

**ANA RITA DE OLIVEIRA**

**BIOFILMES DE ACETATO DE CELULOSE INCORPORADOS COM LAPONITA E  
ALELOQUÍMICOS PARA O CONTROLE DE *Tuta Absoluta***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Frederico Garcia Pinto

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Universidade Federal  
de Viçosa - Campus Rio Paranaíba**

T

O48b  
2022  
Oliveira, Ana Rita de, 1995-  
Biofilmes de acetato de celulose incorporados com laponita  
e aleloquímicos para o controle de *Tuta Absoluta*. / Ana Rita de  
Oliveira. – Rio Paranaíba, MG, 2022.  
36 f.: il. (algumas color.).

Orientador: Frederico Garcia Pinto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Ciências Exatas e tecnológicas, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvcrp.2022.006>

Modo de acesso: <https://www.locus.ufv.br/>.

1. Laponita. 2. Biofilme. 3. Aleloquímicos. I. Pinto,  
Frederico Garcia. II. Universidade Federal de Viçosa. Ciências  
Exatas e tecnológicas. Mestrado Multicêntrico em Química de  
Minas Gerais. III. Título.

579.17

Bibliotecário(a) responsável: Crislene Silva de Sousa 2539

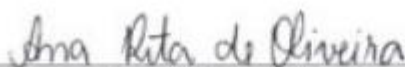
**ANA RITA DE OLIVEIRA**

**BIOFILMES DE ACETATO DE CELULOSE INCORPORADOS COM LAPONITA E  
REPELENTES PARA O CONTROLE DE *Tuta Absoluta***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de fevereiro de 2022.

Assentimento:



---

Ana Rita de Oliveira

Autora



---

Frederico Garcia Pinto

Orientador

*Ao meu marido Sérgio, meus pais e irmãos dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha família.

À Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba e a Rede Mineira de Química pela oportunidade concedida em realizar o mestrado.

Ao meu orientador, prof. Dr. Frederico Garcia Pinto por toda atenção, ajuda e esforço para a finalização deste trabalho.

Ao prof. Dr. Jairo Tronto pela ajuda, conselhos e cuidado prestados em toda a minha formação.

Ao prof. Dr. Flávio Fernandes pelos ensinamentos e auxílio durante todos os bioensaios entomológicos.

Ao prof. Dr. Allan Robledo pelo auxílio e atenção.

Aos técnicos de Laboratório da UFV-CRP, Jader e Vinícius, que sempre se demonstraram pró-ativos me auxiliando em diversas etapas para o desenvolvimento deste trabalho, obrigado pela amizade e companheirismo.

Aos amigos Mariane, Franciely e Valber pela ajuda ímpar durante todo o trabalho.

Ao amigo Mateus Majela por toda ajuda durante os bioensaios.

Aos amigos do Laboratório de Compostos Lamelares (LCL), Ana Luiza, Silas, Victor pelo companheirismo, tornando o ambiente de trabalho mais dinâmico e alegre.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todos contribuíram para a realização desse trabalho.

## RESUMO

OLIVEIRA, Ana Rita, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, fevereiro de 2022. **Biofilmes de acetato de celulose incorporados com laponita e aleloquímicos para o controle de *Tuta Absoluta***. Orientador: Frederico Garcia Pinto.

A praga do tomateiro, *Tuta Absoluta*, é uma praga severa que causa grandes prejuízos em cultivos de tomate. Os inseticidas sintéticos têm sido, atualmente, o principal meio utilizado para combater a proliferação da praga, todavia, o seu uso intenso, além de danoso ao ambiente, pode ser prejudicial à saúde humana, bem como contribuir para a evolução acelerada de populações de insetos resistentes às substâncias ativas. Desta forma torna-se necessária a investigação de novas alternativas que sejam capazes de mitigar efeitos danosos dos inseticidas sintéticos no controle de pragas. O objetivo deste trabalho foi de sintetizar e caracterizar biofilmes de acetato de celulose, incorporados (FACL) ou não (FAC) com laponita e diferentes aleloquímicos: 2-TD (2-tridecanona), 3-TD (3-tridecanona), 2-UD (2-undecanona) e CAR ( $\beta$ -cariofileno) para aplicação no controle da praga do tomateiro chamada de *Tuta Absoluta*. As técnicas de caracterização dos materiais produzidos utilizadas foram: Difração de Raios X no Pó (DRXP) e Espectroscopia de absorção molecular na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR-ATR). Bioensaios foram realizados com os biofilmes produzidos, e estes trouxeram informações a cerca da repelência/atratividade exercida sobre os insetos, visando o controle da *Tuta Absoluta*. Os resultados mostraram que o FAC incorporado com a 3-tridecanona após 6 dias apresentou 1,8 vezes mais atratividade pela praga do que o controle. Já os FACL incorporados com 2-undecanona e 3-tridecanona mostraram 3,8 e 2,5 vezes menos atratividade que o controle, respectivamente. Ou seja, os filmes FACL com 2-UD e 3-TD indicaram que podem ser potenciais repelentes da praga do tomateiro. Então a presença da laponita sugere que a mesma pode ter exercido um papel importante para diminuir a velocidade de saída dos gases, contribuindo significativamente para que a repelência do filme ocorra de forma mais lenta.

Palavras-chave: Laponita. Aleloquímico. Biofilme

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Ana Rita, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba, February, 2022. **Cellulose acetate biofilms incorporated with laponite and allelochemicals for the control of *Tuta Absoluta***. Adviser: Frederico Garcia Pinto

The tomato pest, *Tuta Absoluta*, is a severe pest that causes great damage to tomato crops. Synthetic insecticides have currently been the main means used to combat the proliferation of the pest, however, their intense use, in addition to being harmful to the environment, can be harmful to human health, as well as contributing to the accelerated evolution of insect populations resistant to active substances. Thus, it is necessary to investigate new alternatives that are capable of mitigating the harmful effects of synthetic insecticides in pest control. The objective of this work was to synthesize and characterize cellulose acetate biofilms, incorporated (FACL) or not (FAC) with laponite and different allelochemicals: 2-TD (2-tridecanone), 3-TD (3-tridecanone), 2-UD (2-undecanone) and CAR ( $\beta$ -caryophyllene) for application in the control of the tomato pest called *Tuta Absoluta*. The characterization techniques of the materials used were: X-Ray Powder Diffraction (XRD) and Molecular Absorption Spectroscopy in the Fourier Transform Infrared region (FTIR-ATR). Bioassays were carried out with the produced biofilms, and these brought information about the repellency/attractiveness exerted on the insects, aiming at the control of *Tuta Absoluta*. The results showed that FAC incorporated with 3-tridecanone after 6 days was 1.8 times more attractive to the pest than the control. The FACL incorporated with 2-undecanone and 3-tridecanone showed 3.8 and 2.5 times less attractiveness than the control, respectively. That is, the FACL films with 2-UD and 3-TD indicated that they may be potential repellents of the tomato pest. Therefore, the presence of laponite suggests that it may have played an important role in reducing the exit velocity of gases, significantly contributing to the slower repellency of the film.

Keywords: Laponite. Allelochemical. Biofilm.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
1.1 Biopolímeros .....	11
1.2 Biofilmes .....	13
2. OBJETIVOS.....	15
3. PARTE EXPERIMENTAL.....	15
3.1 Materiais .....	15
3.2 Síntese de biofilmes .....	16
3.2.1 <i>Biofilmes de acetato de celulose e laponita</i> .....	16
3.3 Métodos de caracterização.....	17
3.3.1 <i>Difração de raios X (DRX)</i> .....	17
3.3.2 <i>Espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com Transformada de Fourier com acessório de refletância total atenuada (FTIR-ATR)</i> .....	17
3.3 <i>Obtenção da planta e do inseto</i> .....	18
3.4 <i>Bioensaios</i> .....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
4.1 <i>Caracterização dos materiais</i> .....	20
4.1.1 <i>Difração de Raios X (DRX)</i> .....	20
4.1.2 <i>Espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com acessório de refletância total atenuada (FTIR/ATR)</i> .....	21
5. <i>Bioensaio</i> .....	23
6. CONCLUSÃO .....	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum L.*) enfrenta muitas adversidades fitossanitárias, as quais decorrem, sobretudo, pelo ataque de insetos (BOTTEGA, 2018). A praga *Tuta absoluta*, popularmente conhecida como traça do tomateiro, destaca-se como sendo a responsável por gerar significativas perdas na produção de tal hortaliça (BUENO, 2016). A espécie se caracteriza por ser um lepidóptero pertencente à família *Gelechiidae*. As lagartas iniciam sua alimentação nas folhas, haja vista o hábito minador, alimentando-se do parênquima foliar, todavia também são capazes de perfurarem frutos e ramos (BOTTEGA, 2013).

Segundo Muszinski et al. (1982), no ano de 1979 ocorreu o primeiro incidente da praga nas plantações brasileiras. Pouco tempo depois, a *Tuta Absoluta* já havia se espalhado por todos os campos de produção de tomate no país (FRANÇA, 1993). Nesse sentido, a infestação da praga ocorre, geralmente, durante todo o ciclo da cultura, principalmente durante os períodos quentes e secos, danificando, à exceção das raízes, toda a planta (SOUZA; REIS, 2003).

