pragas (Isman, 2006).

Segundo Oliveira (2013) o efeito ovicida é uma das propriedades mais importantes de um acaricida, pois, ao diminuir ou inviabilizar a eclosão de larvas, o controle da praga em seu estágio inicial de desenvolvimento é potencializado, reduzindo o número de injúrias causada pelo ácaro em altas populações.

Além disso, substâncias deterrentes, devido a presença de diversos compostos voláteis, promovem uma diminuição de oviposição (Kumari & Kaushik, 2016). Baseado nos índices de deterrência calculados no presente estudo, a associação EAJ aos óleos adjuvantes de coco, soja, canola e girassol foram considerados deterrentes para a oviposição de *T. ludeni*.

O efeito deterrente isolado do extrato aquoso de juazeiro sobre *T. ludeni* foi avaliado por Ferraz et al. (2017), os quais observaram redução de até 46,92% na oviposição deste ácaro, entretanto a viabilidade de ovos não foi avaliada por estes autores. De acordo com Siqueira et al. (2014), que avaliaram o efeito de extratos vegetais sobre o ácaro-verde-da-mandioca *M. tanajoa*, a redução da

oviposição pode ser causada por alguns fatores como a diminuição da alimentação do ácaro (efeito fagoinibidor) que, por consequência, acarreta na redução da fecundidade dos ácaros.

Efeitos potenciais de deterrência para oviposição foram observados pela aplicação do óleo de *Pongamia pinnata* (L.) em mosca branca (Pavela & Herda, 2007). Roobakkumar et al. (2010), estudando o efeito de extratos de *Azadirachta indica*, *Pongamia pinnata* (L.) e alho (*Allium sativum*) sobre o ácaro *Oligonychus coffeae* (Nietner), observaram deterrência para oviposição que variou de 80 a 100%.

A análise cromatográfica do extrato aquoso de juazeiro constatou a presença de compostos fenólicos, como níveis significativos de ácido gálico (AG), com concentração superior para a CL<sub>90</sub>. Estes compostos estão amplamente distribuídos nos tecidos vegetais e frequentemente são associados a fenômenos alelopáticos e de inibição de desenvolvimento (Rabaioli & Silva, 2016). O efeito acaricida sobre *T. ludeni* pode ser atribuído a presença do AG no extrato aquoso de juazeiro e à presença de outros fenóis como o ácido caféico (AC) identificado em estudos preliminares (BEZERRA et al., 2020).

O ácido gálico (AG) ou 3,4,5-ácido trihidroxibenzóico é um composto orgânico intermediário do metabolismo secundário das plantas, que pode ser obtido por meio de taninos hidrolisáveis (Sousa, 2013). Os ácidos fenólicos são conhecidos como hidrogenbenzoatos. Esta é uma classe diversa presente nas plantas, que ao sofrer ataques de herbívoros ativam uma resposta induzida aumentando o conteúdo de fenóis solúveis. Sua presença e de outros hidrogenbenzoatos causam a redução na eficiência de conversão da biomassa

assimilada pelos insetos, além de possuir um efeito inibidor na digestão (Punia et al. 2021).

Já o ácido caféico (AC) é um polifenol sintetizado pelo metabolismo secundário das plantas, sendo relatado para algumas espécies de frutas, café, batatas e cenouras (Espíndola et al., 2019). O AC está presente na parede celular vegetal, sendo fundamental para o mecanismo de defesa das plantas contra pragas e predadores, e o seu efeito inibitório foi relatado sobre o desenvolvimento de bactérias, fungos e insetos (Tošović, 2017).

Além da presença do AG e AC no extrato aquoso de juazeiro e da associação aos óleos adjuvantes vegetais, o potencial acaricida observado pode ser explicado pela presença de outros compostos, como catequina, ácido clorogênico, ácido elágico, epicatequina, rutina, quercitina, isoquercitrina, dentre outros (Brito et al., 2015). Sabe-se que flavonóides e saponinas afetam o crescimento e reprodução de pragas, pois possuem atividade repelente, aumentando taxas de mortalidade, e diminuindo a digestibilidade dos insetos (Souza et al., 2011; Panche et al., 2016).

