

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS EM
PLANTAS DE ALFACE INDUZIDAS POR INSETICIDAS
UTILIZADOS PARA CONTROLE DE TRIPES**

**Alessandra Simone Santos de Oliveira Flor
Engenheira Agrônoma**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS EM
PLANTAS DE ALFACE INDUZIDAS POR INSETICIDAS
UTILIZADOS PARA CONTROLE DE TRIPES**

Discente: Alessandra Simone Santos de Oliveira Flor

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

F632a

Flor, Alessandra Simone Santos de Oliveira

Alterações bioquímicas e fisiológicas em plantas de alface induzidas por inseticidas utilizados para controle de tripses / Alessandra Simone Santos de Oliveira Flor. -- Jaboticabal, 2021

106 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Marcelo da Costa Ferreira

1. Estresse abiótico. 2. Hortaliças. 3. Trips. 4. Azadirachta indica. 5. Metarhizium anisopliae. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal




CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE: ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE ALFACE INDUZIDAS POR INSETICIDAS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE TRIPES


AUTORA: ALESSANDRA SIMONE SANTOS DE OLIVEIRA FLOR

ORIENTADOR: MARCELO DA COSTA FERREIRA


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. CÂNDIDO FERREIRA DE OLIVEIRA NETO (Participação Virtual)
Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal Rural da Amazônia - Belém/PA


Prof. Dr. JÁIRO OSVALDO CAZETTA (Participação Virtual)
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. WELLITON DE LIMA SENA (Participação Virtual)
IFPA-Campus Castanhal / Castanhal/PA


Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Solos e Adubos) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 11 de dezembro de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ALESSANDRA SIMONE SANTOS DE OLIVEIRA FLOR – filha de Almir Conceição de Oliveira e Dalva Maria dos Santos de Oliveira, mãe de Ana Gabrielle Oliveira Flor e Apollo Roque Oliveira Flor, nasceu em Belém do Pará, Brasil, no dia 15 de março de 1981. Em fevereiro de 2001 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus Belém, concluindo-o em outubro de 2005. Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) de fevereiro de 2001 a outubro de 2005. Foi responsável técnica (Engenheira Agrônoma) da Empresa Superdream saneamento ambiental S.A, de outubro de 2005 a novembro de 2006, no mesmo mês novembro de 2006 foi aprovada em concurso público na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (EMATER-PARÁ) para exercer o cargo de Extensionista Rural I (Engenheira Agrônoma), trabalhando nos municípios de Conceição do Araguaia, Tucumã e Marabá- Pará até junho de 2011. No mesmo mês junho de 2011 foi aprovada em concurso público para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) para exercer o cargo de Docente trabalhando nos Campi de Altamira, Abaetetuba e atualmente em Castanhal-Pará exercendo a docência até os dias atuais. Em agosto de 2012 iniciou os estudos no Programa de Pós-graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia pela Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil, obtendo o título de mestre em março de 2014. Em fevereiro de 2018 iniciou o doutorado em Produção Vegetal pelo programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Submetendo-se a defesa de tese em 11 de dezembro de 2020.

“As pessoas mais interessantes que você encontrará são aquelas que não se encaixam em sua caixa... Elas farão o que precisar, elas farão suas próprias caixas”

TEMPLE GRANDIN

Ao meu esposo Roque Flor e aos meus filhos Ana Gabrielle e Apollo Roque sem vocês não seria possível realizar este trabalho em tempos tão sombrios de pandemia da Covid-19, eu os amo mais que tudo nessa vida, obrigada pela força e paciência.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de engradecer meus conhecimentos e principalmente pela força dada a mim em todos os momentos difíceis desta caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Ao Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará- Campus Castanhal – IFPA pela liberação para finalizar a Tese.

Ao Professor Roberto Lima (Bob Fahrenheit) pelo empenho em firmar o convênio DINTER, que me oportunizou adentrar neste programa de Pós-graduação. Aqui o meu muito obrigada professor (*in memoriam*)

Ao meu esposo Roque Flor pela total parceria, dedicação e companheirismo em todo o trajeto na construção desta Tese, obrigada por tudo meu amor.

Aos meus filhos Ana Gabrielle e Apollo Roque, que mesmo em épocas de pandemia, onde eu tinha que escrever uma Tese, ser professora de educação infantil e ensino fundamental e dona de casa, foram crianças maravilhosas e tudo deu certo.

Ao meu orientador Professor Dr. Marcelo da Costa Ferreira, pelos ensinamentos durante o curso de Pós-graduação, mestre meu muito obrigada.

Ao amigo Prof. Dr. Welliton de Lima Sena pela disponibilidade de infraestrutura, equipamentos, sementes e fertilizantes utilizados na pesquisa através de sua Hidroponia Maria Sena SA.

Aos meus pais Almir Oliveira e Dalva Oliveira pelo apoio mesmo distante sempre presente em meu coração.

Ao amigo Dr. Cândido Oliveira Neto professor da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) pela disponibilização do laboratório de Fisiologia de Plantas Superiores para realização das análises bioquímica da pesquisa.

Aos amigos Dr. Gerson Albuquerque pela contribuição nas análises estatísticas e a Dra. Myriam Neves pela valiosa ajuda para realização das análises bioquímicas.

Ao Núcleo de estudos e Desenvolvimento de Tecnologia de Aplicação (NEDTA) pela disponibilidade de infraestrutura, equipamentos e reagentes utilizados de uma das etapas da pesquisa.

Aos novos amigos Gabriela Pelegrini, Ana Beatriz Dilena Spadoni e Pedro Henrique Urack Ferreira por suas contribuições no processamento de amostras e manuseio dos equipamentos do laboratório.

Aos meus dedicados alunos Felipe Vilhena e Felipe Moura pela valiosa contribuição na coleta de dados e processamento de amostras.

Obrigada, obrigada, obrigada!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- Considerações Gerais 1

1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	4
2.1 A cultura da alface	4
2.2 O tripses da alface.....	5
2.3 Monitoramento e controle de Pragas	6
2.4 Produtos fitossanitários e seus efeitos na fisiologia e bioquímica nas plantas	7
2.5 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	8
Referências	10

CAPÍTULO 2: Monitoramento de tripses em alface hidropônico: identificando o melhor inseticida e os custos para controle..... 15

1. Introdução	17
2. Material e Métodos	18
3. Resultados	21
3.1 Monitoramento, tomada de decisão e controle	21
3.2 Custos para o controle de ninfas e adultos de tripses.....	26
4. Discussão	28
5. Conclusão	30
Referências	31

CAPÍTULO 3: Inseticidas alteram as variáveis bioquímicas e fisiológicas de plantas de alface em cultivo hidropônico? 33

1. Introdução	35
2. Material e métodos	38
3. Resultados	45
3.1 Inseticidas químicos e biológicos nas variáveis bioquímicas de alface hidropônica	45
3.2 Inseticidas químicos e biológicos nas variáveis fisiológicas de crescimento de alface hidropônica	53
4. Discussão	57
Efeito dos inseticidas químicos e biológicos nas variáveis fisiológicas de crescimento de alface hidropônica	62
5. Conclusão	63
Referências	64

Capítulo 4 - Considerações finais..... 70

ANEXOS.....72

ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE ALFACE INDUZIDAS POR INSETICIDAS UTILIZADOS PARA CONTROLE DE TRIPES

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de inseticidas em doses distintas na bioquímica e fisiologia na alface hidropônica, cv. Solaris. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em fatorial 4x5+1 com os inseticidas (imidacloprido, cipermetrina, extrato aquoso de folha de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) e o fungo entomopatogênico (*Metarhizium anisopliae* Metsch.), cinco doses de cada produto e um tratamento controle, com quatro repetições. Foram monitorados os insetos e calculados os índices de mortalidade sob efeito destes produtos com posterior análise bioquímica e fisiológica das plantas. Ao 12º dia após a segunda pulverização foi realizado o monitoramento do inseto e posterior avaliação dos parâmetros bioquímicos: teores de açúcares redutores (AR); carboidratos solúveis totais (CST); NO_3^- ; NH_4^+ ; sacarose (Sac); clorofila *a* (Chls *a*), *b* (Chls *b*) e total (Chls total); carotenoides (Cars) e antocianina (Anths); aminoácidos solúveis totais (AA); proteínas solúveis (PS); prolina (Pro) e glicina betaína (GB) e as variáveis fisiológicas de crescimento: massa seca da raiz (MSR); massa seca das folhas (MSF); massa seca da parte aérea (MSPa) e área foliar (AF). Os resultados apresentados evidenciaram que o inseticida extrato aquoso de folha de nim na dose de 1,00 mL L⁻¹ alterou as variáveis bioquímicas apresentando elevados teores de CST, PS e Anths, além de aumentar a área foliar na mesma dose. O fungo entomopatogênico *M. anisopliae* também promoveu alterações bioquímicas em plantas de alface hidropônica nas doses 1,25 e 1,50 mL L⁻¹ promovendo altos teores para as variáveis AR, CST, PS, Anths, Sac, Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas e baixos teores de NO_3^- (raízes e folhas) e NH_4^+ (folhas), o que proporcionou o incremento das variáveis fisiológicas MSR (19,38 e 14,88 g), AF (43,97 e 46,85 dm²), MSF (18,26 e 18,35 g) e MSPa (22,31 e 18,00 g). De modo diferente dos resultados com os produtos biológicos, plantas pulverizadas com produto químico imidacloprido apresentaram altos teores de NO_3^- (raízes) e NH_4^+ (raízes e folhas), elevados teores de Pro e GB (raízes e folhas), especialmente nas doses 1,25 mL L⁻¹ e 1,50 mL L⁻¹. Por outro lado, apresentou elevados teores de Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas, o que não favoreceu aos parâmetros fisiológicos de crescimento. A cipermetrina não teve destaque para nenhum dos parâmetros bioquímicos e fisiológicos de crescimento nas plantas. Plantas de alface para serem consideradas seguras para o consumo devem estar isentas de qualquer composto ou produto químico que possa provocar danos à saúde ao homem. Logo, altos teores de NO_3^- e NH_4^+ nas folhas são um indicativo de desregulação no metabolismo provocado por inseticidas.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, *Frankliniella schultzei*, *Azadirachta indica*, Neonicotinoides, Piretroides, Estresse por produtos fitossanitários.

BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL CHANGES IN LETTUCE PLANTS INDUCED BY INSECTICIDES USED FOR THRIPS CONTROL

ABSTRACT – The objective of the work was to evaluate the effects of insecticides in different doses on biochemistry and physiology in hydroponic lettuce, cv. Solaris. The experimental design used was in randomized blocks in a 4x5 + 1 factorial with the insecticides (imidacloprid, cypermethrin, aqueous neem leaf extract (*Azadirachta indica* A. Juss) and the entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae* Metsch.), Five doses of each product and a control treatment, with four replications. Insects were monitored and mortality rates under the effect of these products were calculated with subsequent biochemical and physiological analysis of the plants. On the 12th day after the second spraying, the insect was monitored and parameters were evaluated biochemicals: content of reducing sugars (AR); total soluble carbohydrates (CST); NO₃⁻; NH₄⁺; sucrose (Sac); chlorophyll *a* (Chls *a*), *b* (Chls *b*) and total (Chls total); carotenoids (Cars) and anthocyanin (Anths); total soluble amino acids (AA); soluble proteins (PS); proline (Pro) and glycine betaine (GB) and the physiological growth variables: dry root mass (MSR); dry leaf mass (MSF); dry mass of aerial part (MSPa) and leaf area (AF). The results presented showed that the insecticide aqueous extract of neem leaf in the dose of 1,00 mL L⁻¹ changed the biochemical variables presenting high levels of CST, PS and Anths, in addition to increasing the leaf area in the same dose. The entomopathogenic fungus *M. anisopliae* also promoted biochemical alterations in hydroponic lettuce plants at doses 1,25 and 1,50 mL L⁻¹ promoting high levels for the variables AR, CST, PS, Anths, Sac, Chls *a*, *b* and total and Cars in leaves and low levels of NO₃⁻ (roots and leaf) and NH₄⁺ (leaf), which provided an increase in the physiological variables MSR (19,38 and 14,88 g), AF (43,97 and 46,85 dm²), MSF (18,26 and 18,35 g) and MSPa (22,31 and 18,00 g). Differently from the results with biological products, plants sprayed with imidacloprid chemical showed high levels of NO₃⁻ (roots) and NH₄⁺ (roots and leaf), high levels of Pro and GB (roots and leaf), especially in doses 1,25 mL L⁻¹ and 1,50 mL L⁻¹. On the other hand, it showed high levels of Chls *a*, *b* and total and Cars in the leaves, which did not favor the physiological parameters of growth. Cypermethrin was not highlighted in any of the biochemical and physiological parameters of plant growth. Lettuce plants to be considered safe for consumption must be free from any compound or chemical that could harm human health. Therefore, high levels of NO₃⁻ and NH₄⁺ in the leaves are indicative of dysregulation in the metabolism caused by insecticides.

Keywords: *Lactuca sativa*, *Frankliniella schultzei*, *Azadirachta indica*, Neonicotinoides, Pyrethroids, Stress for phytosanitary products.

CAPÍTULO 1- Considerações Gerais

1. Introdução

Originária da bacia do Oriente Médio, ao Leste do Mediterrâneo e pertencente à família Asteraceae (Compositae), a alface (*Lactuca sativa* L.) é principalmente consumida in natura durante sua fase vegetativa, em forma de saladas (Krause-Sakate et al., 2008). É cultivada em todas as estações do ano, principalmente devido à popularização dos cultivos hidropônicos, sendo que a demanda pela cultura é bastante alta durante todo o ano e em todas as regiões do território brasileiro. Em nível mundial, é a hortaliça folhosa mais consumida, sendo produzida em todos os continentes (Carvalho e Silveira, 2017).