Os inseticidas sintéticos têm sido atualmente, o principal meio utilizado para combater a proliferação da *Tuta Absoluta*. Todavia, o seu uso intenso, além de danoso ao ambiente, pode ser prejudicial à saúde humana, bem como pode contribuir para a evolução acelerada de populações de insetos resistentes às substâncias ativas (TROPEA-GARZIA et al., 2012). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa, 2006) editou uma portaria a fim de regulamentar o registro de inseticidas utilizados no combate à traça-do-tomateiro.

Não obstante, faz-se necessário a utilização de novas medidas para controle da praga, almejando o aumento da produtividade agrícola, o fornecimento de alimentos não contaminados com resíduos tóxicos e a redução de danos ambientais, como a contaminação do solo e lençol freático, podendo prejudicar a saúde humana. (MARONEZE; GALLEGOS, 2009).

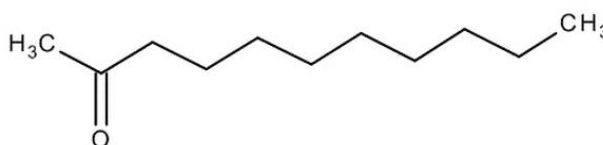
Uma alternativa plausível que pode ser usada para conter os danos da *Tuta absoluta* é o uso de aleloquímicos. De acordo com os estudos de Pires e Oliveira (2011), os aleloquímicos são conceituados como um indivíduo, uma planta ou um micro-organismo capaz de exercer influência sobre o outro, causando-lhe benefícios ou prejuízos. Os autores apontam que a interação alelopática caracteriza-se por ser uma série de processos envolvendo

produtos secundários de plantas, bactérias, algas e vírus, de sorte a influenciar no desenvolvimento de sistemas agrícolas e biológicos.

Os aleloquímicos são biomoléculas intermediárias atuantes na comunicação interespecífica de organismos pertencentes a espécies diferentes, comumente observadas na interação entre plantas e insetos. (TURCHIN, 2014).

Nesse sentido, com relação às plantas, os aleloquímicos por elas produzidos estimulam a defesa contra o ataque de herbívoros ou fitopatógenos, bem como a invasão de outras plantas. Assim, a utilização dessas substâncias químicas possibilita o manejo e controle de pragas (THOMAZINI, 2009).

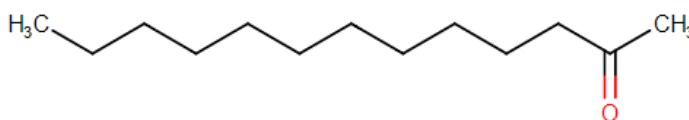
Os estudos de Moliterno (2017) demonstram a efetividade da utilização do aleloquímico 2-undecanona (2-UD) na ação contra insetos. A referida substância caracteriza-se como um oleoso orgânico líquido que pode ser encontrado, de forma natural, na banana, no cravo, na goiaba, bem como em tomates. Sua estrutura química está representada na Figura 1.



**Figura 1.** Estrutura química da 2-undecanona (2-UD)

**Fonte:** Adaptado de Orlanda (2011).

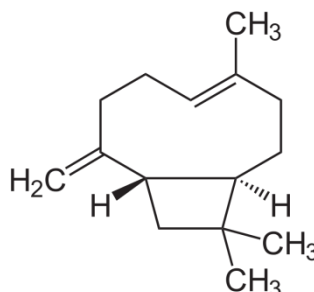
Por seu turno, o metabólito secundário 2-tridecanona (2-TD), produzido pelos tricomas glandulares tipo VI das folhas do tomateiro *Lycopersicon hirsutum L.* é responsável por lhe promover uma resistência a diversos insetos e pragas, dentre os quais a *Tuta absoluta* (GILARDÓN et al. 2001). A 2-tridecanona é uma metil-cetona, derivada de um hidreto de um tridecano, que atua como metabolito vegetal e agente aromatizante. As pesquisas de Dimock et al. (1982) já demonstravam sua eficácia no combate à larva do tomate. A substância é isolada a partir de óleos vegetais, como o de palma e o de coco, mas também pode ser encontrada em frutas e legumes, a exemplo da framboesa e da cebola, respectivamente (*Heliothis zea*). Sua estrutura química está representada na Figura 2.



**Figura 2.** Estrutura química da 2-tridecanona (2-TD)

**Fonte:** Adaptado de HMDB (2012).

O  $\beta$ -cariofileno (CAR) é um sesquiterpeno bicíclico que pode ser encontrado em óleos essenciais de uma ampla variedade de plantas e geralmente apresenta-se como uma mistura de isômeros com isocariofileno e  $\alpha$ -cariofileno. Podem ser encontrados em óleos essenciais de uma grande variedade de plantas. Sua estrutura química está representada na Figura 3.

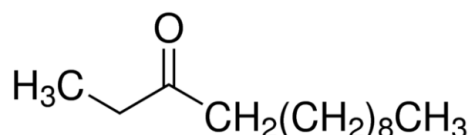


**Figura 3.** Estrutura química do  $\beta$ -cariofileno (CAR)

**Fonte:** Adaptado de Fernandes et al. (2015)

De acordo com Haslam (1996), dentro da medicina tradicional, o  $\beta$ -cariofileno pode ser utilizado no tratamento de diversas moléstias orgânicas. Outrossim, a literatura apresenta que o composto possui as seguintes propriedades: fagorrepelente, antiêdêmico, anti-inflamatório, bactericida, antitumoral e espasmolítico (KEELER et al., 1991; SHIMIZU, 1990; KANG et al., 1992; ZHENG et al., 1992; DUKE, 1992).

A 3-tridecanona (3-TD) é uma cetona da mesma família da 2-UD e 2-TD, com estrutura e características semelhantes, diante disto a potencialidade da mesma existe para ser testada como repelente da *Tuta Absoluta*.



**Figura 4.** Estrutura química da 3-tridecanona (3-TD)

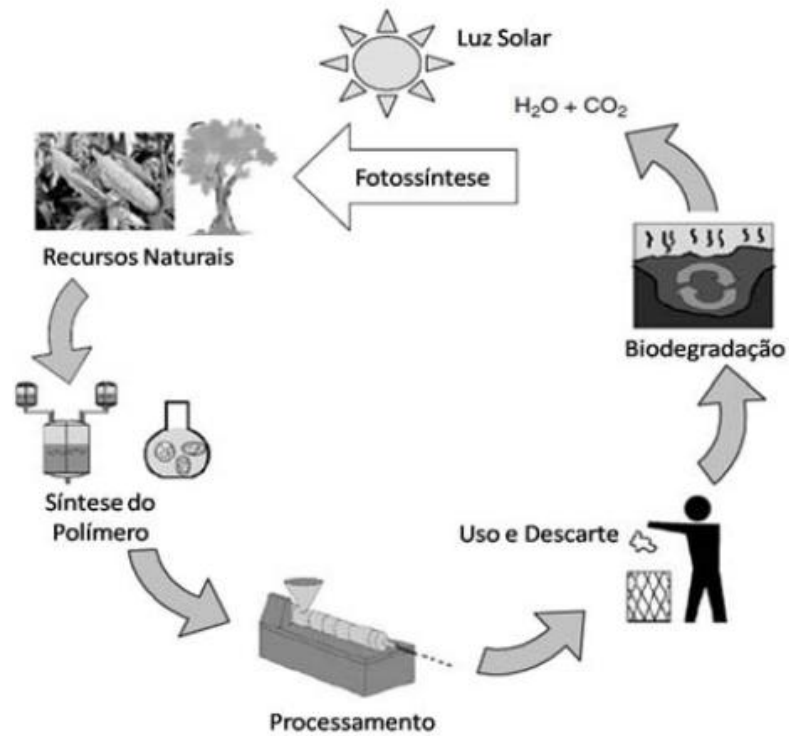
**Fonte:** www.sigmaldrich.com

Os compostos citados acima podem apresentar capacidade para controle da praga *Tuta Absoluta*, porém possuem alto grau de volatilidade, o que dificulta a aplicação dos mesmos no campo. Dessa forma, os estudos dessa dissertação trouxeram uma alternativa de síntese de uma material híbrido orgânico-inorgânico, a fim de reter por mais tempo essas substâncias, e assim, ser utilizado de forma eficiente para o controle da praga.