Estudos mostraram efeito nematicida de AG contra *Meloidogyne incognita* (Nguyen et al., 2013a), efeito antifúngico para *Fusarium solani* (Nguyen et al., 2013b), e inseticida contra larvas de *Spodoptera litura*, mosca-de-melão e larvas de *Bactrocera cucurbitae* (Punia et al., 2021). AG possui também atividade microbiana, atuando na inibição das estirpes de *Campylobacter jejuni* e *Campylobacter coli* (Sarjit et al., 2015), atividade confirmada também para *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida*

*albicans* e *C. jejuni* (Nohynek et al., 2006; Chanwitheesuk et al., 2007; Alkan et al., 2011; Li et al., 2015).

A análise e quantificação de compostos fenólicos é influenciada pela composição das amostras. Há uma dificuldade metodológica, pois, além de haver uma grande quantidade de substâncias, elas podem ser reativas e susceptíveis a ação de enzimas, além de possuir uma grande polaridade (King & Young, 1999). Outro problema relatado por pesquisadores é que, devido a complexidade dos compostos fenólicos, é difícil de se encontrar padrões devido as diferentes reatividades entre as substâncias e os reagentes (Macheix et al., 1990; Angelo & Jorge, 2007). Isso pode justificar o número baixo de compostos identificados para o EAJ via UHPLC+. Além disso, o tipo de adjuvante utilizado em associação com o extrato também vai influenciar de maneira diferenciada na sua atividade sobre o ácaro, já que os óleos vão apresentar composição distinta.

Com a adição dos adjuvantes ao extrato aquoso de juazeiro há uma redução de produtos utilizados na pulverização, uma vez que há o aumento da dispersão de gotículas e a área de deposição é aumentada pelo volume de calda (GIMENES et al., 2013). Com isso, os óleos de coco, soja, canola e girassol são uma alternativa promissora devido ao seu baixo custo e facilidade de produção.

O custo é um dos fatores determinantes da escolha de um produto pelo agricultor no controle de pragas, até mesmo em produtos naturais. Foi observada uma rentabilidade de 0,13 R\$/L para adição do óleo de soja ao extrato, podendo chegar até 0,79 R\$/L com adição do óleo de coco na mistura. Apesar da sazonalidade de preços e variações regionais, os agricultores podem

tomar como base nosso estudo para uma escolha efetiva de qual adjuvante utilizar em associação ao extrato aquoso de juazeiro.

## 5 Conclusões

As hipóteses propostas para este estudo foram aceitas. O uso de óleos vegetais adjuvantes associados ao extrato aquoso de juazeiro aumentaram sua eficiência de controle sobre o ácaro *T. ludeni* em relação ao uso isolado do extrato.

Foi observada toxicidade para adultos do ácaro, efeito deterrente para oviposição, redução da viabilidade de ovos e aumento do efeito residual do extrato em associação com os adjuvantes testados.

Dentre os adjuvantes testados, o óleo de girassol foi o mais persistente em relação aos demais ao longo do período avaliado.

A associação com óleo de soja se mostrou com o menor custo por litro produzido de calda, entretanto, devido a variações regionais de preço, o agricultor deve optar pela associação que proporcione o custo mais baixo de aquisição (R\$/L) uma vez que todas aumentam a eficiência do produto.