No Brasil é a hortaliça folhosa mais consumida na atualidade, existindo cerca de 108.603 estabelecimentos que a produzem no país, com uma produção de 908.186 toneladas por ano (Ibge, 2017). Apesar das diferenças climáticas de todo território nacional e os diferentes hábitos de consumo da população, representa uma cultura importante no cenário nacional, com uma área plantada de aproximadamente 35 mil ha em sistema intensivo (Costa e Sala, 2005).

Devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e possibilidade de vários cultivos ao longo do ano, essa folhosa é uma das culturas de maior preferência de pequenos (Medeiros et al., 2007) e médios produtores (Henz e Suinaga, 2009), além de movimentar grande volume de recursos em sementes, adubos, produtos fitossanitários e mão de obra.

O cultivo de hortaliças no Brasil tem se voltado para a produção em ambiente protegido, com o objetivo de reduzir as perdas culturais causadas por intempéries climáticas, fator preocupante que pode limitar a produção e produtividade dos vegetais, acarretando perdas econômicas significativas (Sala e Costa, 2012; Silva et al., 2014).

Nesse contexto está inserido o sistema hidropônico, que é um método de produção intensa de hortaliças e uma alternativa para o atendimento a uma demanda crescente por esses alimentos devido à carência de solos com características físicas, químicas e sanitárias adequadas ao cultivo (Espinoza et al., 2019). O sistema hidropônico NFT- nutriente film technique ou fluxo laminar de nutrientes, consiste em um sistema circulante que fornece água contendo nutrientes para as raízes das

plantas (Furlani et al., 1999). É um sistema amplamente utilizado no Brasil, principalmente em cultivos de alface (da Luz et al., 2017). Neste sistema, a água contendo solução nutritiva flui através de canais de cultivo onde as raízes das plantas devem irrigar e fornecer oxigênio e nutrientes às plantas (Martins et al., 2009).

No entanto, apesar do bom desempenho do sistema hidropônico, uma das principais limitações à sua produtividade é a ocorrência de insetos sugadores de seiva, em especial o tripses *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) que está entre as principais pragas da cultura de alface, sendo vetor da doença denominada popularmente como vira-cabeça.

Os *tospovirus* constituem um dos principais complexos de patógenos da alface e de outras hortaliças tais como tomate, pimenta e pimentão (McDougall, 2015). A doença ocorre em todas as regiões brasileiras, podendo se tornar limitante à produção, especialmente nos meses mais quentes do ano. Atualmente, a doença, encontra-se amplamente disseminada na maioria das regiões produtoras de alface do país. Em levantamentos conduzidos entre 2011- 2015, observou-se aumento significativo da incidência da doença em alface, tanto cultivada em sistema convencional em condições de campo aberto, como em cultivo hidropônico (Lima et al., 2016).

A simples presença do inseto e a posterior ocorrência de viroses nos sistemas de cultivo são apontadas como a principal causa de danos as folhas, perdas de produção e prejuízos econômicos. Diante disso, torna-se de suma importância o controle do inseto na sua fase inicial (ninfas), evitando-se sua propagação e posterior disseminação da virose com perdas na produtividade.

Por se tratar de uma hortaliça de cultivo “on” (de ciclo curto), a alface possui risco elevado de contaminação por inseticidas químicos, oriundas de sucessivas pulverizações para controle de pragas, sendo de fundamental importância alternativas de controle de insetos fitófagos com a utilização de métodos de amostragem para determinar o momento exato de ação de produtos biologicamente ativos para diminuir as injúrias nas plantas e possíveis riscos de contaminação ao ser humano.

O monitoramento de pragas é uma ferramenta primordial para o manejo integrado de pragas, sendo este de fundamental importância para o estabelecimento dos níveis de dano econômico e de controle de uma determinada praga. Nos dias atuais à necessidade de se determinar de forma consciente, um programa de manejo

que contribua para a manutenção dos inimigos naturais com o uso de produtos seletivos que possam minimizar os riscos de poluição ambiental e garantir um alimento seguro aos consumidores, além da redução das pulverizações (Braga Sobrinho et al., 2007). Com adesão ao monitoramento é possível reduzir o uso de inseticidas sem afetar a produtividade da cultura, a adoção desta estratégia de manejo contribuirá para redução de custos de produção e futuros problemas de saúde ao agricultor (Hoffman et al., 1995).

O controle de trips na alface se baseia em sucessivas aplicações de inseticidas, até a redução da população a níveis aceitáveis. Porém essas pulverizações excessivas resultam em sérios problemas de seleção de organismos resistentes desta praga a diferentes grupos de inseticidas (Immaraju et al., 1992; Robb et al., 1995). No Brasil há um pequeno número de inseticidas registrados para a cultura de alface, o que dificulta seu manejo, assim como o uso de produtos não seletivos agrava ainda mais os problemas relacionados com resíduos nos alimentos.

Somados a problemas de resistência, contaminação das hortaliças folhosas, a aplicação excessiva destes produtos também pode interferir em vários processos fisiológicos das plantas como crescimento celular, diminuição dos pigmentos fotossintéticos e respiração celular, assim como alterações nas rotas biossintéticas do vegetal (Shakir et al., 2016).

Contudo, ainda são pouco estudados os efeitos dos inseticidas na bioquímica e fisiologia de plantas e se estes podem causar efeitos antagônicos ou sinérgicos. Desta forma torna-se de extrema importância a compreensão da relação entre estes produtos com o metabolismo da planta.

2. Revisão de literatura

2.1 A cultura da alface

Alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça folhosa mais cultivada e consumida no Brasil, destacando-se nos novos hábitos alimentares, baseados em dietas mais balanceadas e naturais (Sala e Costa, 2012). É uma planta herbácea, muito delicada, com caule diminuto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas. Sua coloração varia do verde-amarelado até o verde-escuro, sendo que algumas cultivares apresentam as margens arroxeadas. As raízes são do tipo pivotante, podendo atingir até de 60 cm de profundidade. Porém, apresentam ramificações delicadas, finas e curtas, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo (Sousa, 2017).

Atualmente no Brasil a alface de maior importância econômica é do grupo “crespa”, tendo preferência de 70% no mercado brasileiro, seguida pela americana (15%), lisa (10%) e romana (Queiroz et al., 2017), tendo a cultivar Solaris destaque pelo seu maior mesófilo foliar em comparação a outras cultivares do grupo crespa (Suinaga, 2013).

A alface tem grande importância na alimentação e na saúde humana destacando-se, principalmente, como fonte de vitaminas e sais minerais, e por constituir-se na mais popular hortaliça folhosa (Da Silva et al., 2011). Esse valor se deve não só ao sabor e qualidade nutritiva, como também pela facilidade de aquisição, produção durante o ano todo e baixo custo (De Oliveira et al., 2004). Além disso, as alfaces são ricas em ácido fólico, importantes para o desenvolvimento do embrião, contêm uma quantidade útil de betacaroteno que é um importante carotenóide antioxidante precursor da vitamina A que reforça o sistema imunológico, além de vitamina C, potássio e fitoquímicos, como as lactucinas com propriedades sedativas e flavonóides poderosos antioxidantes (Collins, 2004).

É uma cultura amplamente difundida entre pequenos produtores rurais em função de sua adaptação às condições climáticas diversas, possibilidade de cultivos sucessivos ao longo do ano, baixo custo de produção (Sala e Costa, 2012). Sua limitação é recorrente devido ao ataque de pragas e doenças, sendo necessário ao seu manejo o uso de diversos produtos fitossanitários, dentre eles os inseticidas para controle de insetos fitófagos.

2.2 O tripses da alface

O inseto tripses da espécie *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) é uma das mais importantes pragas de alface em todo mundo e em cultivos protegidos é o inseto-praga que mais causa injúrias, devido as suas ninfas e adultos danificarem as plantas sugando o conteúdo celular e secretando toxinas (McDougall, 2015). Estes insetos são difíceis de se controlar principalmente pelo seu pequeno tamanho, sua característica de se refugiar no pedúnculo foliar, sua alta taxa de reprodução e com seleção de ingredientes resistentes à inseticidas (Shelton et al., 2006).

Durante seu ciclo de vida o tripses passa pelas fases de ovo, ninfa e adultos. O período embrionário dura 4 dias e as fases juvenis duram 6 dias. A fase adulta compreende a pré-oviposição (2 dias), oviposição (10 dias) e pós-oviposição (3 dias) (Pinent e Carvalho, 1998). Os adultos da espécie medem cerca de 1,5 mm de comprimento, possuem a coloração marrom, sendo pragas importantes de plantas cultivadas tais como: algodoeiro, tomateiro, melancia, fumo e alface (Monteiro et al., 2001), pois causam danos diretos ao se alimentarem das folhas e danos indiretos por serem vetores de tospovirose (De Borbón et al., 2006).

Até o presente momento essas tospovirose em alface no Brasil tem sido atribuída a três espécies virais: TSWV, GRSV e TCSV, causada por vírus do Gênero: *Tospovirus*; Família *Bunyaviridae*, se desenvolvendo na parte foliar da planta, causando sintomatologia de clorose e necrose, além das folhas ficarem coriáceas e quebradiças e, posteriormente caírem, diminuindo a área foliar da planta. Esse vírus se multiplica no inseto vetor (tripes), que uma vez este infectado, se torna capaz de transmiti-lo por toda sua vida, principalmente na fase larval (Lima et al., 2016).

A presença do inseto e a ocorrência da virose nas principais regiões produtoras são apontadas como a principal causa de danos à produção e prejuízos econômicos aos produtores. Devido a este fator torna-se de suma importância o seu controle na sua fase inicial, evitando-se sua propagação e posterior disseminação da virose com possíveis perdas na produtividade.

O controle químico do vetor é o principal método de controle utilizado pelos produtores, em culturas suscetíveis ao vírus. No entanto, o uso extensivo de inseticidas resultou em altos custos de produção, e contaminação do solo, água e ar (Picanço e Guedes, 1999). O que reforça a importância de utilizar estratégias

eficazes para redução dos impactos provocados pelo uso indiscriminado de inseticidas, onde o manejo integrado de pragas (MIP) com base na estratégia do monitoramento colabora para tomada de decisão em controlar uma determinada praga de acordo com a sua densidade populacional, permitindo ações mais acertivas quando e se forem necessárias.

2.3 Monitoramento e controle de Pragas

Os planos de amostragem representam importante instrumento na tomada de decisão no controle de pragas (Pedigo, 1998), por ser uma técnica que permite a escolha da melhor técnica amostral que poderá prever possíveis prejuízo econômico. Um plano de amostragem é composto de sistema amostral que possibilite uma amostragem precisa e rápida (Bliss e Owens, 1958; Pedigo, 1998; Gusmão, 2005).

As técnicas mais apropriadas de amostragem para insetos fitófagos que se alimentam exclusivamente das folhas, como é o caso dos tripes, são: batida de folhas em bandeja plástica (Pedigo, 1998; Gusmão et al., 2005) e a contagem direta de insetos nas folhas (Gusmão et al., 2005). Porém, ainda são escassas informações sobre a eficiência destes métodos na determinação da população de tripes na cultura da alface.

Os planos de amostragem são partes essenciais para o Manejo Integrado de Pragas (MIP) pois, normalmente não é possível realizar a contagem de todos os insetos em um habitat. Estes planos geram estimativas confiáveis, auxiliando na determinação dos níveis populacionais através de amostragens periódicas em diferentes estádios fenológicos da cultura (Gusmão, 2005). Para este trabalho a técnica escolhida foi a contagem direta de insetos nas folhas, sendo realizada em todas as plantas da unidade experimental em todos os 20 tratamentos e mais no grupo controle, visando uma avaliação completa para análise dos dados.

A técnica de amostragem auxilia na determinação dos níveis de dano econômico (NDE), de ação, de não ação ou de controle, pelos quais é tomada a decisão de controlar ou não uma praga (Pedigo e Rice, 2009). Assim, um bom plano de amostragem deve proporcionar rapidez, baixo custo e boa precisão. Esta última expressa pelo erro máximo admitido, que não deve ser superior a 25% em um plano praticável (Southwood, 1978). Este método permite a determinação do nível de dano econômico além de validar planos sequenciais (Gusmão, 2005).

As plantas de alface são hortaliças de cultivo em intervalo de tempo curto, tendo o risco elevado de contaminação pelo uso indiscriminado de inseticidas, sendo de fundamental importância alternativas de controle de insetos fitófagos com a utilização de métodos de amostragem para determinar o melhor momento de ação através da pulverização podendo ser com produtos biologicamente ativos para diminuir as injúrias nas plantas e possíveis riscos de contaminação ambiental e humana.

2.4 Produtos fitossanitários e seus efeitos na fisiologia e bioquímica nas plantas

Para controle de insetos fitófagos é recorrente o uso de produtos fitossanitários da classe dos inseticidas, sendo os químicos os mais utilizados devido a sua praticidade e rápida obtenção de resultados de eficácia. Porém, sua utilização é realizada com maior frequência e em doses cada vez mais altas, o que pode prejudicar a cultura e provocar alterações e comprometimento das funções bioquímicas e fisiológicas das plantas (Shakir et al., 2018).

A segurança alimentar é tão importante quanto a composição de nutrientes encontrados nos alimentos, os quais devem ser livres de toda e qualquer substância química, natural ou contaminante causador de danos à saúde do consumidor (Campos et al., 2012). A pulverização excessiva de inseticidas pode interferir em vários processos fisiológicos das plantas como crescimento celular, diminuição dos pigmentos fotossintéticos e respiração celular, assim como alterações nas rotas biossintéticas das plantas (Shakir et al., 2016).