## 1.1 Biopolímeros

Os polímeros são uma classe de materiais multifuncionais, que têm sido utilizados em muitas aplicações agrícolas, como cobertura de solos, resistência às intempéries, liberação controlada, entre outros. Baixo custo, durabilidade, facilidade de serem moldados e baixa toxicidade são algumas características que os tornam tão versáteis. Entretanto, o fato de serem inertes ao ataque de micro-organismos faz com que apresentem um maior ciclo de vida útil, sendo resistentes à degradação. Isto tem resultado no aumento de resíduos desse material, os quais, muitas vezes, são descartados incorretamente ou se acumulam em aterros, gerando danos ao ambiente (Kumar et al. 2010). Assim, pesquisadores têm empreendido esforços no sentido de desenvolver soluções para tal problema. Dentre as alternativas observadas, destaca-se a utilização de biopolímeros em razão de possuírem um ciclo de vida mais curto, serem provenientes de fontes renováveis, além de sofrerem decomposição através de ação biológica, diminuindo assim, seu tempo de vida no meio ambiente (BRITO et al. 2011).

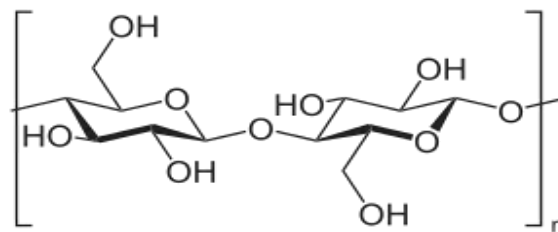
Nesse sentido, os biopolímeros podem ser produzidos a partir de matérias-primas, como o milho, celulose, amido, quitosana, alginato, glucomanano, entre outras (MAMANN et al. 2020). Os estudos de Ray e Bousmina (2005) mostram que uma das vantagens dos polímeros biodegradáveis se materializa na redução do impacto ambiental, pois existe a possibilidade de formação de um ciclo de vida fechado e mais curto, representado na Figura 5. Além disso, a redução do custo de produção também é um fator extremamente vantajoso na utilização dos biopolímeros.



**Figura 5.** Ciclo de vida ideal dos polímeros biodegradáveis

**Fonte:** Brito et al. (2011).

Uma excelente alternativa de biopolímero é o acetato de celulose (AC), que é um polímero termoplástico, biodegradável, derivado da esterificação da celulose, a qual é o polissacarídeo natural mais abundante no meio ambiente, pois é o principal constituinte da maioria das plantas (Puls et al., 2011). Dependendo de seu grau de substituição (GS), o AC é utilizado na fabricação de diferentes produtos comerciais, como tecidos, plásticos, filmes fotográficos e filtros de cigarro (Moraes et al., 2017).



**Figura 6.** Estrutura representativa da celulose.

**Fonte:** Perotti, 2013

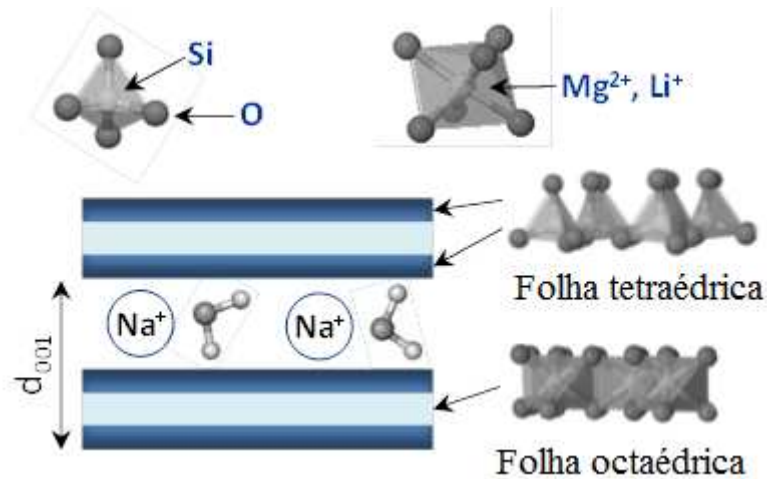
## 1.2 Biofilmes

A utilização de plásticos na agricultura se dá de várias formas, mas de forma notória, ocorre através dos filmes de cobertura de solo. A utilização destes como barreiras externas no solo podem trazer inúmeros benefícios a uma cultura, como: inibir o desenvolvimento de plantas invasoras, reduzir a aplicação de herbicidas e a capina manual, reduzir a evaporação de água no solo, evitar a lixiviação de fertilizantes, erosão do solo, além de aumentar a qualidade e rendimento das culturas (SANTAGATA et al. 2014). Ao utilizar-se biofilmes, ou seja, filmes compostos por biopolímeros a remoção dos mesmos não gera tantos custos, pois podem ser depositados no solo sem danos ao meio ambiente, servindo como fonte de alimentos para os micro-organismos (SANTAGATA et al. 2014).

Estudos da literatura mostraram bons resultados da utilização de biofilmes associados a extrato de fumo, cinamomo e alho para controle de carrapatos na pecuária bovina (LUNS, 2015). Assim, este estudo é um caso de que a incorporação de substâncias em filmes biodegradáveis é uma alternativa, uma vez que os compostos ativos podem ser utilizados em menor concentração, pois são liberados gradativamente pelo biofilme.

Todavia, os biofilmes ainda possuem algumas limitações técnicas que dificultam sua processabilidade e, portanto, seu uso como produto final. Assim, estudos têm sido realizados a fim de melhorar algumas de suas propriedades mecânicas, ópticas, além de outros fatores, como resistência térmica, permeabilidade a gases e taxa de degradação (FECHINE, 2010).

Diante desta problemática, tem-se como possível solução a incorporação de argilas silicatadas como a montmorilonita, a saponita e a hectorita, todas da classe das smectitas, na estrutura dos biofilmes. A laponita possui uma estrutura em camadas, no qual cada camada é constituída por três folhas, duas folhas externas compostas de tetraedros de silicatos e uma folha interna central composta de octaedros de magnésio, conforme é mostrado na Figura 6. A substituição isomórfica de íons magnésio da folha interna central por íons lítio produz uma deficiência de cargas positivas nas folhas. Para que a estrutura global da argila permaneça eletricamente neutra, entre as camadas ocorre a inserção de cátions solvatados por moléculas de água. De modo geral, a laponita apresenta a seguinte composição química:  $M^{+}_{x/n} [Mg_6-xLi_x][Si_8]O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$ , na qual  $M^{+}$  representa um cátion metálico monovalente, geralmente o  $Na^{+}$ ,  $x$  é o grau de substituição isomórfica (normalmente entre 0,5 e 1,3). (PEROTTI, 2013)



**Figura 7:** Representação esquemática da estrutura de uma laponita.

Adaptada de Pinto et al. 2017

A laponita apresenta algumas propriedades peculiares, como baixa reatividade e facilidade de perda de estrutura de empilhamento, devido a sua baixa densidade de carga em um processo conhecido como esfoliação. Nesse processo de esfoliação de argilas em meio aquoso, ocorre a hidratação dos íons presentes no domínio interlamelar, como o sódio e o potássio, devido a sua alta hidrofiliabilidade. Durante a incorporação do solvente no domínio interlamelar, o átomo de oxigênio da água se coordena aos íons  $\text{Na}^+$ , enquanto os átomos de hidrogênio da molécula formam ligações de hidrogênio e interações do tipo dipolo-dipolo com os átomos de oxigênio da superfície da argila (HESEN et al., 2002). A pressão osmótica causada pela solvatação dos cátions na intercamada então se torna suficientemente maior que as forças que mantêm a estrutura empilhada por interação eletrostática do cátion com a lamela, o que permite a separação das lamelas. (BURGENTZLÉ et al., 2004; PANDEY et al., 2005). Portanto, materiais lamelares que possuem essa característica de fácil esfoliação podem contribuir significativamente para o melhoramento das propriedades dos biofilmes, além de promover uma liberação lenta dos aleloquímicos.

O biofilme do nosso trabalho foi produzido utilizando como biopolímero o acetato de celulose, incorporado com laponita e os aleloquímicos: 2-TD, 2-UD, 3-TD e CAR. Sabendo das limitações da utilização direta no campo desses compostos, devido a sua facilidade de volatilização e alta hidrofobicidade a possibilidade de aprisioná-los no filme de AC torna-se interessante. Além disso, a incorporação da laponita nesses filmes pode proporcionar a formação de um material híbrido orgânico-inorgânico do tipo esfoliado, que contribui com o efeito “labirinto”, o qual aumenta o caminho difusional das moléculas gasosas. (PEROTTI, 2013)). Através disso, é possível decorrer em uma liberação lenta dos aleloquímicos para o

controle da praga. Por isso, acredita-se que os biofilmes sintetizados poderão ser uma solução segura e eficiente para o manejo da praga *Tuta Absoluta*.

Portanto, este trabalho tem como finalidade investigar a utilização de biofilmes de acetato de celulose, incorporados com laponita e aleloquímicos para o controle da *Tuta Absoluta*, praga do tomateiro.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho teve como principais objetivos: (i) o desenvolvimento de biofilmes de acetato de celulose e laponita com a incorporação de aleloquímicos. (ii) Utilizar os materiais formados para repelir ou atrair a praga do tomateiro, *Tuta Absoluta*.