## 6 Referências

- Abbott W.S. 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2): 265–267.
- Alkan D., Aydemir L.Y., Arcan I., Yavuzdurmaz H., Atabay H.I., Ceylan C., Yemenicioğlu A. 2011. Development of flexible antimicrobial packaging materials against *Campylobacter jejuni* by incorporation of gallic acid into zein-based films. *J Agric Food Chem*, 59(20): 11003–11010.
- Angelo P.M., Jorge N. 2007. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*: 1–9.
- Bettiol W., Morandi M.A. 2009. Biocontrole de doenças de plantas. Uso e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 332p.
- Bezerra, Y.B.S., OLIVEIRA, J. V., Ramalho, T. K. A, Rafael, D., Barbosa, S., OLIVEIRA, C.R.F., Neto, I.F.A.L. 2019. Atividade acaricida de óleos essenciais sobre *Tetranychus ludeni* (Zacher) (Acari: Tetranychidae) em duas cultivares de algodoeiro. *Nativa*, 7(5), 469-477.
- Brito S.M.O., Coutinho H.D.M., Talvani A., Coronel C., Barbosa A.G.R., Vega C., Figueredo F.G., Tintino S.R., Lima L.F., Boligon A.A., Athayde M.L., Menezes I.R.A. 2015. Analysis of bioactivities and chemical composition of *Ziziphus joazeiro* Mart. using HPLC–DAD. *Food Chemistry*, 186: 185–191.
- Chanwitheesuk A., Teerawutgulrag A., Kilburn J.D., Rakariyatham N. 2007. Antimicrobial gallic acid from *Caesalpinia mimosoides* Lamk. *Food Chemistry*, 100(3): 1044–1048.
- Chuah T.S., Tan P.K., Ismail B.S. 2013. Effects of adjuvants and soil microbes on the phytotoxic activity of coumarin in combination with p-vanillin on goosegrass (*Eleusine indica* L.) seedling emergence and growth. *South African Journal of Botany*, 84: 128–133.
- Cloyd R.A., Galle C.L., Keith S.R., Kalscheur N.A., Kemp K.E. 2009. Effect of commercially available plant-derived essential oil products on arthropod pests. *J Econ Entomol*, 102(4): 1567–1579.

- Cunha J.P.A.R., Lasmar O., Ramos A.M.P., Alves G.S., Cunha J.P.A.R., Lasmar O., Ramos A.M.P., Alves G.S. 2016. Evaporation time of droplets containing thiamethoxam and adjuvants sprayed on sugarcane leaves. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46(1): 1–8.
- Curran, W. S. 1999. Adjuvants for enhancing herbicide performance. *Factos Agronomy*, 37, 1 – 7.
- Dara S.K. 2019. The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(12).
- Debortoli, M. P. et al. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem asiática da soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, n. 7, p. 920-927, 2012.
- Dimetry N.Z., Amer S. a. A., Saber S.A. 2009. Laboratory evaluation of neem formulations with and without additive against the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Acarologia*, 48(3–4): 171–176.
- Erdogan P., Yildirim A., Sever B. 2012. Investigations on the Effects of Five Different Plant Extracts on the Two-Spotted Mite *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Tetranychidae). *Psyche*, v. 2012, 2012.
- Espíndola K.M.M., Ferreira R.G., Narvaez L.E.M., Silva Rosario A.C.R., da Silva A.H.M., Silva A.G.B., Vieira A.P.O., Monteiro M.C. 2019. Chemical and Pharmacological Aspects of Caffeic Acid and Its Activity in Hepatocarcinoma. *Front Oncol*, 9, 541.
- Esteves Filho A. B., Oliveira J. V., Matos C. H. 2013. Eficiência residual de acaricidas sintéticos e produtos naturais para *Tetranychus urticae* Koch, em algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(4), 583-588.
- FAO. 2019. The State of Food and Agriculture. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Ferraz J.C.B., Matos C.H.C., Oliveira C.R.F., Sá M.G.R., Conceição A.G.C. 2017. Acaricidal activity of juazeiro leaf extract against red spider mite in cotton plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(7): 493–499.