Nos vegetais o conteúdo de pigmento fotossintetizantes pode diminuir com o tratamento de vários produtos fitossanitários, como inseticidas (Pandey e Gopal, 2011), herbicidas (Tan et al., 2012) e fungicidas (Rajendran et al., 2007). Alguns inseticidas do grupo dos piretroídeos quando aplicados em doses altas provocaram uma diminuição nos pigmentos fotossintéticos em especial os carotenoídeos (El-Khoshiban, 2016). Inseticidas biológicos também podem diminuir os pigmentos fotossintetizantes, como o extrato aquoso de *Moringa oleífera* (MLE) que reduziu conteúdo de pigmentos fotossintéticos (Chls a, b e total e cars) em folhas de feijão sob estresses ambientais (Latif e Mohamed, 2016).

Há diversos estudos comparando produtos fitossanitários da classe dos inseticidas químicos e biológicos, porém concentrando-se no controle do inseto e os reflexos na produtividade. No entanto, poucas são as pesquisas que avaliam os

efeitos em atributos bioquímicos e fisiológicos nas plantas que podem afetar seu crescimento e qualidade, com reflexos na própria incidência de insetos.

2.5 Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A tecnologia de aplicação é um fator primordial para o sucesso do tratamento fitossanitário uma vez que se baseia em conhecimentos científicos para a correta colocação do produto fitossanitário no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com segurança ao aplicador e com a mínima contaminação das áreas não alvo (Matuo, 1990).

Na prática compreende o controle de insetos, plantas daninhas e agentes patogênicos, levando em consideração os aspectos de diversas áreas de atuação (Ferreira et al., 2007, Matuo, 1990). Alguns fatores podem influenciar o sucesso da aplicação, sendo que para uma aplicação eficaz é fundamental conhecer a cultura, o alvo, o produto que será utilizado, o equipamento e as condições ambientais (Matuo, 2007; Matarazo, 2010; Azevedo, 2012).

Contudo, como a aplicação de produtos fitossanitários corresponde a uma grande parte do custo de produção de uma cultura, e nas hortaliças não é diferente, os produtores buscam alternativas para aumentar a capacidade de campo operacional dos pulverizadores. Uma das práticas recorrentes que visa este ganho operacional é a combinação de produtos em tanque de pulverização que, consiste na adição de dois ou mais produtos no tanque do pulverizador prontamente antes da pulverização, sendo estes para controle de insetos e/ou fungos e/ou ácaros, entre outros.

Algumas desvantagens podem estar ligadas a essa prática, como efeitos adversos de mistura de ingredientes ativos, incompatibilidade entre produtos devido alterações físico-química das caldas, resultando em perda de uniformidade das concentrações dos produtos durante as aplicações, com efeitos tóxicos desconhecidos e a perda de eficácia de moléculas dos produtos fitossanitários. As alterações das características físico-químicas da calda podem ter efeito nos valores de tensão superficial, pH, condutividade elétrica e estabilidade da calda, que irão influenciar na eficiência dos tratamentos fitossanitários (Maciel et al., 2010; Petter et al., 2013).

No Brasil desde 11 de outubro de 2018, é atribuído ao engenheiro agrônomo a recomendação de misturas em receituário agrônomo, podendo se definir a mistura

em tanque com base em técnicas conhecidas e vigentes, embasadas referências bibliográficas e científicas (Brasil, 2018). Sendo de grande importância o conhecimento sobre os produtos a serem misturados no tanque do pulverizador (Petter et al., 2012).

Diante do exposto, o conhecimento sobre a compatibilidade físico-química e biológica dos produtos que serão utilizados na mistura tanque bem como as consequências na aplicação são de grande importância a fim de evitar futuros problemas decorrentes desta prática.

Referências

Azevedo LAS (2012) **Formulações de fungicidas e misturas em tanque**. Avanços na otimização do uso de defensivos agrícolas no manejo fitossanitário/NEFIT – Núcleo de Estudos em Fitopatologia, 1 ed. São Carlos-SP. Suprema Gráfica e Editora. 302p.

Bliss CI, Owen ARG (1958). Negative binomial distributions with a common k. **Biometrika** 45(1/2): 37-58.

Braga Sobrinho R, Guimarães JA, Araújo E, de Assis JS, Moreira M, Macedo L, Mesquita A (2007) Monitoramento de pragas na produção integrada do meloeiro. **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos** (INFOTECA-E).

Brasil (2018) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto 4074 que regulamenta a Lei 7802 de 11 de julho de 1989 que dispõe sobre agrotóxicos, seus componentes e afins e de outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.2002.

Carvalho SP, Silveira, GSR (2020) **Cultura da alface**. Departamento Técnico da Emater. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/4eaaae5d4f4a8.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2020.

Campos RP, Hiane PA, Ramos MIL, Ramos Filho MM, Macedo MLR (2012) Conservação pós-colheita de guavira (*Campomanesia* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura** 34(1): 41-49, 2012.

Collins A (2004) **Lettuce: AC diet food and nutrition**. Disponível em: <<http://www.annecollins.com/dietnutrition/lettuce>>. Acessado em: 20 setembro 2020.

Costa CP, Sala FCA (2005) A evolução da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira** 23(1): 158-159.

Da Luz GL, Medeiros SLP, Borcioni E, Lajús CR, Ferrazza AC, Verona RB (2017). Ação dos intervalos entre irrigações no sistema radicular da alface em hidroponia. **Interciencia** 42(6): 370-374.

Da Silva EMN, Ferreira RLF, Araújo Neto SED, Tavella LB, Solino AJ (2011) Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura brasileira** 29(2): 242-245.

De Borbón CM, Gracia O, Piccolo R (2006) Relationships between tospovirus incidence and thrips populations on tomato in Mendoza, Argentina. **Journal of Phytopathology** 154(2): 93-99.

De Oliveira ACB, Sedyama MAN, Pedrosa MW, Garcia NCP, Garcia SLR (2004) Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum Agronomy** 26(2): 211-217.

El-Khoshiban NHA (2016) **Comparative Study of Some Synthetic and Herbal Pyrethroids on Lettuce Contents in Saudi Arabia.** <https://pdfs.semanticscholar.org/c33d/83c277452811e793d67a44af7e8be4d3fd96.pdf>, acesso setembro 2020.

Espinoza STL, Peña AR, Valqui NCV, Chávez JCN (2019) Comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT recirculante (Chachapoyas–Amazonas). **Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable** 2(1): 50-56.

Ferreira MC, Costa GM, Silva AR, Tagliari SRA (2007) Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola** 27(2), 471-478.

Furlani PR (1999) Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae** 481 (2): 777-778.

Gusmão MR, Picanço MC, Zanuncio JC, Silva DJH, Barrigossi JAF (2005) Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in the tomato culture. **Sci. Hort.** (103): 403–412.

HENZ GP, Suinaga FA. (2009) **Tipos de alface cultivados no Brasil.** Brasília: Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).

Hoffmann MP, Petzoldt CH, MacNeil CR, Mishanec JJ, Orfanedes MS, Young DH (1995) Evaluation of an onion thrips pest management program for onions in New York. **Agriculture, ecosystems & environment**, 55(1): 51-60.

Ibge (2017) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados estatísticos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 20 setembro. 2020.

Immaraju JA, Paine TD, Bethke JA, Robb KL, Newman JP (1992) Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouses. **Journal of economic entomology** 85(1): 9-14.

Krause-Sakate R, Firmino AC, Jadão AS, Pavan MA, Silva ND, Hanai, SM, Nietzsche T (2008) Occurrence of Lettuce mottle virus on three lettuce producing areas from São Paulo State. **Summa Phytopathologica** 34(1): 88-89.

Latif HH, Mohamed HI (2016) Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. **South African Journal of Botany** 106: 221-231.

Lima MF, Michereff-Filho M, Boiteux LS, Suinaga FA (2016) **Headache disease in lettuce: symptomatology, transmission, epidemiology and control measures.** Embrapa: Vegetables - Technical Circular. Acesso em setembro, 2020.

McDougall S (2015) **Pests, beneficials, diseases and disorders in lettuce: field identification guide.** Available at:

<https://www.tocal.nsw.edu.au/publications/horticulture/pests,-beneficials,-diseases-and-disorders-in-lettuce>. Acesso em setembro, 2020.

Maciel CDG, Guerra N, Oliveira Neto AM, Poletine JP, Bastos SLW, Dias NMS (2010) Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuronethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha** 28(3): 673-685.

Martins CM, de Medeiros JF, LOPES WDAR, BRAGA DF, DE AMORIM LB (2009) Curva de absorção de nutrientes em alface hidropônica. **Revista Caatinga**, 22(4): 123-128.

Matarazo FJ (2010) Pesticides & Adjuvants. Overview of the Market, legislation and challenges related to illegal use. **Crop World South America**. (Oral presentation).

Medeiros DC, Lima BAB, Barbosa MR, Anjos RSB, Borges RD, Cavalcante Neto JG, Marques LF (2007) Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira** 25(3): 433-436.

Matuo T (1990) **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas** Jaboticabal: FUNEP. 139p.

Matuo T (2007) Importância e desenvolvimento da tecnologia de aplicação. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA. **Summa Phytopathologica**. Botucatu-SP, Grupo Paulista de Fitopatologia, v. 33, n. 1, suplemento, p. 113-117.

Monteiro RC, Mound LA, Zucchi RA (2001) Espécies de Frankliniella (Thysanoptera: Thripidae) de importância agrícola no Brasil. **Neotropical Entomology** 30(1): 65-72.

Pandey JK, Gopal R. (2011) Laser-induced chlorophyll fluorescence: a technique for detection of dimethoate effect on chlorophyll content and photosynthetic activity of wheat plant. **Journal of Fluorescence** 21(2): 785-791.

Pedigo LP, Rice ME (1998) **Entomology and pest management**. New York: Macmillan Press. 646p.

Pedigo LP, Rice ME (2009) **Entomology and Pest Management**. 6^a ed. Upper Saddle River N. J. Pearson Prentice Hall. 784 p.

Petter FA, Segate D, Pacheco LP, Almeida FA, Alcântara Neto F (2012) Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha** 30: 449-457.

Petter FA, Segate D, Almeida FA, Alcântara Neto F, Pacheco LP (2013) Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, 4: 129-138.

Picanço MC, Guedes RNC (1999) Manejo integrado de pragas no Brasil: situação atual, problemas e perspectivas. **Ação ambiental** 2(4): 23-26. 1999.

Pinent SM, Carvalho GS (1998) Biologia de *Frankliniella schultzei* (Trybom)(Thysanoptera: Thripidae) em tomateiro. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 27(4): 519-524.

Queiroz AA, Cruvinel VB, Figueiredo KME (2017) Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera** 14(25): 1053-1063.

Rajendran UM, Kathirvel E, Narayanaswamy A (2007) Effects of a fungicide, an insecticide, and a biopesticide on *Tolypothrix scytonemoides*. **Pesticide biochemistry and Physiology** 87(2): 164-171.

Robb KL, Newman J, Virzi JK, Parrella MP (1995) Insecticide resistance in western flower thrips. **In Thrips biology and management** 341-346p

Sala FC, Costa CD (2005) A evolução da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, 23(1): 158-159.

Sala FC, Costa CPD (2012) Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. **Horticultura brasileira** 30(2): 187-194.

Shelton AM, Zhao JZ, Nault BA, Plate J, Musser FR, Larentzaki E (2006) Patterns of insecticide resistance in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. **Journal of economic entomology** 99: 1798-1804.

Sousa VS (2017) **Desempenho de cultivares de alface do grupo solta crespa para cultivo no verão em Jataí-GO**. 28 p. Dissertação (mestrado em Agronomia- produção vegetal) – UFG, Jataí.

Shakir SK, Kanwal M, Murad W, ur Rehman Z, ur Rehman S, Daud MK, Azizullah A (2016) Effect of some commonly used pesticides on seed germination, biomass production and photosynthetic pigments in tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Ecotoxicology** 25(2): 329-341.

Shakir SK, Irfan S, Akhtar B, Ur Rehman S, Daud MK, Taimur N, Azizullah, A (2018) Pesticide-induced oxidative stress and antioxidant responses in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. **Ecotoxicology** 27(7): 919-935.

Silva BA, Silva AR, Pagiuca LG (2014) Cultivo Protegido: Em busca de mais eficiência produtiva! **Revista Técnica Hortifrutí Brasil**, p.10-18, 2014. Disponível em: http://cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf// Acesso 20 de outubro de 2020.

Southwood TRE (1978) Ecological methods. London: Chapman & Hall. 524 p.

Suinaga FA, Boiteux LS, Cabral CS, Rodrigues CDS (2013) Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa. **Embrapa Hortaliças-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** (INFOTECA-E). 12p.

Tan W, Li Q, Zhai H (2012) Photosynthesis and growth responses of grapevine to acetochlor and fluoroglycofen. **Pesticide biochemistry and physiology** 103(3): 210-218.