### **2.1. Objetivos Específicos**

1. Sintetizar biofilmes de acetato de celulose contendo ou não laponita pelo método de *casting*;
2. Incorporar os diferentes aleloquímicos nos biofilmes: 2-TD, 3-TD, 2-UD e CAR;
3. Realizar a caracterização dos diferentes tipos de biofilmes sintetizados pelas técnicas difração de raios X (DRX) e espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com transformada de Fourier com acessório de refletância total atenuada (FTIR-ATR);
4. Realizar bioensaios em laboratório com os biofilmes sintetizados para o estudo do controle da praga do tomateiro em gaiolas pelos biofilmes.

## **3. PARTE EXPERIMENTAL**

### **3.1 Materiais**

Em todos os procedimentos de síntese dos biofilmes foram utilizados reagentes com grau de pureza analítica.

Na síntese dos biofilmes foram utilizados os seguintes reagentes: Acetona (Isofar, 99,5%), Hectorita Sódica RD, 2-Undecanona (Sigma-Aldrich, 97%), 2-Tridecanona (Sigma-Aldrich, 97%), 3-Tridecanona (Sigma-Aldrich, 97%),  $\beta$ -Cariofileno (Sigma-Aldrich, 80%) e acetato de celulose.

## **3.2 Síntese de biofilmes**

### ***3.2.1 Biofilmes de acetato de celulose***

Para a obtenção do biofilme de acetato de celulose foram suspensos em 30 mL de acetona, 3 g do polímero acetato de celulose. Essa suspensão foi deixada em repouso na geladeira por 24 horas. Após esse período, a mistura foi deixada sob agitação mecânica por aproximadamente 15 minutos. Em seguida foram adicionados 300 µL do aleloquímico (2-TD, 3-TD, 2-UD ou CAR) permanecendo em agitação por cerca de 30 minutos. A solução resultante foi deixada em descanso até as bolhas desaparecerem, e em seguida verteu-se a mesma sobre uma superfície de vidro plana, espalhando-a com um bastão de vidro. Por fim, após a evaporação do solvente o filme foi formado.

### ***3.2.2 Biofilmes de acetato de celulose e laponita***

Para a obtenção do biofilme de acetato de celulose e laponita foram suspensos em 25 mL de acetona, 3 g do polímero acetato de celulose. Essa suspensão foi deixada em repouso na geladeira por 24 horas. Após esse período, a mistura foi deixada sob agitação mecânica por aproximadamente 15 minutos. Em seguida foram adicionados 300 µL do aleloquímico (2-TD, 3-TD, 2-UD ou CAR), permanecendo em agitação por cerca de 30 minutos. Concomitantemente, em uma suspensão 2 foram colocados 0,1 g de laponita em 5 mL de água, que sob agitação magnética foi esfoliada a 80°C. Após a esfoliação completa, foi adicionado 5 mL de acetona na solução esfoliada de laponita, e então a suspensão 2 foi adicionada a suspensão 1, formando um único sistema, que foi deixado em agitação mecânica por 30 minutos. A solução resultante foi deixada em descanso até as bolhas desaparecerem, e em seguida verteu-se a mesma sobre uma superfície de vidro plana, espalhando-a com um bastão de vidro. Por fim, após a evaporação do solvente o filme foi formado (Figura 8).



**Figura 8.** Fotografia de um biofilme de acetato de celulose incorporado com laponita e repelente.

### ***3.3 Métodos de caracterização***

#### ***3.3.1 Difração de raios X (DRX)***

Para as análises de DRX, as amostras foram recortadas de forma retangular e coladas no porta amostra do instrumento. Os resultados foram registrados em um equipamento Shimadzu XRD-6000, que utiliza como monocromador um cristal de grafite para selecionar a região de emissão do Cu- $\alpha_1$ , com comprimento de onda de 1,5406 Å. O potencial da fonte foi de 30 kV e corrente de 30 mA. A velocidade de varredura foi feita com um passo de 0,02° a cada 1,2 s. A faixa de varredura ( $2\theta$ ) foi de 4 a 70°.

#### ***3.3.2 Espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com Transformada de Fourier com acessório de refletância total atenuada (FTIR-ATR)***

As análises de FTIR-ATR foram conduzidas em um aparelho Jasco 4100 com acessório de ATR (Refletância total atenuada). Os espectros foram obtidos com 256 varreduras, com resolução de 4 cm<sup>-1</sup> em uma faixa de comprimento de onda de 4000 a 400 cm<sup>-1</sup>.

### **3.2 Obtenção da planta e do inseto**

O experimento foi conduzido no laboratório do Grupo de Pesquisa em Horticultura (GPH) na Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba (UFV-CRP). Para tanto foram utilizadas mudas de tomate da variedade suscetível a *T. absoluta* ‘Santa Clara’.

Foram semeadas três sementes por célula em bandeja de isopor de 128 células, contendo substrato comercial Maxfertil. Aos 30 dias após a semeadura, as mudas de tomate foram transplantadas para vasos de 8 L contendo solo Latossolo vermelho-amarelo, com 0,13 g de calcário dolomítico de poder relativo de neutralização total (PRNT) de 85%. A irrigação foi feita diariamente, e a fertilização foi realizada com 3,14 g de NPK 4-14-8 por vaso, em duas aplicações (1ª – transplântio e 30 dias após). Os demais tratamentos culturais como capinas manual e desbrota dos tomateiros foram realizadas segundo Almeida et al. (2017).

A população de *Tuta absoluta* foi iniciada a partir de lagartas, sem definição do instar, coletadas junto com folhas de tomateiro ‘Santini’ em fase reprodutiva, localizadas em Rio Paranaíba, MG, Brasil (19°14'45,7" S 46°11'02,6" O). As coletas foram feitas no mês de setembro de 2019 e a criação foi realizada no laboratório do Grupo de Pesquisa em Hortaliças da UFV-CRP.

### **3.3 Bioensaios**

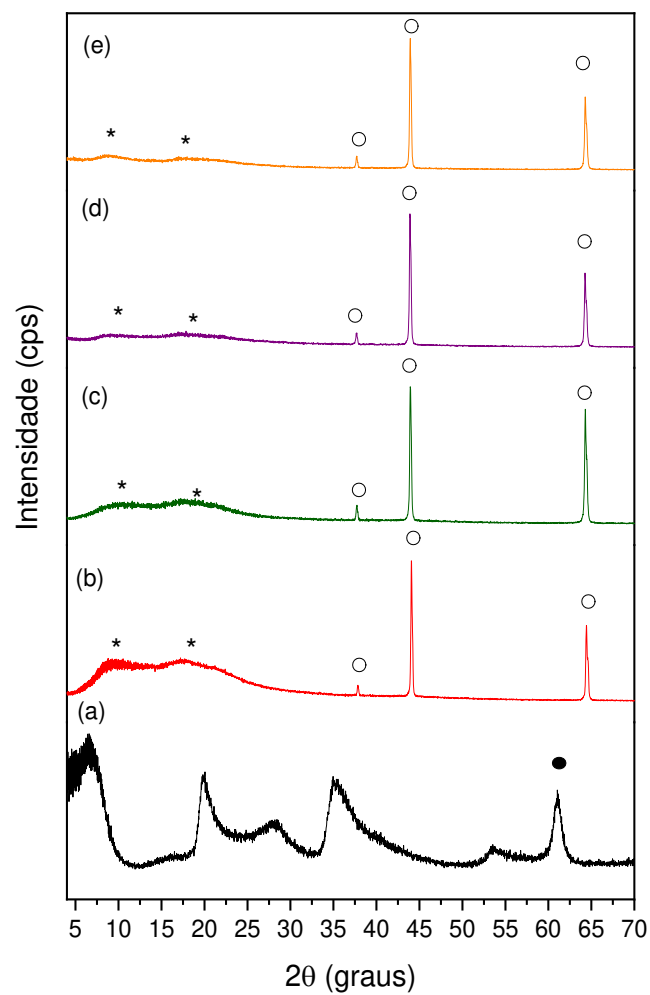
Para iniciar os bioensaios, folhas de tomateiro ‘Santa Clara’, foram cortadas e tiveram seu pecíolo imersos em água no interior de frascos de 50 mL, no gargalo dos frascos foi inserido algodão hidrofílico para evitar perdas evaporativas de água, mantendo a folha túrgida por mais tempo (7 dias). Em seguida foram aplicados os tratamentos à estas mudas. Os tratamentos foram os compostos químicos 3-TD, 2-TD, CAR e 2-UD submetidos a dois tipos de filmes: filme de acetato de celulose e filme de acetato de celulose com laponita. Além disso, um tratamento controle filme sem compostos químicos foi utilizado. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. Os filmes foram presos à folha de tomate, colocando em cada gaiola uma folha com o filme e o controle. Estas folhas foram acondicionadas em gaiolas e em seguida liberado 10 adultos de *T. absoluta*. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10% embebidas em algodão hidrofílico presos na parte superior da gaiola por um alfinete. Após 48 h (2 dias) e 144 h (6 dias) avaliou-se o número de ovos por folha. Os dados foram submetidos ao teste t pareado a  $p < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização dos materiais

#### 4.1.1 Difração de Raios X (DRX)

Os difratogramas de raios X dos biofilmes oriundos do acetato de celulose, laponita e aleloquímicos são apresentados na Figura 9.