- FERRAZ, C. S. 2011. Efeito dos tricomas de *Gosypium hirsutum* (Mavaceae) sobre ácaros fitófagos. Monografia (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 49 f.
- Flechtmann C.H.W. 1979, Ácaros de importância agrícola. São Paulo, Livraria Nobel, 189p.
- Gardiano C. G., Ferraz S., Lopes E. A., Ferreira P. A., Amora D. X., Freitas L. G. 2009. Avaliação de extratos aquosos de várias espécies vegetais, aplicados ao solo, sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Semina: Ciências Agrárias*, 30(3), 551-556.
- Gauvrit C., Müller T., Milius A., Trouvé G. 2007. Ethoxylated rapeseed oil derivatives as non-ionic adjuvants for glyphosate. *Pest Manag Sci*, 63(7): 707–713.
- Gonçalves M.E.C., Oliveira J.V., Barros R., Lima M.P.L. 2001. Extratos aquosos de plantas e o comportamento do ácaro verde da mandioca. *Scientia Agricola*, 58(3): 475–479.
- Gunstone, F.E. 2002. Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses. John Wiley & Sons.
- Hincapié C.A.L., López G.E.P., Torres R.C. 2009. Comparison and characterization of garlic (*Allium sativum* L.) Bulbs extracts and their effect on mortality and repellency of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(4), 317-327.
- Houbraken M., Senaeve D., Fevery D., Spanoghe P. 2015. Influence of adjuvants on the dissipation of fenpropimorph, pyrimethanil, chlorpyrifos and lindane on the solid/gas interface. *Chemosphere*, 138: 357–363.
- Hull H.M. 1970. Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds. In: Gunther F. A. (Ed) *Residue Reviews: Residues of Pesticides and Other Foreign Chemicals in Foods and Feeds Residue Reviews/Rückstandsberichte*, Berlin, Heidelberg: Springer. pp. 1–150.

- Isman M. 2006. Botanical Insecticides, Deterrents, And Repellents In Modern Agriculture And An Increasingly Regulated World. *Annual review of entomology*, 51: 45–66.
- Jha P., Norsworthy J.K., Scott R.C. 2010. Cyhalofop application timing and adjuvant selection for *Echinochloa crus-galli* control in rice. *Crop Protection*, 29(8): 820–823.
- Khater H. 2012. Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. *Pharmacologia*, 2: 244–259.
- King A., Young G. 1999. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *J Am Diet Assoc*, 99(2): 213–218.
- Koul O., Walia S., Dhaliwal G. S. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopestic Int*, 4(1) 63-84.
- Kumari A., Kaushik N. 2016. Oviposition Deterrents in Herbivorous Insects and their potential use in Integrated Pest Management. *Indian journal of experimental biology*, 54: 163–174.
- Kumral N.A., Çobanoğlu S., Yalcin C. 2010. Acaricidal, repellent and oviposition deterrent activities of *Datura stramonium* L. against adult *Tetranychus urticae* (Koch). *J Pest Sci*, 83(2): 173–180.
- Li D., Liu Z., Yuan Y., Liu Y., Niu F. 2015. Green synthesis of gallic acid-coated silver nanoparticles with high antimicrobial activity and low cytotoxicity to normal cells. *Process Biochemistry*, 50(3): 357–366.
- Lucini T., Scabeni C., Dedordi C., Hirose E., Shiomi H.F. 2010. efeito de extrato aquoso de *capsicum baccatum* na mortalidade e oviposição de *Tetranychus ludeni* (ACARI: TETRANYCHIDAE). *Scientia Agraria*, 11(4): 355–358.
- Macheix J.J., Fleuriet A., Billot J. 1990. Fruit phenolics. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Marangoni C., Moura N.F. de, Garcia F.R.M. 2013. utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. *Revista de Ciências Ambientais*, 6(2): 92–112.

Marcelo C.F. et al. 2010. Determinação de área foliar e retenção de líquido por folhas de café em pulverização a alto volume. *Nucleus*, v. 7, n. 1, p. 1-8.