CAPÍTULO 2: Monitoramento de tripes em alface hidropônica: identificando o melhor inseticida e os custos para controle

Monitoramento de tripes em alface hidropônica: identificando o melhor inseticida e os custos para controle

Resumo - Objetivou-se realizar o monitoramento, controle e a identificação do melhor inseticida relacionando-os com os custos com a pulverização de ninfas e adultos de tripes em plantas de alface hidropônica cv. Solaris. O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados em fatorial 4x5+1 com os inseticidas (imidacloprido, cipermetrina, extrato aquoso de folha de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) e o fungo entomopatogênico (*Metarhizium anisopliae* Metsch.), cinco doses de cada produto (0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50 L ha⁻¹) e um tratamento controle (sem pulverização), com quatro repetições. A metodologia consistiu em realizar o monitoramento do inseto por meio de diagnose visual por contagem direta de ninfas e adultos. O primeiro monitoramento apresentou baixa densidade populacional (0,1 ninfas e adultos/planta), no segundo houve aumento significativo de indivíduos (9,4 ninfas e adultos/planta), o que levou a tomada de decisão em realizar a 1ª pulverização. Após sete dias da 1ª pulverização (DA1ªA), no terceiro monitoramento a densidade populacional permanecia elevada (6,4 ninfas e adultos), reforçando a tomada de decisão em realizar a 2ª pulverização. A partir do quarto monitoramento iniciou a diminuição da população (4,8 ninfas e adultos/planta) continuando até o quinto monitoramento aos 10 DA2ªA (4,2 ninfas e adultos/planta). No sexto e último monitoramento acentuou-se a redução de indivíduos (1,8 ninfas e adultos/planta). Os resultados demonstraram que a partir do quinto monitoramento houve eficiência de controle de 54,5% e no sexto monitoramento a eficiência de controle aumentou para 81%. Todos os inseticidas foram capazes de fornecer controle de ninfas e adultos de tripes, porém o tratamento com o extrato aquoso de folha de nim na dose de 1,00 mL L⁻¹ reduziu 91,4% de ninfas e adultos de tripes, sendo este o produto de menor custo para efetivação deste controle. O *M. anisopliae*, na dose de 1,50 mL L⁻¹ reduziu 68,95% de ninfas e adultos, porém foi o produto de maior custo para controle. Os inseticidas químicos imidacloprido na dose de 1,0 mL L⁻¹ reduziu 50,87% de ninfas e adultos e a cipermetrina apenas reduziu a população logo após a 2ª pulverização sendo mais efetiva na dose de 1,25 L⁻¹ com redução de 50,36% de ninfas e adultos de tripes.

Palavras-chaves: *Frankliniella schultzei*, *Lactuca sativa*, neonicotinóides, piretroides, custos com controle.

Monitoring thrips in hydroponic lettuce: identifying the best phytosanitary product for control

Abstract - The objective was to carry out the monitoring, control and identification of the best phytosanitary product, relating them to the costs of spraying nymphs/thrips adults on hydroponic lettuce plants cv. Solaris. The experimental design used was in completely randomized blocks in a 4x5 + 1 factorial with phytosanitary products (imidacloprid, cypermethrin, aqueous neem leaf extract (*Azadirachta indica* A. Juss) and the entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae* Metsch.), Five doses of each product. (0,50, 0,75, 1,0, 1,25 and 1,50 L ha⁻¹) and a control treatment (without spraying), with four replications. The methodology consisted of monitoring the insect by means of visual diagnosis by direct counting of nymphs and adults. The first monitoring resulted in a low population density (0,1 nymphs and adults/plant), the second in an expressive increase in individuals (9,4 nymphs and adults/plant), which led to the decision to perform immediately the 1^a pulverization. Seven days after the 1^a spraying, in the third monitoring, the population density remained high (6,4 nymphs and adults), reinforcing the decision to carry out the 2^a spraying. From the fourth monitoring onwards, the population decrease (4,8 nymphs and adults/plant) remaining until the fifth monitoring (4,2 nymphs and adults/plant). The sixth monitoring showed the smallest reduction in individuals (1,8 nymphs and adults/plant). The data revealed that after the fifth monitoring there was a control efficiency of 54,5% and in the sixth monitoring the control efficiency increased to 81%. All insecticides were able to provide control of nymphs and thrips adults, however treatment with the neem leaf aqueous extract insecticides at the dose of 1,00 mL L⁻¹ reduced 91,4% of nymphs and thrips adults, this being the least costly product for effecting this control. *M. anisopliae*, at a dose of 1,50 mL L⁻¹, reduced 68,95% of nymphs and adults, but it was the most costly product to control. The chemical insecticides imidacloprid at a dose of 1,0 mL L⁻¹ reduced 50,87% of nymphs and adults and cypermethrin only reduced the population just after spraying, being more effective at a dose of 1,25 L⁻¹ with a reduction of 50,36% of nymphs and adults of thrips.

Keywords: *Frankliniella schultzei*, *Lactuca sativa*, neonicotinoids, pyrethroids.

1. Introdução

Alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteraceae, é o vegetal folhoso mais consumido fresco em forma de salada (Santos et al., 2015). Por ser um alimento consumido de forma *in natura*, os cuidados para controle de insetos fitófagos ocorrem em todo ciclo da planta. Para isso, é comum o uso de uma gama de inseticidas para minimizar os efeitos deletérios destes insetos.

O inseto tripses *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) é uma das mais importantes pragas de alface em todo mundo e em cultivos protegidos é o inseto-praga que mais causa injúrias, devido as suas ninfas e adultos danificarem as plantas sugando o conteúdo celular e secretando toxinas (McDougall, 2015). Estes insetos são difíceis de se controlar principalmente pelo seu pequeno tamanho, sua grande capacidade de escapar e se refugiar através do pedúnculo foliar, sua alta taxa de reprodução e sua resistência a inseticidas (Shelton et al., 2006).

O inseto permanece nas folhas de alface extraíndo a seiva da planta, além de ser vetor da doença denominada popularmente como vira-cabeça, causada por vírus do Gênero: *Tospovirus*; Família *Bunyaviridae*; causando necrose foliar. O vírus se multiplica no inseto vetor (tripes), uma vez este infectado, se torna capaz de transmiti-lo por toda sua vida, principalmente na fase larval (Lima et al., 2016). Devido a este fator torna-se de suma importância o seu controle na sua fase inicial, evitando-se sua propagação e posteriores disseminação da virose com perdas na produção.

No Brasil há um pequeno número de inseticidas para o controle de tripses na cultura da alface registrados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Estes seletos inseticidas pertencentes aos grupos químicos: neonicotinóides e metilcarbamato de fenila comprometem o manejo deste inseto, pela pouca possibilidade de rotação entre ingredientes ativos e grupos químicos. Assim, aumentando o número de pulverizações com produtos não seletivos e às vezes não registrados para tripses, agravando ainda mais os problemas de resistência desse inseto.

Sabe-se que o controle químico somente deve ser usado quando ocorrerem infestações que possam acarretar perdas econômicas, adotando-se para isso o monitoramento das pragas com inspeções periódicas direta ou armadilhas nas plantas. Um sistema de alerta precoce ajuda os produtores a decidir quando melhor

tomar as medidas de controle ou quando alterá-las, caso um método de controle se mostre inadequado (Abdullah, et al., 2015).

Dentre as principais técnicas utilizadas na amostragem de insetos sugadores, como tripes estão a contagem direta e o batimento de folhas em bandejas (Gusmão et al., 2005; Bacci et al., 2008). Sendo escassas informações sobre a eficiência destes métodos na determinação da população de tripes na cultura da alface.

Compreende-se que, as plantas de alface são hortaliças de intervalo de tempo curto, tendo o risco elevado de contaminação por diversos tipos de produtos fitossanitários, sendo de fundamental importância alternativas de controle de insetos com a utilização de métodos de amostragem para determinar o momento exato de ação através da pulverização de produtos biologicamente ativos nos alvos.

Neste sentido, a hipótese deste estudo baseia-se em que os inseticidas imidacloprido, cipermetrina, extrato aquoso de folha de nim e fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* possam ser utilizados na alface cv. Solaris diminuindo os impactos negativos das injúrias provocadas pelo inseto tripes *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) aliado ao monitoramento do inseto e com isso, atenuar sucessivas pulverizações no campo, evitando-se contaminação ao meio ambiente e ao ser humano.

Neste sentido, objetivou-se realizar o monitoramento, controle e a identificação do melhor produto fitossanitário relacionando-os com os custos com a pulverização de ninfas e adultos de tripes em plantas de alface hidropônica cv. Solaris.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, localizada nas dependências da empresa Hidroponia Maria Sena S.A no município de Ananindeua-PA. Foram utilizadas mudas de alface cv. Solaris, do grupo crespa, as quais foram produzidas em bandeja de 200 células contendo substrato Plantimax®. A semeadura das bandejas foi realizada no dia 10/06/2019, cuja emergência das plantas ocorreu no dia 12/06/2019. As plantas de alface foram aclimatadas por 21 dias e o transplante foi realizado no dia 03/07/2019 em condições de luz natural, em temperatura média de $33^{\circ}\text{C} \pm 31,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $80\% \pm 90\%$.

O cultivo hidropônico realizado foi o sistema NFT- nutriente filmtechnique ou fluxo laminar de nutrientes (Furlani et al., 1999), em que as raízes ficaram submersas em uma fina lâmina de solução nutritiva. A casa de vegetação composta por três bancadas de cultivo com 10 perfis hidropônicos com 8 m de largura e 26 m de comprimento (8 x 26 m) em polipropileno, com diâmetro de 75 mm, espaçados a cada 0,15 m. Cada perfil hidropônico possuía espaçamento de 0,17 m entre plantas, totalizando 1.080 orifícios de 7 cm de raio, com alturas variáveis de 0,80; 1,0; 1,20 e 1,40 m da superfície do solo, possuindo uma inclinação de 3%. A vazão média mantida em perfil foi de 1,5 L min⁻¹. O sistema hidropônico foi acionado por meio de um temporizador, que ligava o conjunto motobomba, fornecendo a solução nutritiva em intervalos regulares, programado para manter o fluxo intermitente, com ligação a cada 15 minutos no período diurno (quatro vezes em 60 minutos) e 15 minutos no período noturno (uma vez em 60 minutos) segundo a metodologia de Furlani et al., (1999).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados em fatorial 4x5+1 com os inseticidas: i: imidacloprido, ii: cipermetrina, iii: extrato aquoso de folha de nim (*Azadirachta indica* A. Juss), iv: fungo entomopatogênico (*Metarhizium anisopliae* Metsch.) e um tratamento controle (0,0 L ha⁻¹), totalizando 21 tratamentos, com quatro repetições. Cada unidade experimental continha 32 plantas das quais foram usadas 20 plantas por tratamento. Foi mantida uma faixa de 0,50 m de largura sem plantas, visando reduzir a movimentação de ninfas e adultos entre os tratamentos.

Para os tratamentos foram escolhidos quatro inseticidas a partir dos produtos comumente utilizados por produtores do manejo de alface, sendo dois químicos, imidacloprido e cipermetrina e dois biológicos extrato aquoso de folha de nim e fungo entomopatogênico (*M. anisopliae*), descritos a seguir:

(i) imidacloprido, grupo dos neonicotinóides, fórmula química N-[1-[(6-chloropyridin-3-yl)methyl]-4,5-dihydroimidazol-2-yl] nitramide, na formulação comercial Provado SC® (200 g L⁻¹) fabricado pela Bayer AG Co. nas doses: 0,50; 0,75; 1,00, 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia., este registrado para controle de tripes em alface;

(ii) cipermetrina, grupo dos piretróides, fórmula química [S,R]-α-cyano-3-phenoxybenzyl - (1R,1S,cis,trans) - 2,2-dimethyl -3- (2',2'-dichlorovinyl)cyclopropanecarboxylate, com 250 g ha⁻¹ de i.a na formulação comercial Cipermetrina Nortox 250 CE® nas doses (0,50; 0,75; 1,00, 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia.);

(iii) extrato aquoso de folha de nim (*A. indica*) preparado segundo a metodologia de Viana & Ribeiro (2010), adaptada com 40g de folha de nim a cada 100 mL de água destilada nas doses 0,50; 0,75; 1,00, 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia.;

(iv) Metarril, CEPA ESALQ E9 (PW) - Registro no MAPA 6605- 1,39 x 10⁸ con mL⁻¹ - Koppert) nas doses 0,50; 0,75; 1,00, 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia., dissolvido em água destilada formando uma solução estoque e posteriormente foram retiradas as alíquotas usadas nos tratamentos.

As pulverizações ocorreram no 10^o dia após o transplântio da alface e a partir de 9,4 ninfas e adultos/planta (1^a pulverização) e no 17^o dia com 6,4 ninfas e adultos/planta (2^a pulverização). As aplicações de cada tratamento foram realizadas às sete horas da manhã com auxílio de um pulverizador costal elétrico (ponta TT11001) a 2 bar, velocidade de 1,8 m s⁻¹ e volume de aplicação de 100 L ha⁻¹. Mediuse ambas temperaturas e umidade relativa no momento de cada aplicação. As médias no dia da 1^a pulverização foram 30°C e 80% UR, respectivamente, enquanto na 2^a pulverização foram 28°C e 88% UR.

Para o monitoramento determinou-se o plano de amostragem para tripes por meio de diagnose visual e contagem direta dos insetos. Para isso avaliou-se as densidades de ninfas e adultos. O monitoramento foi realizado no terceiro dia após as plantas estarem em bancada definitiva (1^o Monitoramento), no décimo dia (2^o Monitoramento), decimo sétimo dia (3^o Monitoramento, sete dias após a primeira aplicação (7 DA1^aA), vigésimo quarto dia (4^o Monitoramento, sete dias após a segunda aplicação (7 DA2^aA), vigésimo sétimo dia (5^o Monitoramento, décimo dia após a segunda aplicação (10 DA2^aA) e ao vigésimo nono dia (6^o monitoramento, décimo segundo dia após a segunda aplicação (12 DA2^aA) antes da colheita das plantas.

O custo de controle de ninfas e adultos de tripes foi determinado a partir dos inseticidas usados no experimento, número total de pulverizações e equipamentos utilizados, de acordo com a análise de custo de cada aplicação e foram comparados com o número de pulverizações em sistema convencional (sem monitoramento).

Os dados de mortalidade de tripes foram submetidos análise de variância pelo teste F e quando o teste F foi significativo a pelo menos 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05) usando-se o software AgroEstat® (Barbosa e Maldonado Jr., 2015).