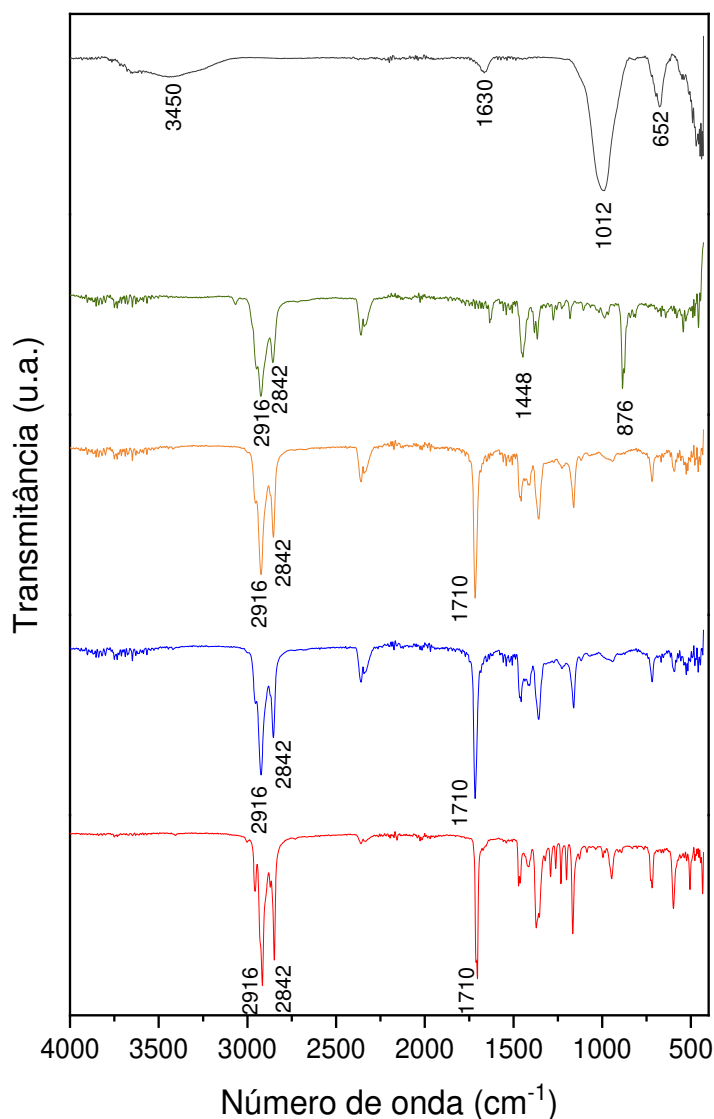


**Figura 9.** Difratogramas de raios X para (a) laponita; (b) acetato de celulose (c) filme de acetato de celulose; (d) filme de acetato de celulose com laponita; (e) filme de acetato de celulose com laponita e aleloquímico (2-UD). ○ = picos referentes ao porta-amostras de alumínio; ● = pico referente a laponita

A Figura 9(a) apresenta o DRX da laponita. Devido à alta natureza hidrofílica dessa argila o difratograma apresenta um pico largo acima do pico do espaçamento basal, relacionado à presença de íons  $\text{Na}^+$  ( $2\theta = 6,75^\circ$ ;  $d_{001}=1,31 \text{ \AA}$ ). Esse fenômeno é ocasionado pela presença de uma pseudo-camada de moléculas de água (valor próximo a  $2,5 \text{ \AA}$  de espessura) que rodeiam os cátions presentes no domínio interlamelar, acarretando um aumento no espaçamento basal detectado (BRIGATTI *et al.*, 2006). Para o AC (Figura 9b), o difratograma mostrou dois picos extremamente largos e de baixa intensidade  $2\theta$  entre  $8$  a  $25^\circ$ . Este padrão de difração é referente ao aparecimento de uma desordem no material devido à acetilação da celulose (\*). No difratograma da Figura 9(c) do filme de AC não se observou nenhuma variação em relação ao seu precursor. No filme de AC com a presença da laponita, Figura 9(d), também não houve variação no DRX, a presença matriz polimérica pode ter ocultado o pico referente a laponita. No difratograma da Figura 9(e), como já era esperado, a presença da 2-UD não apresentou padrão de cristalinidade, pois estes compostos carbônicos apresentam uma estrutura amorfa. Não foi apresentado o DRX dos outros aleloquímicos, pois este padrão se repetiu para todos.

#### ***4.1.2 Espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com acessório de refletância total atenuada (FTIR/ATR)***

Os espectros de FTIR/ATR para os materiais em estudo são apresentados na Figura 10.

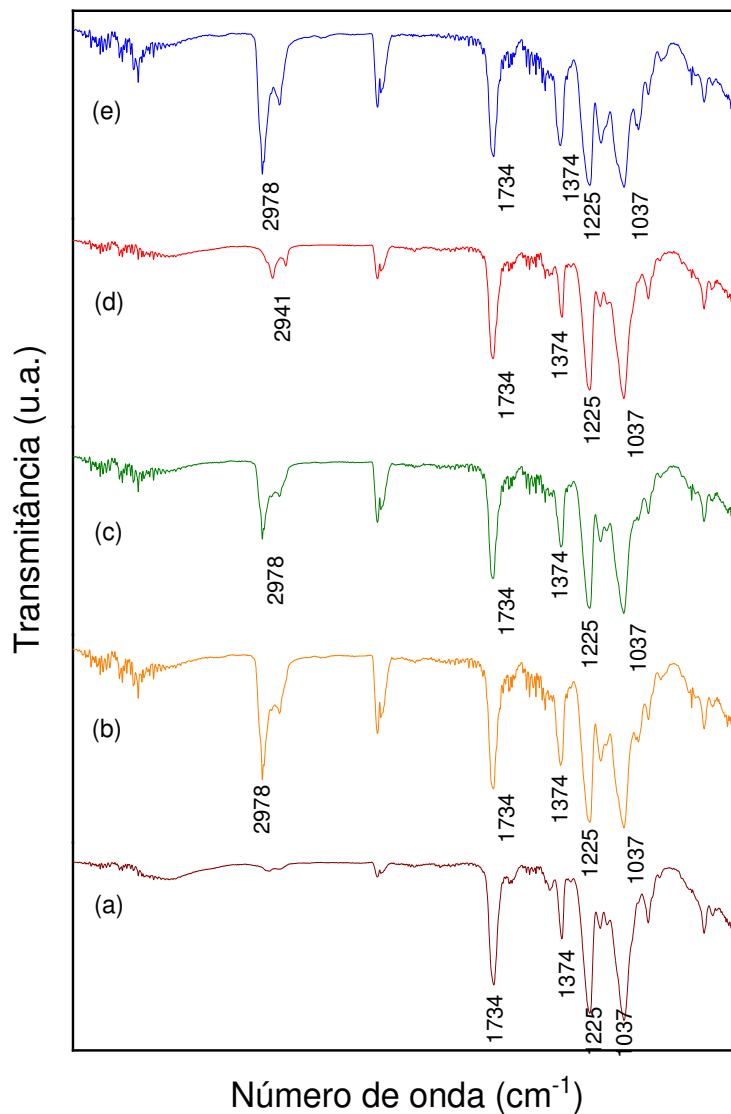


**Figura 10.** Espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com acessório de reflectância total atenuada (FTIR/ATR) para os padrões dos repelentes (a) 2-TD, (b) 2-UD, (c) 3-TD, (d) CAR (e) laponita.

As Figuras 10(a), 10(b) e 10(c) apresentam espectros de FTIR/ATR bastante similares, tendo em vista que estes compostos pertencem a mesma família. Há a presença de cetonas, por isso seus espectros possuem uma banda na região de  $1710\text{ cm}^{-1}$  referente ao estiramento vibracional do grupo carbonila (C=O). A absorção em  $2916\text{ cm}^{-1}$  e  $2842\text{ cm}^{-1}$  é característica de carbonos  $\text{sp}^3$  que fazem ligação com o hidrogênio. A Figura 10(d) apresenta uma banda em  $1448\text{ cm}^{-1}$  referente aos movimentos vibracionais do grupo  $\text{CH}_2$ , e em  $876\text{ cm}^{-1}$  refere-se a

ligação dupla característica à estrutura do  $\beta$ -cariofileno. A Figura 10(e) referente a análise FTIR da laponita mostraram bandas associadas ao alongamento de  $Mg_3OH$  ( $3684\text{ cm}^{-1}$ ), alongamento OH ( $3450$  e  $1630\text{ cm}^{-1}$ ) de moléculas de  $H_2O$  adsorvidas na hectorita e alongamento de Si-O ( $1012$  e  $652\text{ cm}^{-1}$ ) (BERNARDINO; CONSTANTINO; FARIA, 2018; HERRERA et al., 2004)

Os espectros dos filmes de acetato de celulose incorporados com os repelentes e laponita (FACL) são mostrados na Figura 11. Não houve diferenciação nos espectros para os FAC sem a presença da laponita, isso pode ser dado pelo fato de ter ocorrido um efeito de diluição na matriz polimérica, assim as bandas da laponita podem ter sido suprimidas pelas bandas do composto orgânico.