Matos C.H.C., Pallini A., Venzon M., Freitas R.C.P., Rezende D.D.M., Schoereder J.H. 2009. Os tricomas de *Capsicum* spp. interferem nos aspectos biológicos do ácaro-branco, *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Acari: Tarsonemidae)? *Neotropical Entomology*, 38(5): 589–594.

MATOS, C. H. C. 2006. Mecanismos de defesa constitutiva em espécies de pimenta *Capsicum* e sua implicação no manejo do ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). Tese (Doutorado em Entomologia). Universidade Federal de Viçosa. 59 p.

Matharage, B. S. H. M. S. Y., Fernando, M. A. R. M., Bandara, M. A. A. P., Jayantha, G. A., & Kalpage, C. S. 2013. Performance of coconut oil as an alternative transformer liquid insulation. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 20(3), 887-898.

MEDEIROS, A. R. M. 1990 Alelopatia: importância e suas aplicações. *Horti Sul*, Pelotas, v. 1, n. 3, p. 27-32.

Mendonça C.G., Raetano C.G., Mendonça C.G. 2007. Surface tension of mineral oils and vegetable oils. *Engenharia Agrícola*, 27(SPE): 16–23.

Michereff Filho M., Resende F.V., Vidal M.C., Guimaraes J.A., Moura A.P., Silva P.S., Reyes C.P. 2013. Manejo de pragas em hortaliças durante a transição agroecológica. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica 119 (INFOTECA-E).

Mineiro, J. L. C., Sato, M. E., Raga, A., & Kovaleski, A. 2015. Ácaro-vermelho-da-macieira, *Panonychus ulmi* (Koch). Embrapa Uva e Vinho-Capítulo em livro científico (ALICE).

Moraes G. J., Flechtmann C. H. 2008. Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Holos.

- Nascimento M.D.P.M.D., Oliveira C.R.F.D., Matos C.H.C., Badji C.A. 2018. Effect of aqueous extract of *Prosopis juliflora* on the control of the mite *Tetranychus bastosi* IN PHYSIC NUT. Revista Caatinga, 31(4): 1054–1060.
- Nohynek L.J., Alakomi H.-L., Kähkönen M.P., Heinonen M., Helander I.M., Oksman-Caldentey K.-M., Puupponen-Pimiä R.H. 2006. Berry phenolics: antimicrobial properties and mechanisms of action against severe human pathogens. Nutr Cancer, 54(1): 18–32.
- Nguyen D.-M.-C., Seo D.-J., Lee H.-B., Kim I.-S., Kim K.-Y., Park R.-D., Jung W.-J. 2013a. Antifungal activity of gallic acid purified from *Terminalia nigrovenulosa* bark against *Fusarium solani*. Microbial Pathogenesis, 56: 8–15.
- Nguyen D.-M.-C., Seo D.-J., Nguyen V.-N., Kim K.-Y., Park R.-D., Jung W.-J. 2013b. Nematicidal activity of gallic acid purified from *Terminalia nigrovenulosa* bark against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Nematology, 15(5): 507–518.
- Noman, A., Aqeel, M., Islam, W., Khalid, N., Akhtar, N., Qasim, M., & Al-Sadi, A. 2021. Insects–plants-pathogens: toxicity, dependence and defense dynamics. Toxicon. 197:87-98
- Oliveira J.M. 2013. Potential of vegetable extracts for the control of *Polyphagotarsonemus latus*, *Tetranychus urticae* and *Myzus persicae*, 72 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Entomologia). Universidade Federal de Viçosa.
- BEZERRA, C. W. F. et al. 2020. Avaliação da seletividade dos extratos de algarobeira (*Prosopis juliflora*) e de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) sobre o predador *Stethorus tridens* (Coleoptera: Coccinellidae) em pinhão-mansão. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal). Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Panche A.N., Diwan A.D., Chandra S.R. 2016. Flavonoids: an overview. Journal of Nutritional Science, 5.
- Papanastasiou S. A., Bali E. M. D., Ioannou C. S., Papachristos D. P., Zarpas K. D., Papadopoulos N. T. 2017. Toxic and hormetic-like effects of three

components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). *PloS one*, 12(5), e0177837.