3. Resultados

3.1 Monitoramento, tomada de decisão e controle

O primeiro monitoramento foi realizado no terceiro dia após o transplântio das mudas, apresentando baixa densidade populacional (0,1 ninfas e adultos/planta). No segundo monitoramento houve aumento significativo de indivíduos (9,4 ninfas e adultos/planta), o que levou a tomada de decisão em realizar a 1ª pulverização, no 13º dia após o transplântio (Tabela 1).

Após sete dias da 1ª pulverização, no terceiro monitoramento 7 (DA1ªA) permaneceu elevada a densidade populacional dos insetos (6,4 ninfas e adultos), reforçando a tomada de decisão em realizar a 2ª pulverização. A partir do quarto monitoramento 7 (DA2ªA) houve a diminuição do número de indivíduos (4,8 ninfas e adultos/planta) continuando até o quinto monitoramento aos 10 DA2ªA (4,2 ninfas e adultos/planta) com eficiência de controle de 54,5% em relação ao número de indivíduos do 4º monitoramento.

No 12º dia após a segunda aplicação dos inseticidas as alfaces foram monitoradas pela sexta e última vez 12 (DA2ªA) apresentando 1,8 ninfas e adultos/planta, com eficiência de 81% de controle (Tabela 1).

Nas parcelas que não receberam tratamento com os inseticidas, o número de ninfas e adultos de tripes aumentou a partir do segundo monitoramento, atingindo uma média de 2,5 indivíduos por planta, chegando ao final do período experimental com 6,0 ninfas e adultos, sendo perdidas em média 40 plantas pela infecção da tospovirose vira-cabeça na alface. Esta perda está relacionada ao aumento de 46% no número de ninfas e adultos observados por plantas viáveis sem sintomatologia da vira-cabeça do início ao fim do experimento (Tabela 1).

Tabela 1: Número de ninfas e adultos de tripes nos seis monitoramentos realizados após as pulverizações com inseticidas em plantas de alface hidropônica cv. Solaris.

Monitoramento	Pulverização	Número total de indivíduos	% ninfas e adultos /20 plantas	Número total de indivíduos (Grupo controle)
1º		42	0,1	0
2º	1ª Pulverização	3.554	9,4	198
3º	2ª Pulverização	3813	6,4	308
4º		2568	4,8	375
5º		1764	4,2	465
6º		756	1,8	229*

*Número de indivíduos contabilizados em 40 plantas restante das 80 plantas do grupo controle. Fonte: a autora, 2020.

A partir das pulverizações com os inseticidas a densidade populacional de ninfas e adultos de tripes começou a diminuir. Os dados obtidos de mortalidade quando submetidos análise de variância pelo teste F revelaram que houve efeito dos produtos e doses a partir do terceiro monitoramento ($F= 2,3$; $p < 0,05$), quarto monitoramento ($F= 3,2$; $p < 0,01$) e quinto monitoramento ($F= 3,09$; $p < 0,01$) em relação ao grupo controle (Figura 1, 2 e 3), sendo neste monitoramento havendo redução acentuada pelo uso do extrato aquoso de nim da dose de $1,0 \text{ mL L}^{-1}$.

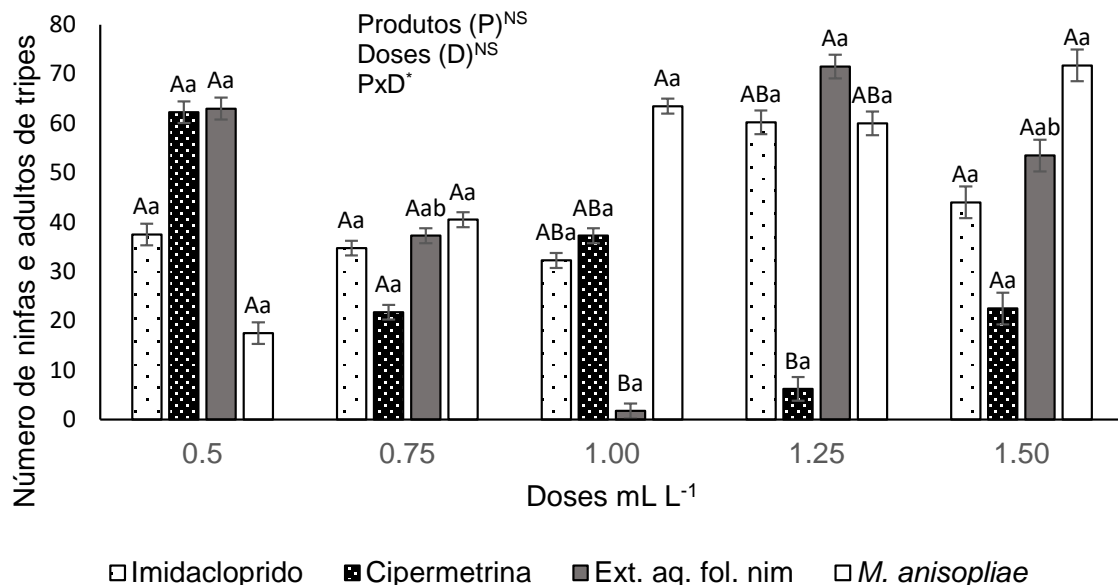


Figura 1: Eficiência no controle ninfas e adultos de tripes (3º monitoramento) a partir da 1ª pulverização com inseticidas em plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

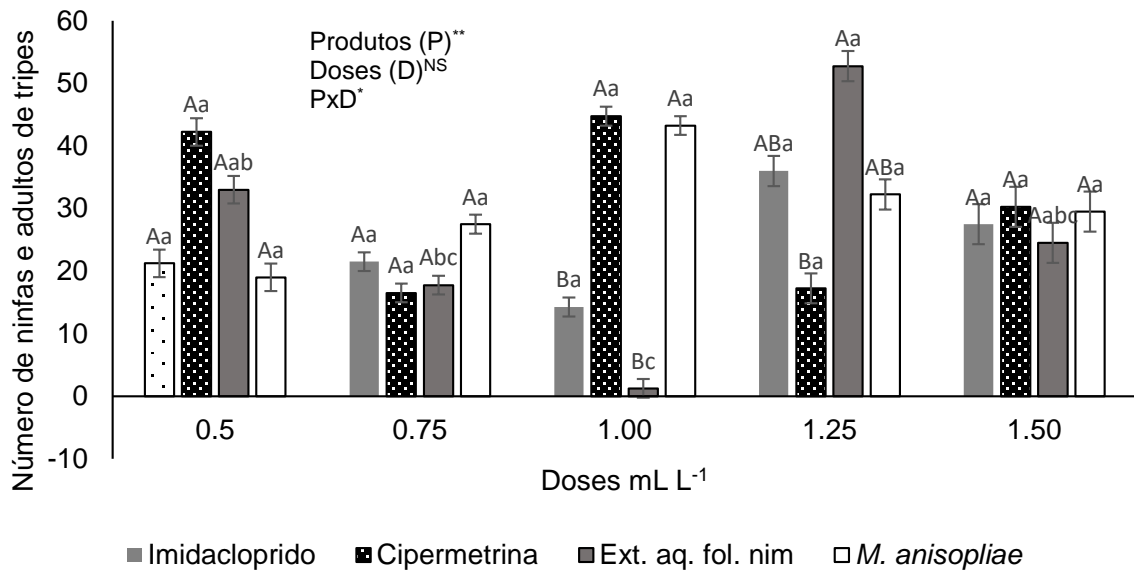


Figura 2: Eficiência no controle de tripes (4^o monitoramento) a partir da 2^a pulverização com inseticidas em plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

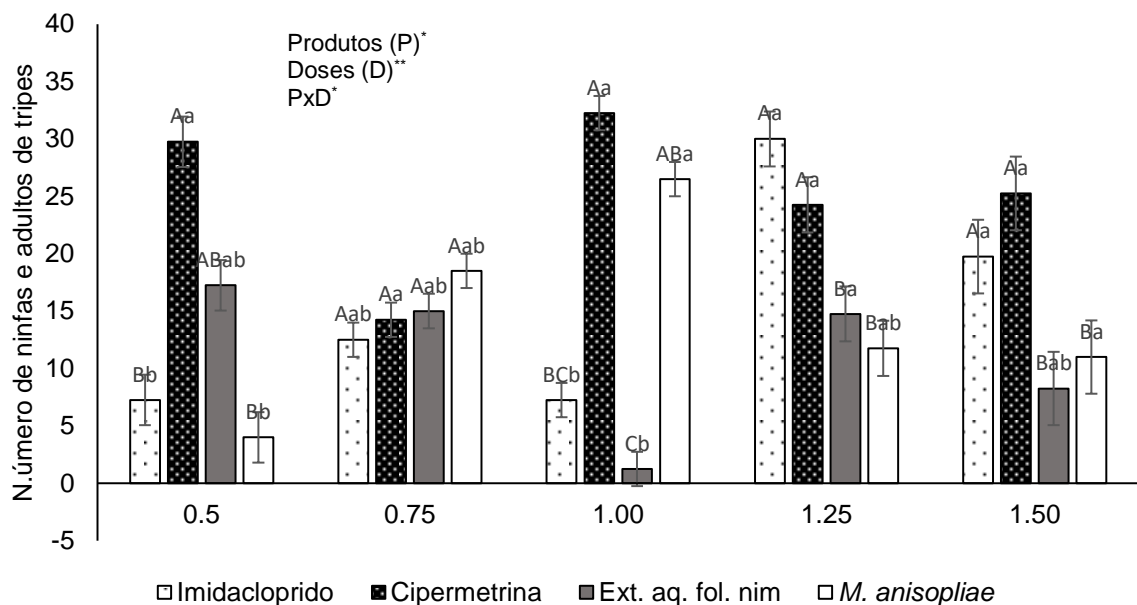


Figura 3: Eficiência no controle de tripes (5^o monitoramento) a partir da 2^a pulverização com inseticidas em plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

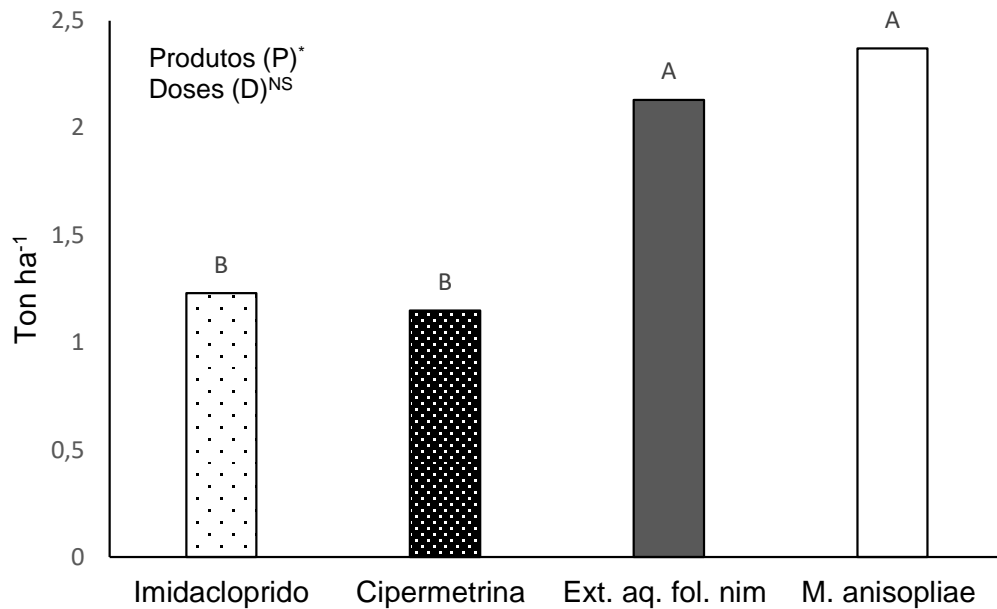


Figura 4: Efeito de produtos fitossanitários na produtividade de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

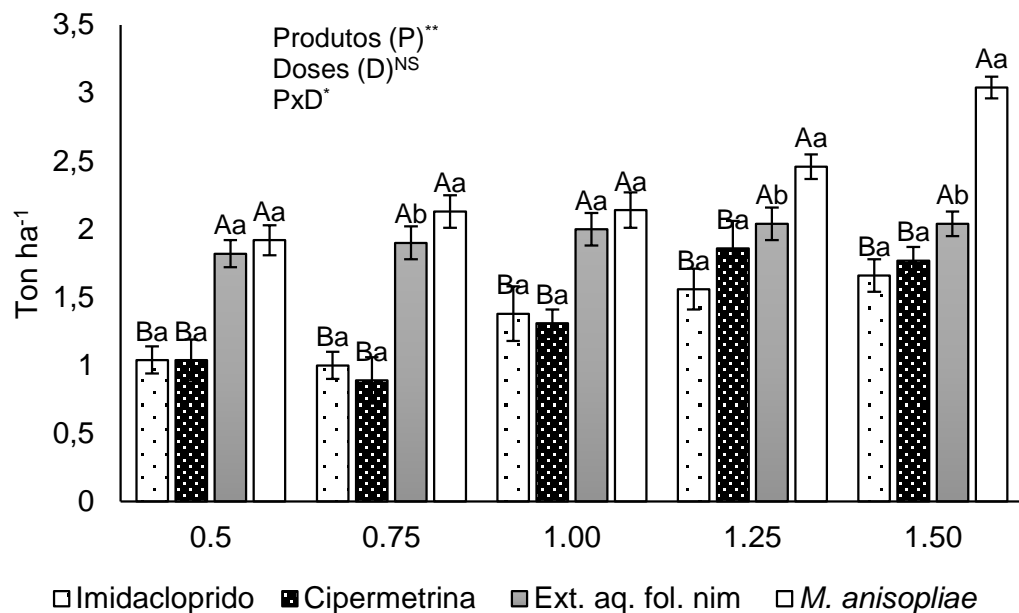


Figura 5: Efeito da interação produto e dose na produtividade de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

O produto imidacloprido na dose de 0,5 mL L⁻¹ e 1,0 mL L⁻¹ promoveu diferenças significativas para a mortalidade de tripes com redução de 34,1% e 50,87% de ninfas e adultos respectivamente no 5º monitoramento. Sendo os resultados obtidos em relação a dose de 1,0 mL L⁻¹ mais expresivos e estão de acordo com a recomendação do fabricante do produto concordando com o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do MAPA, sendo necessárias duas aplicações para obtenção desta mortalidade de ninfas e adultos, com intervalos de sete dias cada, dispensando a terceira aplicação do produto, evitando-se desperdícios e aumento residual do produto na superfície foliar da alface.