**Figura 11.** Espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com acessório de reflectância total atenuada (FTIR/ATR) para os filmes: (a) FACL, (b) FACL-2-TD, (c) FACL-2-UD, (d) FACL-3-TD, (e) FACL-CAR.

O espectro de FTIR/ATR para o FACH (Figura 11a) mostra uma banda em  $1.741\text{ cm}^{-1}$ , típica da formação das cadeias de AC, atribuída ao estiramento vibracional de grupos carbonila (C=O) de ésteres presentes na molécula do AC. Outras bandas características para este material também foram observadas, dentre elas podem-se destacar duas, uma em  $1.037\text{ cm}^{-1}$  relacionada a modos vibracionais da ligação C-O-C e outra em  $1.225\text{ cm}^{-1}$  pelo estiramento da ligação C-O, ambos presentes na molécula de AC. Uma pequena banda foi observada em  $1.371\text{ cm}^{-1}$  que pode ser associada ao estiramento da ligação C-H de grupos  $\text{-CH}_3$  presentes em radicais do acetato. Nas Figuras 11(b), 11(c), 11(d) e 11(e), referente aos biofilmes contendo os aleloquímicos (2-TD, 3-TD, 2-UD, CAR) há o aparecimento em todos os espectros de uma banda na região de  $2978\text{ cm}^{-1}$ . O aparecimento dessa banda pode ser associado à presença dos mesmos nos biofilmes. na Figura 9.

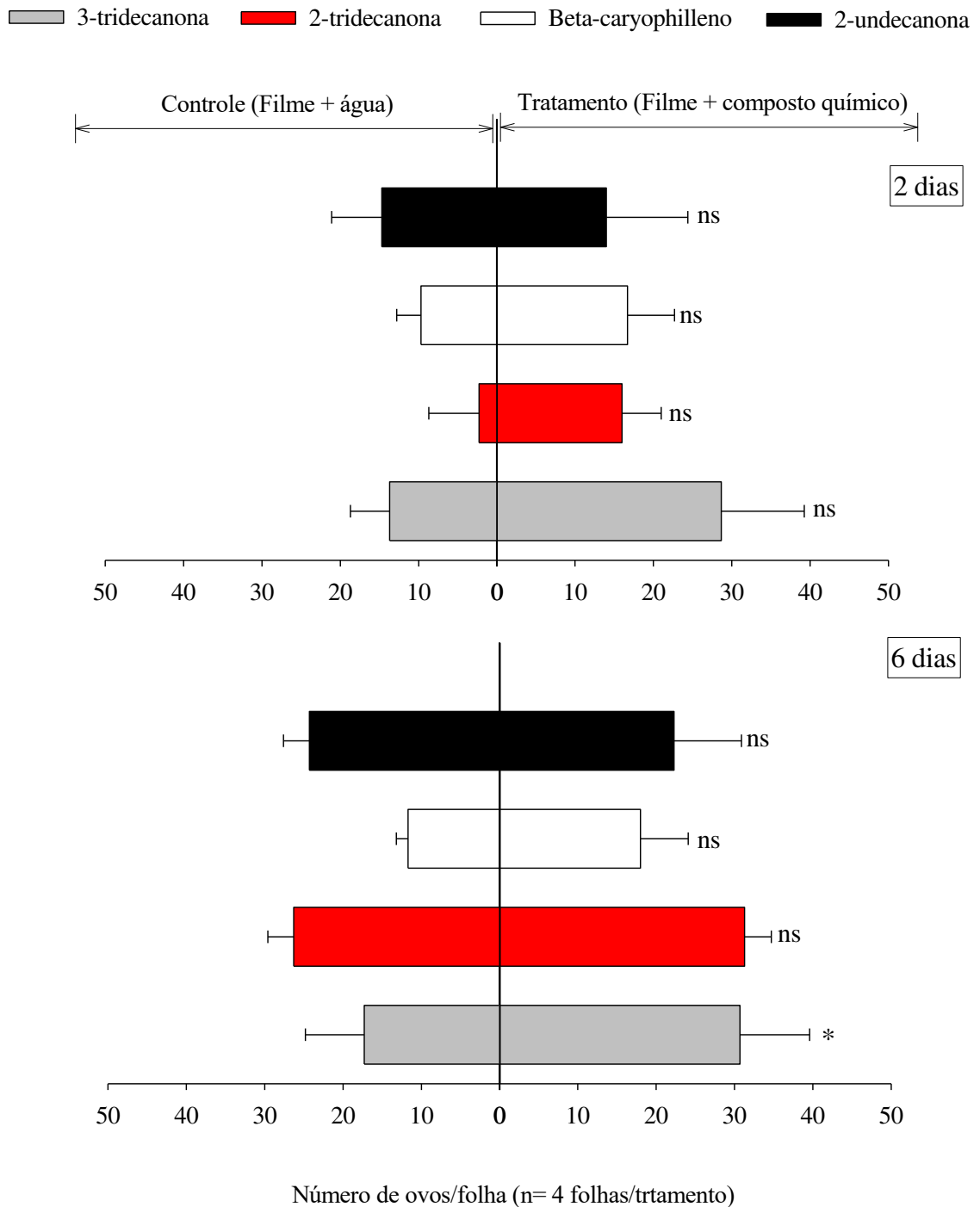
## 5. Bioensaio

O tratamento com o FAC contendo 3-tridecanona proporcionou maior atratividade (p-valor  $< 0,001$ ) aos 6 dias após a liberação dos adultos. O número de ovos de *T. absoluta* foi 1,8 vezes maior em comparação ao filme controle. Os demais compostos não apresentaram diferença significativa (Figura 11). O tratamento com FACH contendo 2-undecanona e 3-tridecanona proporcionaram repelência significativa (p-valor  $< 0,001$ ). O número de ovos de *Tuta Absoluta* foi 3,8 e 2,5 vezes menor nos filmes contendo 2-undecanona e 3-tridecanona, respectivamente, do que o controle. Os demais compostos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos e o controle (Figura 12).

Os resultados evidenciaram que, quando ocorre alteração da composição do filme de AC, a funcionalidade dos compostos químicos repelentes se alteram. Quando se utiliza o filme de AC com laponita, dois compostos apresentaram diferença significativa em repelência em relação ao controle. A 3-tridecanona apresentou efeito de atratividade associada ao filme de AC normal e de repelência quando associada ao filme de AC com a laponita. Esta diferença pode ser devida a taxa de liberação dos terpenóides ser diferente entre os filmes afetando de forma diferenciada o comportamento de oviposição de *Tuta Absoluta*. Essa teoria pode ser verdadeira, porque insetos são afetados diretamente pela concentração de compostos

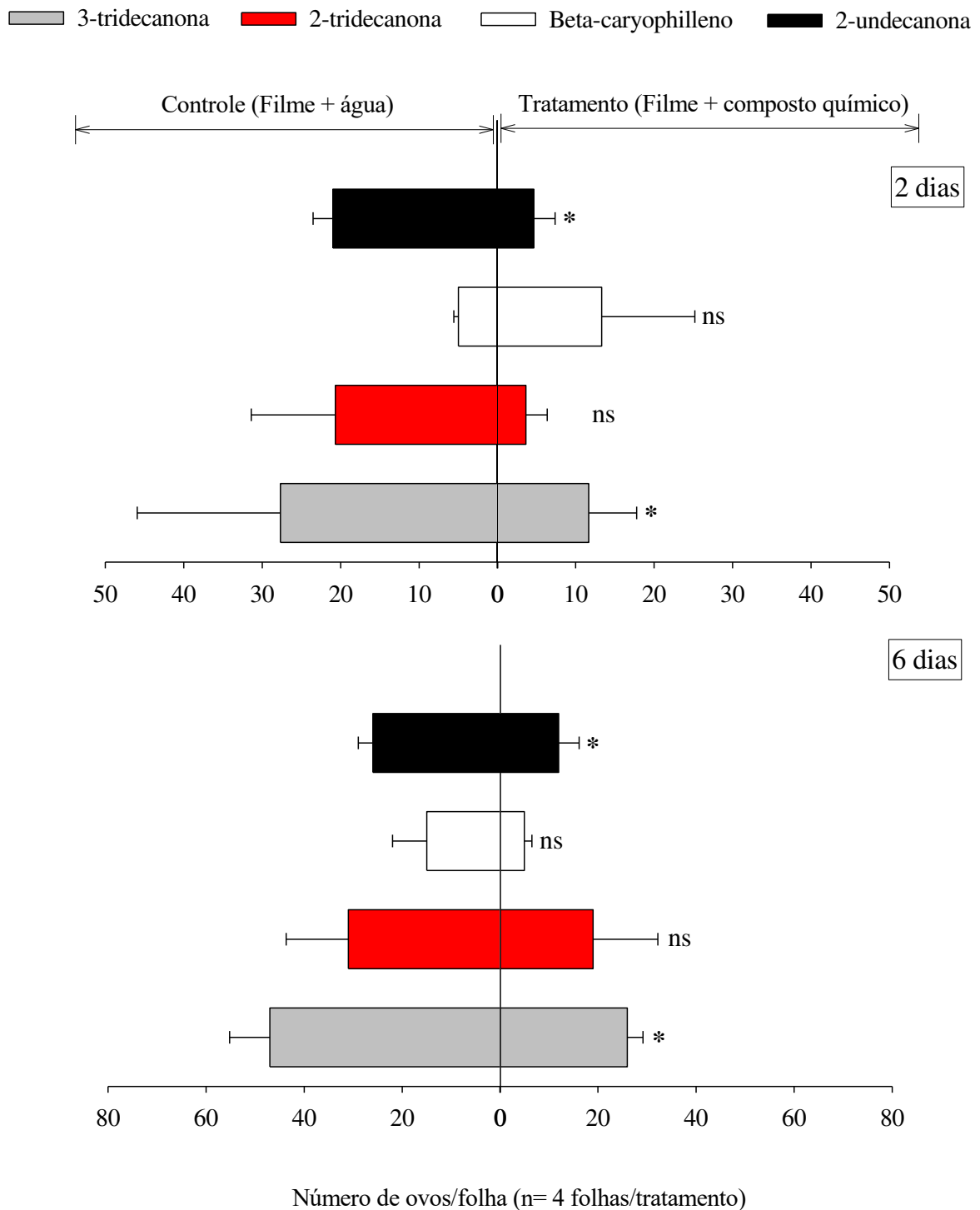
voláteis (Boncan et al. 2020; Navia-Giné et al. 2009, Dudareva et al. 2004). Um mesmo volátil pode ter efeito repelente ou atraente à depender da espécie de insetos e concentração no ar (Boncan et al. 2020).