Pavela R., Herda G. 2007. Effect of pongam oil on adults of the Greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Trialeurodidae). *Entomologia Generalis*, 30: 193–201.

Peterson, D. E. 1988. Spray adjuvants with herbicides. North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, A:960.

Potenza M.R. et al., 2006. Avaliação de produtos naturais para o controle de ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em casa de vegetação. *Arquivos do Instituto Biológico*, 73: 455-459.

Punia A., Chauhan N.S., Singh D., Kesavan A.K., Kaur S., Sohal S.K. 2021. Effect of gallic acid on the larvae of *Spodoptera litura* and its parasitoid *Bracon hebetor*. *Scientific Reports*, 11(1): 531.

Rabaioli V., Silva C. P. 2016. Prospecção de Diferentes Espécies de Plantas com Ação de Bioinseticidas na Agricultura de Mato Grosso do Sul. *Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde*, 20(3), 188-195.

Räsch A., Hunsche M., Mail M., Burkhardt J., Noga G., Pariyar S. 2018. Agricultural adjuvants may impair leaf transpiration and photosynthetic activity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 132: 229–237.

Reddy G.V.P. 2001. Comparative effectiveness of an integrated pest management system and other control tactics for managing the spider mite *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on eggplant. *Exp Appl Acarol*, 25(12): 985–992.

Reichert M.B., Silva G.L.D., Rocha M.D.S., Johann L., Ferla N.J. 2014. Mite fauna (Acari) in soybean agroecosystem in the northwestern region of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Systematic and Applied Acarology*, 19(2): 123–136.

Reis, P. R., Alves, E. B. 1997. Criação do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) em laboratório. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26(3), 565-568.

- Reyes L.F., Villarreal J.E., Cisneros-Zevallos L. 2007. Increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry* 101(3), 1254-1262.
- Robinson R.G., Nelson W.W. 1975. Vegetable oil replacements for petroleum oil adjuvants in herbicide sprays. *Econ Bot*, 29(2): 146–151.
- Rode P., Toldi M., Reichert M., Johann L., Ferla N. 2018. Development of *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on transgenic soybean cultivars. *Phytoparasitica*, 46.
- Roh H.S., Lim E.G., Kim J., Park C.G. 2011. Acaricidal and oviposition deterring effects of santalol identified in sandalwood oil against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *J Pest Sci* (2004), 84(4): 495–501.
- Roobakkumar A., Subramaniam M.S.R., Babu A., Muraleedharan N. 2010. Bioefficacy of certain plant extracts against the red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Nietner) (Acarina: Tetranychidae) infesting tea in Tamil Nadu, India. *International Journal of Acarology*, 36(3): 255–258.
- Santos et al. 2013. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17): 2562-2576.
- Santos I.C.S. 2018. Atividade acaricida dos extratos de algarobeira (*Prosopis juliflora*) e de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) no controle de *Tetranychus bastosi* (Acari: Tetranychidae) em pinhão-mansão.
- Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3): 430–439.
- Sarjit A., Wang Y., Dykes G.A. 2015. Antimicrobial activity of gallic acid against thermophilic *Campylobacter* is strain specific and associated with a loss of calcium ions. *Food Microbiol.*, 46, pp. 227-233
- Scherhag H., Schmitz-Eiberger M., Downer R.A., Noga G. 2005. Influence of rapeseed oil ethoxylate surfactants on retention and biological efficacy of

glyphosate spray solutions in selected weeds. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 79: 17–23.

Schwan-Estrada K. R. F., Suzuki C. C. L. F., Itako A. T. 2008. Utilização de extratos vegetais no controle de doenças de plantas. Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas: panorama atual e perspectivas na agricultura. EMBRAPA Amazônia Oriental, 131-152.