O produto cipermetrina foi eficiente somente no quarto monitoramento, nas doses de 1,25 e 1,50 mL L⁻¹ (Figura 2) com mortalidade de 50,36% e 17,4% de ninfas e adultos, discordando da dose recomendada pelo fabricante (0,5 mL L⁻¹). Uma possível explicação para eficácia da dose 2,5 vezes maior que a recomendada se deve ao falta de estudos sobre esse produto e suas doses para controle de tripes na cultura da alface. A outra explicação pela elevada taxa de mortalidade no 4º monitoramento ocorrido 7 (DA2ºA) se deve ao fato da cipermetrina ser do grupo dos piretróide, com modo de ação por contato, agindo com rapidez causando paralisia imediata do inseto.

O inseticida extrato aquoso de folha de nim se diferenciou estatisticamente dos demais inseticidas no 4º monitoramento (Figura 2) na dose de 1,0 mL L⁻¹ e no 5º monitoramento 10 (DA2ºA) na dose de 1,50 mL L⁻¹ (Figura 3). Após a 2º pulverização com este produto, os índices de mortalidade foram de 91,4% e 53,09% respectivamente nestas doses.

A partir do quinto monitoramento (Figura 3) o fungo entomopatogênico *M. anisopliae* na dose de 1,50 mL L⁻¹ se diferiu dos demais em relação à mortalidade de ninfas e adultos com 68,95%. A redução desta população de ninfas e adultos de tripes foi comprovada pela diagnose visual, onde todos os indivíduos mortos foram coletados e mantidos em condições de umidade a 80% e estes apresentaram estruturas reprodutivas do fungo após dez dias da segunda pulverização 10 (DA2ºA).

Em relação a produtividade plantas pulverizadas para controle de tripes com os produtos biológicos extrato aquoso de folha de nim e *M. anisopliae* resultaram nas maiores produtividades dos cultivos hidropônicos de alface cv. Solaris representando em média acréscimo de 95,65% em relação a testemunha (Figura 4). Quando comparados em relação a interação doses e produtos (Figura 5) o biológico *M.*

anisopliae foi o que apresentou a maior produtividade nas doses de 1,25 mL L⁻¹ e 1,50 mL L⁻¹ (2,46 Ton há⁻¹ e 3,04 Ton há⁻¹).

3.2 Custos para o controle de ninfas e adultos de tripes

O custo de controle de ninfas e adultos de tripes foi determinado a partir dos inseticidas comercializados com os ingredientes ativos: imidacloprido, cipermetrina, extrato aquoso de folha de nim e fungo entomopatogênico *M. anisopliae*, número total de pulverizações e equipamentos utilizados, de acordo com a análise de custo de cada aplicação por ha. Os valores foram expressos mediante a utilização da técnica de monitoramento das ninfas e adultos de tripes, o qual foi calculado com base em duas pulverizações com inseticidas. Ao final, estes valores foram comparados ao sistema convencional, o qual utiliza quatro pulverizações em média para o manejo de tripes na alface hidropônica cv. Solaris.

O custo para o controle de ninfas e adultos de tripes em alface hidropônica cv. Solaris com a prática de monitoramento com imidacloprido foi de R\$ 107,12, cipermetrina R\$ 105,44, para o extrato aquoso de folha de nim R\$ 37,40 e para o fungo entomopatogênico *M. anisopliae* R\$ 186,92.

Deste valor, 73%; 72,5%; 22,5% e 84,4% foram gastos para a aquisição dos inseticidas respectivamente e 27%, 27,5%, 77,5% e 15,6% para aquisição dos equipamentos de proteção individual EPI (Tabela 2).

O custo para o controle de ninfas e adultos de tripes em alface hidropônica cv. Solaris sem a adoção do monitoramento com imidacloprido foi de R\$ 214,24, cipermetrina R\$ 210,88, para o extrato aquoso de folha de nim R\$ 74,80 e para o fungo entomopatogênico *M. anisopliae* R\$ 373,84.

Tabela 2: Custos para o controle de ninfas e adultos de tripes em alface hidropônica cv. Solaris.

Insumos	und	Custo Unitário (R\$)	Quantidade L/ha ou kg/ha	Custo/aplicação (R\$/ha)
Equipamentos				
EPI*	und	145,00	0,10	14,50
Produtos Fitossanitários (inseticidas)				
Imidacloprido	L	93,00	0,42	39,06
Cipermetrina	L	91,00	0,42	38,22
Ext. aq. fol. nim	L	10,00	0,42	4,20
<i>M. anisopliae</i>	Kg	188,00	0,42	78,96
Custo Total de Controle com monitoramento				
Produto Fitossanitário	Custo unitário por aplicação	Uso EPI	Nº. de aplicação/cultivo	Custo Total de controle
Imidacloprido	39,06	14,50	02	107,12
Cipermetrina	38,22	14,50	02	105,44
Ext. aq. fol. nim	4,20	14,50	02	37,40
<i>M. anisopliae</i>	78,96	14,50	02	186,92
Custo Total de Controle sem monitoramento				
Produto Fitossanitário	Custo unitário por aplicação	Uso EPI	Nº. de aplicação/cultivo	Custo Total de controle
Imidacloprido	39,06	14,50	04	214,24
Cipermetrina	38,22	14,50	04	210,88
Ext. aq. fol. nim	4,20	14,50	04	74,80
<i>M. anisopliae</i>	78,96	14,50	04	747,68

EPI*: macacão, avental, luvas, botas, máscara, óculos. Fonte: a Autora, 2020.

4. Discussão

O imidacloprido na dose 1,0 mL L⁻¹ promoveu diferenças significativas para a mortalidade de tripes, com redução 50,87% de ninfas e adultos. Resultados semelhantes foram encontrados por Palumbo (2015) em seus estudos de eficácia de inseticidas foliares contra tripes em relação aos padrões da indústria em alface romana quando usando imidacloprido na dose recomendada pelo fabricante (1,0 mL L⁻¹), o inseticida químico imidacloprido através do seu ingrediente ativo promoveu controle de ninfas e adultos quando comparados com o grupo controle somente após a segunda pulverização do produto.

O produto químico imidacloprido é registrado pelo MAPA para controle de tripes em alface no Brasil. Trata-se de inseticida sistêmico pertencente ao grupo químico neonicotinóides. São antagonistas de receptores acetilcolina, nicotínicos formadores de uma família de receptores de abertura e fechamento de canais iônicos, responsáveis pela neurotransmissão pós-sináptica, que se ligam fortemente aos receptores do sistema nervoso central de insetos, causando estimulação nervosa em baixas concentrações e o bloqueio do receptor, assim como paralisia e morte em altas concentrações (Jeschke et al., 2011).

O imidacloprido é um composto polar não volátil e estável hidroliticamente, de fácil absorção pelas plantas através de suas raízes ou folhas que é rapidamente transportado ao longo dos tecidos (Goulson, 2013). Por ser um produto sistêmico possui várias vantagens no controle de inúmeras pragas agrícolas, proporcionando proteção para todas as partes da planta. Ao longo do aumento das doses (1,25 e 1,50 mL L⁻¹), observou-se que seu controle perdia a eficiência, afetando as folhas, deixando-as enrugadas.

A cipermetrina nas doses de 1,25 e 1,50 mL L⁻¹ causaram mortalidade de 50,36% e 17,4% respectivamente de ninfas e adultos imediatamente após a segunda pulverização no 4º monitoramento. A partir do 5º monitoramento observou-se um aumento indivíduos progressivamente, considerando estas doses 2,5 vezes maior do que a recomendada fabricante (0,5 mL L⁻¹) para outras culturas. Essa taxa de mortalidade no momento da pulverização se deve ao modo de ação do produto (por contato), aliado ao fato de ser um piretroíde agindo com rapidez, causando paralisia imediata do inseto. Esse efeito rápido de choque é denominado *Knock down*, ou seja o inseto morre ou ficam imobilizado de imediato (Santos et al., 2008). Vale ressaltar

que a cipermetrina não é registrada para controle de tripes em alface no Brasil, sendo recomendado para controle de tripes em tomate.

O inseticida extrato aquoso de folha de nim se diferenciou estatisticamente dos demais tratamentos no 4º monitoramento 7 (DA2ºA) na dose de 1,0 mL L⁻¹ e no 5º monitoramento 10 (DA2ºA) na dose de 1,50 mL L⁻¹, com índices de mortalidade de 91,4% e 53,09% respectivamente. Os efeitos desse composto no organismo dos insetos podem estar atribuídos a repelência, deterrência alimentar, interrupção do crescimento, assim como a interferência na metamorfose, esterilidade e anormalidades anatômicas (Schmutterer, 1990; Silva et al., 2009), efeitos estes que diminuiram o número de indivíduos vivos nas plantas pulverizadas pelo extrato aquoso de folha de nim. Alguns estudos sobre o efeito do inseticida nim sobre *L. sativae* resultaram em aumento significativo nos percentuais de mortalidade larval e das pupas de tripes (Silva et al., 2017; Costa et al., 2016).

O nim (*Azadirachta indica*) é mais conhecido no Brasil como nim indiano, pertence à família botânica Meliaceae, é uma espécie que vem sendo muito estudada nas últimas décadas devido as suas propriedades químicas e seu potencial como inseticida natural (Silva et al., 2009), daí a importância de estudá-la em hortaliças folhosas. É uma espécie que possui um elevado conteúdo do ingrediente ativo azadiractina, com eficácia no controle de diversas pragas e doenças que ocorrem em plantas e animais (Soares et al., 2010). Seus extratos têm-se mostrado tão potentes quanto os inseticidas comerciais (Schmutterer, 1990; Roel et al. 2000) como revelado nos resultados da presente pesquisa.

O fungo entomopatogênico *M. anisopliae* na dose de 1,50 mL L⁻¹ se diferenciou dos demais inseticidas em relação a mortalidade de ninfas e adultos com 68,95%. A eficiência do controle microbiano de pragas com esse índice pode ser considerada satisfatória, desde que o uso do fungo entomopatogênico seja o único agente inseticida usado de forma isolada na área de controle (Lopes, et al., 2000).

O produto comercial Metarril WP é constituído a base do fungo entomopatogênico *M. anisopliae*, este produto vem sendo amplamente usado em programas de controle biológico de pragas no mundo, principalmente para controle de cigarrinhas em cana-de-açúcar representando o maior programa de controle microbiano em todo o mundo (Li et al., 2010).

Em relação ao custo de controle de ninfas e adultos de tripes, constatou-se uma discrepância em relação aos quatro inseticidas. O inseticida extrato aquoso de folha de nim apresentou o menor custo para efetivação de controle do inseto em relação aos demais produtos, com redução da população de ninfas e adultos em 91,4% na dose de 1,00 mL L⁻¹. Por se tratar de um inseticida botânico a base de extrato de folhas, com valor médio de gastos para sua preparação em torno de R\$ 14,50 por pulverização para cada ha. Diferentemente do fungo entomopatogênico *M. anisopliae*, com valor médio de para uma pulverização R\$ 186,92, sendo o produto de maior custo para controle de ninfas e adultos de tripes, com índices de mortalidade de 68,95% na dose de 1,50 mL L⁻¹.

Em comparação ao sistema com e sem monitoramento de ninfas e adultos de tripes é possível economizar em torno de 50% dos gastos com pulverizações com os inseticidas. Aliado ao fato de realizar as pulverizações no momento ideal de infestação do inseto evitando assim desperdícios com aplicações desnecessárias. Com a adoção da técnica de monitoramento do inseto houve redução do número de pulverizações com inseticidas e conseqüentemente redução de gastos com a aquisição destes produtos.

Ressalta-se que no presente experimento, plantas com sintomas de virose foram observadas, nas avaliações finais. Plantas doentes surgiram inicialmente nas parcelas do grupo controle próximas às áreas de cultivo de alface cv. Vera e Vanda, e o avanço da doença na cultura ocorreu para outras plantas dentro destas parcelas, indicando a importância do controle destes insetos fitófagos.

5. Conclusão

Todos os inseticidas foram capazes de fornecer controle de indivíduos de tripes, contudo tratamento com o inseticida extrato aquoso de folha de nim na dose de 1,00 mL L⁻¹ reduziu 91,4% de ninfas e adultos, sendo este o produto de menor custo para efetivação deste controle. O *M. anisopliae*, na dose de 1,50 mL L⁻¹ reduziu 68,95% de ninfas e adultos, sendo o produto de custo mais elevado para controle de tripes. Os inseticidas químicos imidacloprido na dose de 1,0 mL L⁻¹ reduziu 50,87% de ninfas e adultos e a cipermetrina na dose 1,25 L⁻¹ reduziu a população de tripes em

50,36% logo após a 2ª pulverização, havendo posteriormente aumento de indivíduos progressivamente.

Foi possível reduzir o número de pulverizações para controle de ninfas e adultos de tripses de quatro para duas com adesão da técnica de monitoramento do inseto-pragas.