Assim, este estudo direciona o uso do filme de AC para ser utilizado associado à 3-tridecanona em aplicações no campo para serem repelentes à *Tuta Absoluta*, e associado a laponita com 3-tridecanona ou 2-undecanona para serem utilizados em armadilhas atrativas para adultos de *Tuta absoluta*.



**Figura 12.** Bioensaio com FAC. Média  $\pm$  erro padrão do número de ovos de *Tuta absoluta*/folha de tomateiro em função dos tratamentos com e sem compostos químicos. O símbolo de (\*) mostra diferença significativa entre o tratamento controle (filme sem composto químico) e o tratamento de filme com composto químico pelo teste t (p-valor < 0,05). ns= não significativo pelo teste t (p-valor < 0,05).

Neste ensaio, com 2 dias de tratamento não houve resultados significativos em nenhum dos tratamentos. Já com 6 dias de estudo, o FAC contendo a 3-TD mostrou um resultado significativo, havendo maior número de ovos no folíolo contendo o biofilme com o tratamento. Desta forma, este biofilme atuou como um atrativo para a *Tuta Absoluta*, demonstrando que este resultado, pode ser uma excelente opção de aplicação do FAC contendo 3-TD, podendo afastar os insetos da plantação através de armadilhas. Uma busca na literatura mostrou que já existem estudos que revelam o emprego de armadilhas luminosas na captura de adultos desta praga. Armadilhas luminosas são destinadas a atrair e capturar insetos de voo noturno fototrópicos positivos (OLIVEIRA, 2008). Diante disto, seria possível o emprego de uma armadilha com a presença de um FAC contendo 3-TD, o qual demonstrou potencial para atrair a praga do tomateiro.



**Figura 13.** Bioensaio com FACL. Média  $\pm$  erro padrão do número de ovos de *Tuta absoluta*/folha de tomateiro em função dos tratamentos com e sem compostos químicos. O símbolo de (\*) mostra diferença significativa entre o tratamento controle (filme sem composto químico) e o tratamento de filme com composto químico pelo teste t ( $P < 0,05$ ). ns= não significativo pelo teste t ( $P < 0,05$ )

Os resultados deste bioensaio demonstraram que a presença da laponita deu outra funcionalidade ao biofilme. Neste caso, a função do mesmo é repelir os insetos, podendo ser utilizado diretamente na lavoura de tomates. Com isso, vale ressaltar a utilidade que os biofilmes em estudo demonstraram, podendo ser utilizados tanto como atrativo, tanto como repelente. É notório que a utilização dos biofilmes são ambientalmente mais favoráveis que inseticidas sintéticos utilizados no mercado, afinal o descarte dos mesmos pode ocorrer no próprio ambiente de plantio.

## 6. CONCLUSÕES

O método *casting* possibilitou a síntese de biofilmes de acetato de celulose incorporados com laponita e os aleloquímicos: 2-undecanona, 2-tridecanona, 3-tridecanona e  $\beta$ -cariofileno.

As técnicas de caracterização utilizadas (DRXP e FTIR-ATR) forneceram informações sobre cristalinidade, composição e estrutura dos precursores e do produto final indicando a presença dos mesmos após a síntese dos biofilmes. Foi verificado ainda, que não foi possível notar a presença de bandas relativas a laponita no biofilme após a sua esfoliação.

O bioensaio foi esclarecedor e trouxe informações a cerca da efetividade dos biofilmes para o controle da *Tuta Absoluta*. Os resultados mostraram que o FAC incorporado com a 3-tridecanona apresentou comportamento de atratividade e os FACL, incorporados com 2-undecanona e 3-tridecanona exibiram uma finalidade de repelência. Dessa forma, presença da laponita sugere que a mesma pode ter exercido um papel importante para diminuir a velocidade de saída dos gases, através do seu efeito “labirinto” contribuindo significativamente para que a repelência do filme ocorra de forma mais lenta.

Portanto, com base nos resultados foi possível concluir que os biofilmes contendo 2-tridecanona e  $\beta$ -cariofileno não apresentaram resultados de repelência/atratividade estatisticamente significativos, em nenhum dos filmes. O FAC contendo 3-TD apresentou atratividade satisfatória. O FACH contendo 2-UD e 3-TD mostraram-se competentes para a repelência da praga do tomateiro.

## 7. REFERÊNCIAS

RAJU, Adhikari *et al.* . **Prefomed and sprayable polymeric mulch film to improve agricultural water use efficiency.** 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/295394665\\_Prefomed\\_and\\_sprayable\\_polymeric\\_mulch\\_film\\_to\\_improve\\_agricultural\\_water\\_use\\_efficiency](https://www.researchgate.net/publication/295394665_Prefomed_and_sprayable_polymeric_mulch_film_to_improve_agricultural_water_use_efficiency). Acesso em: 18 jul. 2020.

AZEVEDO, T.L.F; BERTONHA, A; GONÇALVES, A.C.A. Uso de Hidrogel na Agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31, 2002. Acesso em: <[www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol1/3\\_artigo\\_v1.pdf](http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol1/3_artigo_v1.pdf)>

BENITES, Bottega Daline. **Atratividade, consumo e mortalidade de Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro tratado com óleo de Melia azedarach.** 2018. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0871-018X2018000200019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0871-018X2018000200019&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 18 jul. 2020.

BOTTEGA, Daline Benites. Resistência de genótipos de tomateiro a Tuta absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) e efeito no comportamento e desenvolvimento de podisus nigrispinus (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae). 2013. vi, 83 p. **Tese (doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/102280>>.

BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.6.2 (2011) 127-139 ISSN 1809-8797, [S. 1.], p. 127-139, 30 set. 2011. Disponível em: [www.etecgv.com.br/docs/atividades/quimica](http://www.etecgv.com.br/docs/atividades/quimica). Acesso em: 20 jun. 2020.

B, Dimock M; KENNEDY, G G. **Toxicity studies of analogs of 2-tridecanone, a naturally occurring toxicant from a wild tomato.** Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00994783>. Acesso em: 18 jul. 2020.

DUKE J.A., 1992 Handbook of Biologically Active Phytochemicals and their Activities, CRC Press: **Boca Raton.**

DUSI, D. M. Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* CV. BASILISK, em dois diferentes substratos. 2005. 83f. **Dissertação** (Mestrado Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

Fechine, G. J. M. A Era dos Polímeros Biodegradáveis. **Plástico Moderno**. n. 423, 2010.

FERNANDES, J. P. S. et al. Efetividade de inseticidas no controle de *Oebalus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz irrigado. **Embrapa**, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1023924>. Acesso em: 20 jun. 2020.

FRANÇA, F. H. Por quanto tempo conseguiremos conviver com a traça-do-tomateiro? **Horticultura Brasileira**, v. 11, p. 176-178, 1993.

GILARDÓN, Elsa et al. Papel da 2-tridecanona e dos tricomas glandulares tipo VI na resistência do tomateiro a *Tuta absoluta*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2001. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/6213/0>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Gonçalves, S. P. C.; Chinaglia, D. L. & Martins-Franchetti, S. M. J. – **Polym Environ.**, 17, p.280 (2009).