Seifi R., Moharramipour S., Ayyari M. 2018. Acaricidal activity of different fractions of *Moringa peregrina* on two spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 125: 616–621.

Senthil-Nathan S. 2013. Physiological and biochemical effect of neem and other Meliaceae plants secondary metabolites against Lepidopteran insects. *Front Physiol*, 4: 359.

Siqueira F.F. da S., Oliveira J.V. de, Ferraz C.S., Oliveira C.R.F. de, Matos C.H.C. 2014. Atividade acaricida de extratos aquosos de plantas de caatinga sobre o ácaro verde da mandioca. *Revista Caatinga*, 27(4): 109–116.

Somervaille A., Betts G., Grains Research and Development Corporation, Conservation Farmers Inc 2011. Adjuvants: oils, surfactants and other additives for farm chemicals / [compiled by Andrew Somervaille, with assistance from Graham Betts ... [et al.]]. Rev. 2012 ed. Kingston, ACT: Grains Research & Development Corporation. pp. 48.

Soto A., Venzon M., Oliveira R.M., Oliveira H.G., Pallini A. 2010. Alternative control of *Tetranychus evansi* Baker; Pritchard (Acari: Tetranychidae) on tomato plants grown in greenhouses. *Neotropical Entomology*, 39(4): 638–644.

Sousa I.J.O., Silva M.C.P., Leopoldino G.L., Agostinho L.S. 2018. Avaliação fitoquímica, hemolítica e atividade antimicrobiana do extrato bruto da casca do caule de *Ziziphus joazeiro* Mart. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, 14(4).

Sousa M.C., Braga R.C., Cintra B.A.S., de Oliveira V., Andrade C.H. 2013. In silico metabolism studies of dietary flavonoids by CYP1A2 and CYP2C9. *Food Research International*, 50(1): 102–110.

Souza G.H.B. de, Mello J.C.P. de, Lopes N.P. 2011. Farmacognosia: coletânea científica. Editora UFOP. pp 372.

Stenberg J.A. 2017. A Conceptual Framework for Integrated Pest Management. *Trends in Plant Science*, 22(9): 759–769.

Tošović J. 2017. Spectroscopic features of caffeic acid: Theoretical study. *Kragujevac Journal of Science*, 2017: 99–108.

Tripathi A., Upadhyay S., Bhuyan M., Bhattacharya P. 2009. A review of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 1(5), 052-063.

Tripathi M., Pandey M.B., Jha R.N., Pandey V.B., Tripathi P.N., Singh J.P. 2001. Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus jujuba*. *Fitoterapia*, 72(5): 507–510.

Vieira M.R., Sacramento L.V.S., Furlan L.O., Figueira J.C., Rocha A. B. O. 2006. Efeito acaricida de extratos vegetais sobre fêmeas de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 8(4): 210-217.

Wang Z., Wang X., Cang T., Zhao X., Wu S., Qi P., Wang X., Xu X., Wang Q. 2018. Positive effects of an oil adjuvant on efficacy, dissipation and safety of pyrimethanil and boscalid on greenhouse strawberry. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 160: 127–133.

Walthall W.K., Stark J.D. 1997. A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. *Ecotoxicol Environ Saf*, 37(1): 45–52.

Xavier M.V.A., Matos C.H.C., Oliveira C.R.F., Sá M.G.R., Sampaio G.R.M. 2015. Toxicidade e repelência de extratos de plantas da caatinga sobre *Tetranychus bastosi* Tutler, Baker; Sales (Acari: Tetranychidae) em pinhão-mansão. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17(4): 790–797.

Xu L., Zhu H., Ozkan H.E., Thistle H.W. 2010. Evaporation rate and development of wetted area of water droplets with and without surfactant at different locations on waxy leaf surfaces. *Biosystems Engineering*, 106(1): 58–67.