Referências

Abdullah ZS, Greenfield BPJ, Ficken KJ, Taylor JWD, Wood M, Butt TM (2015) A new attractant for monitoring western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in protected crops. **Springer Plus** 4:1-9.

Bacci L, Picanço MC, Moura MF, Semeão AA, Fernandes FL, Morais EGF (2008) Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. **Neotropical Entomology** 37: 582-590.

Barbosa, JC; Maldonado, JW (2015) Agronomic experimentation and AgroEstat: system for statistical analysis of agronomic trials. Jaboticabal, BR: Multipress. 396p. ISBN:978-85-68020-01-2

Costa EM, Torres SB, Ferreira RR, Silva FG, Araújo EL (2016) Extrato aquoso de sementes de nim no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. **Revista Ciência Agronômica** 47: 401-406.

Furlani PR (1999) Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae** 481 (2): 777-778.

Gusmão MR, Picanço MC, Zanuncio JC, Silva DJH, Barrigossi JAF (2005) Standardised sampling plan for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in the tomato culture. **Sci. Hort.** (103): 403–412.

Goulson D (2013) An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. **Journal of Applied Ecology** 50: 977-987.

Jeschke P, Nauen R, Schindler M, Elbert A (2011) Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. **Journal of agricultural and food chemistry** 59: 2897-2908.

Li J, Ying SH, Shan LT, Feng MG (2010) A new non-hydrophobic cell wall protein (CWP10) of *Metarhizium anisopliae* enhances conidial hydrophobicity when expressed in *Beauveria bassiana*. **Applied microbiology and biotechnology** 85: 975-984.

Lima MF, Michereff-Filho M, Boiteux LS, Suinaga FA (2016) **Headache disease in lettuce: symptomatology, transmission, epidemiology and control measures.** Embrapa: Vegetables - Technical Circular. Acesso em setembro, 2020.

Lopes RB, Alves SB, Tamai MA (2000) Control of *Frankliniella occidentalis* in hydroponic lettuce by *Metarhizium anisopliae*. **Scientia Agricola** 57: 239-243.

McDougall S (2015) **Pests, beneficials, diseases and disorders in lettuce: field identification guide**. Available at: <https://www.tocal.nsw.edu.au/publications/horticulture/pests,-beneficials,-diseases-and-disorders-in-lettuce>. Acesso em setembro, 2020.

Palumbo JC (2015) Evaluation of Insecticides for Control of Western Flower Thrips on Romaine Lettuce. **Arthropod Management Tests** 40: 1-2.

Roel AR, Vendramin JD, Frighetto RTS, Frighetto N (2000) Atividade tóxica de extratos orgânicos de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 29: 799-804.

Santos MD, Areas MA, Reyes FGR (2008) Piretróides—uma visão geral. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 18(3): 339-349.

Santos CED, Kist BB, Carvalho C, Reetz ER, Muller I, Beling RR, Poll H (2015) **Anuário brasileiro de hortaliças 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 120 p.

Shelton AM, Zhao JZ, Nault BA, Plate J, Musser FR, Larentzaki E (2006) Patterns of insecticide resistance in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. **Journal of economic entomology** 99: 1798-1804.

Silva AB, Batista JL, Brito CH (2009) Atividade inseticida do nim (*Azadirachta indica* A. Juss). **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** 4: 7-15.

Silva AR, Silva-Rodrigues N, Pereira OS, Sarmiento RA, Costa TL, Galdino TVS, Picanço MC (2017) Sampling Plans for the thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in three lettuce varieties. **Journal of economic entomology** 110: 2490-2496.

Soares FB, Paiva R, Nogueira RV, Oliveira RM, Paiva PDO, Silva DRG (2010) Cultivos e usos do nim. **Boletim Agropecuário Belo Horizonte** 68: 1-14.

Schmutterer H (1990) Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. **Annual Review of Entomology** 35: 271-297.

Viana PA, Ribeiro PE de A (2010) **Efeito do extrato aquoso de folhas verdes de nim (*Azadirachta indica*) e do horário de aplicação sobre o dano e o desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: noctuidae) na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE), p. 1-12.

CAPÍTULO 3: Inseticidas alteram as variáveis bioquímicas e fisiológicas de plantas de alface em cultivo hidropônico?

Inseticidas alteram as variáveis bioquímicas e fisiológicas de plantas de alface em cultivo hidropônico?

Resumo - Objetivou-se investigar os inseticidas (imidacloprido, cipermetrina, extrato aquoso de folha de nim e *Metarhizium anisopliae*) em diferentes doses (0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 L ha⁻¹) usados para controle de tripes e seus efeitos na bioquímica e fisiologia na alface hidropônica, cv. Solaris. Ao 12^o dia após a segunda pulverização foi realizado o monitoramento do inseto e posterior avaliação dos parâmetros bioquímicos: teores de açúcares redutores (AR); carboidratos solúveis totais (CST); NO₃⁻; NH₄⁺; sacarose (Sac); clorofila *a* (Chls *a*), *b* (Chls *b*) e total (Chls total); carotenoides (Cars) e antocianina (Anths); aminoácidos solúveis totais (AA); proteínas solúveis (PS); prolina (Pro) e glicina betaína (GB) e os parâmetros fisiológicos de crescimento: massa seca da raiz (MSR); massa seca das folhas (MSF); massa seca da parte aérea (MSPa) e área foliar (AF). Os resultados apresentados evidenciaram que o inseticida extrato aquoso de folha de nim na dose de 1,00 mL L⁻¹ alterou as variáveis bioquímicas apresentando elevados teores de CST, Pr e Anths, além de aumentar a área foliar na mesma dose. O fungo entomopatogênico *M. anisopliae* também promoveu alterações bioquímicas em plantas de alface hidropônica nas doses 1,25 e 1,50 mL L⁻¹ promovendo altos teores para as variáveis AR, CST, PS, Anths, Sac, Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas e baixos teores de NO₃⁻ (raízes e folhas) e NH₄⁺ (folhas), o que proporcionou o incremento das variáveis fisiológicas MSR (19,38 e 14,88 g), AF (43,97 e 46,85 dm²), MSF (18,26 e 18,35 g) e MSPa (22,31 e 18,00g). De modo diferente dos resultados com os produtos biológicos, plantas pulverizadas com produto químico imidacloprido apresentaram altos teores de NO₃⁻ (raízes) e NH₄⁺ (raízes e folhas), elevados teores de Pro e GB (raízes e folhas), especialmente nas doses 1,25 mL L⁻¹ e 1,50 mL L⁻¹. Por outro lado, apresentou elevados teores de Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas, o que não favoreceu aos parâmetros fisiológicos de crescimento. A cipermetrina não teve destaque para nenhum dos parâmetros bioquímicos e fisiológicos de crescimento nas plantas. Plantas de alface para serem consideradas seguras para o consumo devem estar isentas de qualquer composto ou produto químico que possa provocar danos à saúde ao homem. Logo, altos teores de NO₃⁻ e NH₄⁺ nas folhas são um indicativo de desregulação no metabolismo provocado por inseticidas.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, *Frankliniella schultzei*, *Azadirachta indica*, Neonicotinoides, Piretroides, Estresse por inseticidas.

Insecticides change the biochemical and physiological variables of lettuce plants in hydroponic cultivation?

Abstract - The objective was to investigate the insecticides (imidacloprid, cypermethrin, aqueous neem leaf extract and *Metarhizium anisopliae*) in different doses (0,50; 0,75; 1,00; 1,25 and 1,50 L ha⁻¹) used for control of thrips and their effects on biochemistry and physiology in hydroponic lettuce, cv. Solaris. On the 12th day after the second spraying, insect monitoring was carried out and subsequent evaluation of biochemical parameters: reducing sugar content (AR); total soluble carbohydrates (CST); NO₃⁻; NH₄⁺; sucrose (Sac); chlorophyll *a* (Chls *a*), *b* (Chls *b*) and total (Chls total); carotenoids (Cars) and anthocyanin (Anths); total soluble amino acids (AA); soluble proteins (PS); proline (Pro) and glycine betaine (GB) and the physiological parameters of growth: dry root mass (MSR); dry leaf mass (MSF); dry mass of aerial part (MSPa) and leaf area (AF). The results presented showed that the insecticide aqueous extract of neem leaf in the dose of 1,00 mL L⁻¹ changed the biochemical variables presenting high levels of CST, Pr and Anths, in addition to increasing the leaf area in the same dose. The entomopathogenic fungus *M. anisopliae* also promoted biochemical changes in hydroponic lettuce plants at doses 1,25 and 1,50 mL L⁻¹ promoting high levels for the variables AR, CST, PS, Anths, Sac, Chls *a*, *b* and total and Cars in leaves and low levels of NO₃⁻ (roots and leaf) and NH₄⁺ (leaf), which provided an increase in the physiological variables MSR (19,38 and 14,88 g), AF (43,97 and 46,85 dm²), MSF (18,26 and 18,35 g) and MSPa (22,31 and 18,00 g). Differently from the results with biological products, plants sprayed with imidacloprid chemical showed high levels of NO₃⁻ (roots) and NH₄⁺ (roots and leaf), high levels of Pro and GB (roots and leaf), especially in doses 1,25 mL L⁻¹ and 1,50 mL L⁻¹. On the other hand, it showed high levels of Chls *a*, *b* and total and Cars in the leaves, which did not favor the physiological parameters of growth. Cypermethrin was not highlighted for any of the biochemical and physiological parameters of plant growth. Lettuce plants to be considered safe for consumption must be free from any compound or chemical that could harm human health. Therefore, high levels of NO₃⁻ and NH₄⁺ in the leaves are indicative of dysregulation in the metabolism caused by insecticides.

Keywords: *Lactuca sativa*, *Frankliniella schultzei*, *Azadirachta indica*, Neonicotinoides, Pyrethroids, insecticide Stress.

1. Introdução

Alface (*Lactuca sativa* L.), herbácea anual da família Asteraceae, de aspecto delicado, apresentando caule diminuto, ao qual se prendem as folhas (Filgueira, 2007). É a hortaliça folhosa mais consumida no mundo, principalmente, *in natura* na forma de saladas devido ao sabor, boa digestibilidade, baixo teor calórico e qualidade nutricional pela presença de sais minerais, polifénóis e vitaminas, com destaque ao elevado teor de vitamina A, além de outros compostos bioativos como clorofilas, carotenoides e antocianinas (Llorach et al., 2008; Sala e Costa, 2012; Couto et al., 2015; Santos et al., 2015). Originada de espécies silvestres atualmente encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia ocidental (Filgueira, 2007), a espécie possui expressiva importância econômica na agricultura familiar nas diferentes regiões brasileiras, sendo muito cultivada nas regiões Sul e Sudeste, com clima mais ameno. Devido ao melhoramento genético, que proporcionou cultivo em temperaturas mais altas, a cultura pôde avançar para o Centro-Oeste, Nordeste e Norte do Brasil que são mais regiões muito mais quentes (Kobori et al., 2011; Brzezinski et al., 2017; Sena et al., 2017). Como estas plantas são, geralmente, consumidas em estado natural, i.e. cruas e frescas (Cometti et al., 2004), necessitam de cuidados para controle de insetos fitófagos que ocorrem em todo ciclo das plantas e, portanto, sendo comum o uso de inseticidas visando o controle de pragas na cultura.

O tripses, *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae), inseto fitófago, é considerado em todo mundo a espécie-praga primária no cultivo protegido de alface (Lima et al., 2016). Tanto na fase de ninfa como na fase adulta, o inseto causa severas injúrias na hortaliça (Sala & Costa, 2012; McDougall, 2015; Lima et al., 2016). Este inseto é de difícil de controle, sobretudo devido ao pequeno tamanho, pelo refúgio em local mais inacessível da planta, como o pecíolo foliar, por apresentar elevada taxa de reprodução e muita resistência aos inseticidas utilizados (Monteiro et al., 2001; Shelton et al., 2006). As injúrias causadas pelo tripses são devido à sucção de seiva, injeção de toxinas no sistema vascular das plantas causando danos diretos aos tecidos vegetais, além da transmissão de agentes fitopatogênicos, especialmente vírus Tospovirus spp. (família Bunyaviridae) que acarretam perdas econômicas em várias culturas agrícolas no mundo (Picanço et al., 2000, Monteiro et al., 2001), por ocasionar a doença conhecida como “vira-cabeça”, com sintoma de necrose foliar. É considerado um dos principais complexos virais que infectam a alface e principal

patógeno pelas perdas e prejuízos da cultura (German et al. 1992; Pozzer et al. 1996; Monteiro et al., 2002). O vírus se multiplica no vetor, o tripes, que uma vez infectado é transmissor do vírus por toda sua vida, principalmente na fase larval (Lima et al. 2016), o que torna muito importante o controle deste inseto, em especial, na fase inicial de desenvolvimento dos cultivos, para evitar a propagação da doença e perdas de produção.

Devido as injúrias que estes insetos provocam em hortaliças folhosas é recorrente o uso de inseticidas, sendo os químicos os mais utilizados devido a sua praticidade e rápida obtenção de resultados de eficácia. Porém, sua utilização é realizada com maior frequência e em doses cada vez mais altas, o que pode prejudicar a cultura provocando comprometimento das funções bioquímicas e fisiológicas nas plantas (Shakir et al., 2018), tais como interferência nos processos fisiológicos como crescimento celular, diminuição dos pigmentos fotossintéticos, respiração celular e possíveis alterações nas rotas biossintéticas do vegetal (Shakir et al., 2016).

Como opção aos inseticidas químicos, os inseticidas biológicos, podem ser incluídos ao plano de manejo integrado de pragas, conferindo maior sustentabilidade aos cultivos e possíveis diminuições dos efeitos deletérios ocasionados por estes produtos nos processos fisiológicos e no metabolismo das hortaliças.