E, Haslam. **Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible modes of action**. 1996. Disponível em: <http://europepmc.org/article/med/8991956>. Acesso em: 18 jul. 2020.

HMDB. Showing metabocard for 2-Tridecanone. 2012. Disponível em: <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0034148>. Acesso em: 20 jun. 2020.

KANG R., HELMS R., STOUT M.J., JABER H., NAKATSU T., 1992. Vietnamese culinary herbs in the United States. **J Agric Food Chem** 40: 2328-2332.

KATIME, I.A.; KATIME, O.; KATIME, D. Materiales Inteligentes: Hidrogeles Macromoleculares. Algunas Aplicaciones Biomédicas. **Anales de la real Sociedad Española de Química**. Segunda Época Octubre-Diciembre, 2005.

KEELER R.F., Tu AT, 1991. Toxicological of Plant and Fungal Compounds; Handbook of Natural Toxins; **Marcel Dekker**: Nova York,c p. 665.

Z, Khan. **Push-Pull: Chemical Ecology-Based Integrated Pest Management Technology**. 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10886-016-0730-y>. Acesso em: 18 jul. 2020.

KIM, S.-I. et al. Toxicity and repellency of origanum essential oil and its components against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 369-373, 2010.

KUMAR, M.; MOHANTY, S.; NAYAK, S. K.; PARVAIZ, M. R. Effect of glycidyl methacrylate (GMA) on the thermal, mechanical and morphological property of biodegradable PLA/PBAT blend and its nanocomposites. *Bioresource Technology*. **Bioresour Technol**, IV. 101, n.21, 2010.

MACHADO, Rafael. Polímeros Biodegradáveis: Aplicação na Agricultura e sua Utilização como Alternativa para a Proteção Ambiental. **Revista Agrogeoambiental**. 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/268368638\\_Polimeros\\_Biodegradaveis\\_Aplicacao\\_na\\_Agricultura\\_e\\_sua\\_Utilizacao\\_como\\_Alternativa\\_para\\_a\\_Protecao\\_Ambiental](https://www.researchgate.net/publication/268368638_Polimeros_Biodegradaveis_Aplicacao_na_Agricultura_e_sua_Utilizacao_como_Alternativa_para_a_Protecao_Ambiental). Acesso em: 22 jun. 2020.

MAMANN; W, Ângela T. **Diffuse system simulating wheat productivity by nitrogen and temperature in the use of biopolymers**. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662020000500289&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662020000500289&script=sci_abstract). Acesso em: 18 jul. 2020.

M, Maroneze D; N, Gallegos D M. **Efeito de extrato aquoso de Melia azedarach no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de Spodoptera frugiperda**. 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744093003.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; DRZAL, L. T.; SELKE, S. E.; HARTE, B. R.; HINRICHSEN, G. Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites: An Introduction. In: Mohanty, A. K.; Misra, M.; Drzal, L. T. Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites. **Boca Raton: Taylor & Francis**, 2005.

MOLITERNO, Antonioni. Identificação do feromônio de agregação da broca do morangueiro: *Lopioa insularis* (Castelnau, 1840) (Coleoptera: Nitidulidae) e sua aplicação em testes de campo. **Dissertação**, 2017. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/49056>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MUSZINSKI, T.; LAVENDOWSKI, I. M.; MASCHIO, L. M. A. Constatação de *Scrobipalpa absoluta* (Meyrick, 1917) (*Gnorimoschema absoluta*) (Lepidoptera: Gelechiidae), como praga do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), no litoral do Paraná. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 11, p.291-292, 1982.

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. 2004, vol.8, n.1, pp. 160-163. ISSN 1415- 4366. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a23.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a23.pdf)>

ORLANDA, José. ESTUDO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Ruta graveolens* Linneau (RUTACEAE). **Tese de Doutorado**, 2011. Disponível em: [http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/teses/2011/Tese\\_Jose\\_FF\\_Orlanda.pdf/view](http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/teses/2011/Tese_Jose_FF_Orlanda.pdf/view). Acesso em: 20 jun. 2020.

PIRES, Nádja de Moura; OLIVEIRA, Valter Rodrigues. Alelopatia. 2011. **EMBRAPA Digital**, Capítulo 5. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/910833/1/BMPDcap5.pdf>>.

S, Ray S.; M., Bousmina. **Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: In greening the 21st century materials world**. 2005. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aakposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1883058](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aakposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1883058). Acesso em: 18 jul. 2020.

M, Shimizu. **Quantity estimation of some contaminants in commonly used medicinal plants.** Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-695X2010000400021](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2010000400021). Acesso em: 18 jul. 2020.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. Principais pragas de tomate para mesa: Biologia, dano e controle. **Informe Agropecuário**, v. 24, p. 79-92, 2003.

THOMAZINI, Marcílio José. A Comunicação Química entre os Insetos: Obtenção e Utilização de Feromônios no Manejo de Pragas. 2009. **EMBRAPA Digital**, Capítulo 17. Disponível em < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56267/1/CAP-Marcilio.pdf>>.

Tropea-garzia G. *et al.* **Tuta absoluta, a South American pest of tomato now in the EPPO region: Biology, distribution and damage.** 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/epp.2556>. Acesso em: 18 jul. 2020.

TURCHIN, P.; ODENDAAL, F.J. Measuring the Effective Sampling Area of a Pheromone Trap for Monitoring Population Density of Southern Pine Beetle (Coleoptera: Scolytidae). **Environ Entomol.** V. 25. P. 582-588, 2014.

VILLAS BÔAS, G. L.; BRANCO, M. C. Manejo integrado da mosca-branca (B. tabaci biótipo B) em sistema de produção integrada de tomate indústria (PITI). Brasília: Embrapa Hortaliças, **Circular Técnica**, 70. 2009.16p.

G.Q., Zheng *et al.* **Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines.** 1992. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-879X2000000200004](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-879X2000000200004). Acesso em: 18 jul. 2020.

MALINCONICO, Mario et al. An overview on innovative biodegradable materials for agricultural applications. **Progress in polymer degradation and stability research**, p. 69-114, 2008.

ADHIKARI, Raju et al. Preformed and sprayable polymeric mulch film to improve agricultural water use efficiency. **Agricultural water management**, v. 169, p. 1-13, 2016.

IMMIRZI, Barbara et al. Preparation, characterisation and field-testing of a biodegradable sodium alginate-based spray mulch. **Biosystems engineering**, v. 102, n. 4, p. 461-472, 2009.

EKEBAFE, L. O.; OGBEIFUN, D. E.; OKIEIMEN, F. E. Polymer applications in agriculture. **Biokemistri**, v. 23, n. 2, 2011.

BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.

DE LIMA, Rafael Machado Felix; DE SOUZA, Valdomiro Vagner. Polímeros Biodegradáveis: Aplicação na agricultura e sua utilização como alternativa para a proteção ambiental. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, n. 1, 2011.

Navia-Giné WG, Yuan JS, Mauromoustakos A, Murphy JB, Chen F, Korth KL. Medicago truncatula (E)- $\beta$ -ocimene synthase is induced by insect herbivory with corresponding increases in emission of volatile ocimene. *Plant Physiol Biochem* 2009; 47:416–25; PMID: 19249223; DOI: 10.1016/j.plaphy.2009.01.008

Dudareva N, Pichersky E, Gershenzon J. Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiol* 2004; 135:1893-902.

**Delbert Almerick T. Boncan 1,2,y, Stacey S.K. Tsang 3,y, Chade Li 3, Ivy H.T. Lee 3, Hon-Ming Lam 1,2,\* , Ting-Fung Chan 1,2,\* and Jerome H.L. Hui Terpenes and Terpenoids in Plants: Interactions with Environment and Insects. Int. J. Mol. Sci. 2020, 21, 7382; doi:10.3390/ijms21197382**

ALMEIDA, V. S.; DELAZARI, F. T.; NICK, C.; ARAÚJO, W. L.; SILVA, D. J. H. Optimizing yields in tomato cultivation: maximizing tomato plant use of resources Universidade Federal de Viçosa, Brazil. In: **Achieving sustainable cultivation of tomatoes**. Burleigh Dodds Science Publishing, 2017. p. 45-62.

CAPELLO, Cristiane et al. Desenvolvimento de biohíbrido à base de antocianina da casca de berinjela (*Solanum melongena* L.) e Laponita®: estudo da cinética de adsorção/dessorção, caracterização morfológica e físico-química. 2020.

LUNS D. A. R. Caracterização química e eficácia de extratos veetais associados a biofilme no controle *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (CANESTRINI, 1887). 2015

SILVA, Flávia Benini da Rocha. Avaliação dos componentes de óleos essenciais 1,8-cineol,  $\beta$ -cariofileno e  $\alpha$ -humuleno como possíveis repelentes para *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae). 2014. 29 f. , 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/124205>>.

BUENO, Vanda HP et al. Controle biológico em cultivo protegido. **Defensivos Agrícolas Naturais**, p. 457, 2016.

PEROTTI, Gustavo Frigi. **Nanocompósitos orgânico-inorgânicos de polímero biodegradável e estruturas lamelares**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.