Contudo, são poucos inseticidas registrados e disponíveis para controle de tripes na cultura da alface, entretanto, é comum o uso de imidacloprido (neonicotinóides) e cipermetrina (piretroides), além de bioinseticidas como o extrato vegetal de nim (*Azadirachta indica*, A. Juss., Meliaceae) e o fungo *Metarhizium anisopliae* Metsch pelos produtores de hortaliça. Essa falta de rotação com mecanismos de ação diferentes dificulta o controle destes insetos (Lima et al., 2016) e colabora para seleção de organismos resistentes, devido ao uso de estratégias de controle baseadas em sucessivas pulverizações destes inseticidas, até a redução da população a níveis aceitáveis.

O imidacloprido e a cipermetrina são inseticidas amplamente usados para o controle de insetos sugadores de seiva na agricultura brasileira. Estudos sobre os inseticidas químicos alfa-cipermetrina e imidacloprido quando pulverizados com doses acima da recomendada de 240 e 160 mg L⁻¹ resultaram em baixa produção de pigmentos fotossintéticos na germinação e plântulas de tomate com consequências na redução da produtividade (Shakir et al., 2016).

Por outro lado, os bioinseticidas oriundos de extratos de plantas são considerados uma fonte natural de controle de insetos. Em particular, a árvore Nim (*A. indica*) atraiu a atenção global como uma fonte potencial de ingrediente ativo naturais (Parween et al., 2011), devido a conter o ingrediente ativo azadiractina, conhecido por afetar adversamente a oviposição, alimentação e crescimento de mais de 540 espécies de insetos pragas (Naumann e Isman, 1995).

O *M. anisopliae* é um fungo entomopatogênico comumente usado no controle biológico de insetos fitófagos podendo afetar as suas diferentes fases de desenvolvimento, quando em contato com o hospedeiro, os esporos do fungo aderem à superfície da cutícula do inseto, germinam e produzem estruturas especializadas (apressórios) que permitem a penetração do tegumento através de uma combinação de enzimas e forças mecânicas que após a penetração, as hifas fúngicas invadem e proliferam na hemolinfa do hospedeiro, levando à mortalidade do inseto (Mora et al., 2016). Além de ser atribuído bons resultados quando inoculado em soja proporcionando incremento da parte aérea, biomassa fresca e seca da parte aérea, área foliar, conteúdo de clorofila, taxa de transpiração e pigmentos fotossintéticos quando comparados a plantas expostas a estresse salino por cloreto de sódio e as plantas controle (Khan et al., 2012).

A maioria dos estudos ressalta os efeitos dos inseticidas químicos ou biológicos no controle dos insetos, relacionando-os à produtividade da cultura. Porém, são escassas as pesquisas que avaliam os efeitos destes nos parâmetros bioquímicos e fisiológicos das plantas, os quais contribuem para a produtividade e qualidade do vegetal (Parween et al., 2012; Shakir et al., 2018).

Baseando-se na hipótese que o imidacloprido, cipermetrina, extrato aquoso de folha de nim e fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* usados para controle do tripses possam impactar negativamente a qualidade da alface, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos destes inseticidas em alguns atributos bioquímicos e fisiológicos: (i) teores de açúcares redutores, (ii) carboidratos solúveis totais, (iii) nitrato, (iv) amônio livre, (v) sacarose, (vi) clorofila *a*, *b*, total, (vii) carotenoides, (viii) antocianinas, (ix) aminoácidos solúveis totais, (x) proteínas solúveis, (xi) prolina, (xii) glicina betaína e (xiii) crescimento pela biomassa seca da raiz, folhas, parte aérea e área foliar.

2. Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, localizada nas dependências da empresa Hidroponia Maria Sena S.A, município de Ananindeua, PA, Brasil. A casa de vegetação composta por três bancadas de cultivo com 10 perfis hidropônicos com 8 m de largura e 26 m de comprimento (8 x 26 m) em polipropileno, com diâmetro de 75 mm, espaçados a cada 0,15 m. Cada perfil hidropônico possuía espaçamento de 0,17 m entre plantas, totalizando 1.080 orifícios de 7 cm de raio, com alturas variáveis de 0,80; 1,0; 1,20 e 1,40 m da superfície do solo, possuindo uma inclinação de 3%. A vazão média mantida em perfil foi de 1,5 L min⁻¹.

Foram utilizadas mudas de alface cv. Solaris, grupo crespa, as quais foram produzidas em bandeja de 200 células contendo substrato Plantimax®. A semeadura foi realizada no dia 10/06/2019 e a emergência das plantas ocorreu no dia 12/06/2019. As plantas de alface foram aclimatadas por 21 dias e o transplante foi realizado no dia 03/07/2019 em condições de luz natural, em temperatura média de 33°C ± 31,5°C e umidade relativa de 80% ± 90%.

O cultivo hidropônico foi realizado segundo a metodologia de Furlani et al. (1999). Para tanto, foi usado o sistema NFT- nutriente film technique ou fluxo laminar de nutrientes, com as raízes submersas em uma fina lâmina de solução nutritiva. O sistema hidropônico foi acionado por meio de um temporizador, que ligava o conjunto motobomba, fornecendo a solução nutritiva em intervalos regulares, programado para manter o fluxo intermitente, com ligação a cada 15 minutos no período diurno (quatro vezes em 60 min) e 15 minutos no período noturno (uma vez em 60 min).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em fatorial 4x5+1 com inseticidas, cinco doses de cada produto (0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 L ha⁻¹) e um tratamento controle (0,0 L ha⁻¹), totalizando 21 tratamentos, com quatro repetições. Cada unidade experimental continha 32 plantas das quais foram usadas 20 plantas por tratamento. Foi mantida uma faixa de 0,50 m de largura sem plantas, visando reduzir a movimentação de ninfas e adultos entre os tratamentos.

Para os tratamentos foram escolhidos quatro inseticidas, sendo dois químicos, imidacloprido e cipermetrina e dois biológicos, extrato aquoso de folha de nim e fungo entomopatogênico (*M. anisopliae*), descritos a seguir:

(a) imidacloprido, grupo dos neonicotinóides, fórmula química $N-[1-[(6\text{-chloropyridin-3-yl)methyl]-4,5\text{-dihydroimidazol-2-yl}] \text{ nitramide}$, na formulação comercial Provado SC® (200 g L⁻¹) fabricado pela Bayer AG Co., nas doses: 0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia., este registrado para controle de tripses em alface;

(b) cipermetrina, grupo dos piretroides, fórmula química $[S,R]\text{-}\alpha\text{-cyano-3-phenoxybenzyl-(1R,1S,cis,trans)-2,2-dimethyl-3-(2',2'\text{-dichlorovinyl)cyclopropane carboxylate}$, com 250 g ha⁻¹ de i.a na formulação comercial Cipermetrina Nortox 250 CE®, nas doses: 0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia.;

(c) extrato aquoso de folha de nim (*A. indica*) preparado segundo a metodologia de Viana & Ribeiro (2010), modificada na utilização de 40g de folha de nim a cada 100 mL de água destilada, nas doses: 0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia.;

(d) Metarril, CEPA ESALQ E9 - Registro no MAPA 6605- 1,39 x 10⁸ con mL⁻¹ – Koppert, dissolvido em água destilada formando uma solução estoque e posteriormente foram retiradas as alíquotas usadas nos tratamentos, nas doses: 0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 g 1,5L do ia.

A metodologia consistiu em duas pulverizações, a primeira no 10^o dia após o transplântio da alface com infestação de 9,4 ninfas e adultos/planta (1^a pulverização) e no 17^o dia com infestação de 6,4 ninfas e adultos/planta (2^a pulverização). As aplicações de cada tratamento foram realizadas às sete horas da manhã com auxílio de um pulverizador costal elétrico (ponta TT11001) a 2 bar, velocidade de 1,8 m s⁻¹ e volume de aplicação de 100 L ha⁻¹. Mediu-se ambas temperaturas e umidade relativa no momento de cada aplicação. As médias no dia da 1^o pulverização foram 30 °C e 80%, respectivamente, enquanto na 2^o pulverização foram 28°C e 88%.

Aos 28 dias do transplântio, oito dias da 2^a pulverização, para a coleta das plantas, primeiramente foi monitorada e verificada a taxa de mortalidade do tripses nas plantas de alface cv. Solaris sob efeito dos inseticidas, utilizando-se diagnose visual. Os resultados de mortalidade do tripses foi realizada pelo software AgroEstat® (Barbosa e Maldonado Jr., 2015). As diferenças significativas entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Após a verificação dos resultados de mortalidade, procederam-se às avaliações bioquímicas e fisiológicas, as quais foram realizadas no Laboratório de Estudos em Biodiversidades de Plantas Superiores (EBPS), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, Brasil, a saber:

(i) Teores de açúcares redutores

O conteúdo de açúcares redutores totais (AR) foi determinado de acordo com Rinner et al. (2012). Foram pesados em tubos de ensaio 20 mg de massa seca (MS) das folhas e das raízes de material oriundo de várias amostras de alface no mesmo tempo de coleta, adicionando em seguida 2,5 mL de etanol a 80%. Posteriormente as amostras foram levadas ao banho-maria durante 1 h a 75 °C, com agitações a cada 15 min. O material foi centrifugado e o sobrenadante coletado. Todo este processo foi repetido mais duas vezes, reunindo assim um extrato total com volume a ser completado para 10 mL com etanol a 80%.

A determinação da concentração dos açúcares redutores foi realizada a partir da adição de 500 µL do extrato e 500 µL do reativo de Nelson AB ao extrato (12,5 mL do reativo A + 0,5 mL do reativo B). Os tubos foram tamponados e aquecidos a 100 °C por 20 min., e em seguida resfriados em banho de gelo e água, adicionando em seguida 500 µL da solução arsenitomolibídica e agitação em vórtex. Posteriormente foi realizada a adição de 3,5 mL de água destilada e direcionado ao vórtex. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro à 540nm, tendo como “branco” um tubo de ensaio contendo 500 µL de etanol 80%, 500 µL do reativo de Nelson AB e 500 µL da solução arsenitomolibídica, após banho de gelo e 3,5 mL de água destilada.

(ii) Carboidratos solúveis totais

A quantificação de carboidratos solúveis totais (CST) foi feita mediante a análise colorimétrica, utilizando-se o método do fenol-sulfúrico (Dubois et al., 1956). Das amostras coletadas e mantidas sob refrigeração, macerou-se 0,5 g de material oriundo de várias amostras de alface no mesmo tempo de coleta. Em seguida, foram submetidas à fervura em etanol 80% a 100 °C em banho-maria, durante 5 min, por três vezes (extração tripla). Os extratos foram centrifugados três vezes a 3.000 rpm, por 10 min, e filtrados em microfibras de vidro. Obtiveram-se, então, 22 extrações alcoólicas: quatro extrações para os tempos de coleta de 7, 14, 21 e 28 dias e três para os tempos de coleta de 35 e 42 dias (os cotilédones não estavam mais presentes). O resíduo sólido foi mantido em refrigeração e, posteriormente, utilizado para quantificação de amido. A leitura em espectrofotômetro a 490 nm de absorbância, sendo a determinação feita para cada uma das partes das plântulas e tempo de coleta, com três repetições para cada extração.

(iii) Nitrato

A determinação do teor de nitrato (NO_3^-) pelo método de Cataldo et al. (1975), no qual foi pesado 50 mg de folhas e raízes previamente liofilizadas, em seguida foram adicionadas em tubos de ensaio contendo 5,0 mL de água destilada, e estes incubados em banho-maria por 30 min. a 100 °C. Em seguida, este quantitativo foi centrifugado a 3.000 rpm por 10 minutos e retirado o sobrenadante. A reação foi preparada em tubo de ensaio contendo 100 μL do extrato + 200 μl de solução de ácido salicílico 5 % (p/v), em ácido sulfúrico concentrado.

Após vigorosa agitação em agitador do tipo vortex, os tubos foram adicionados lentamente nos tubos 4700 μL de NaOH 2N. Os tubos foram deixados em repouso até atingirem a temperatura ambiente por cerca de 20 min. Após este processo, foram feitas leituras em espectrofotômetro na absorvância de 410 nm. O branco foi realizado usando água deionizada em substituição ao extrato.

(iv) Amônio livre

O conteúdo de amônio livre (NH_4^+) verificado pelo método de Weatherburn (1967), em que utilizou-se 50 mg de massa seca (MS) das folhas e raízes em pó de alface, e colocados em tubos de ensaio de 15 mL, onde foram adicionados 5 mL de água destilada e levados ao banho-maria por 30 min. a 100 °C. Após a extração as amostras foram centrifugadas em centrífuga de bancada (1000 rpm) e os sobrenadantes coletados para obtenção do extrato total. Nos tubos de ensaio foram acrescentados 400 μl de extrato total + 2,5 mL da solução A (5 g de fenol + 0,025 g de nitroprussiato de sódio/500 mL de água destilada) e homogeneizado em vortex, acrescentando mais 2,5 mL da solução B (2,5 g de NaOH. + 12,6 mL de hipoclorito de sódio/ 500 mL de água destilada) e agitados novamente em vortex, levando-os ao banho-maria por 20 min. a 37 °C. Após esse período foram removidos do banho-maria e deixados em repouso por 40 min., em seguida, levados para a leitura no espectrofotômetro a 625 nm e usando-se água destilada (em substituição ao extrato) + reagentes como branco. As concentrações de amônio livre foram estimadas a partir da curva-padrão construída com $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ p.a (Sigma).

(v) Sacarose

O conteúdo de sacarose (Sac) foi mensurado de acordo com Van Handel (1968). Para a extração, 50 mg do material liofilizado e 1,5 mL de solução MCW (solução de metanol, clorofórmio e água 12:5:3 v/v) foram colocados em eppendorfs e ficaram sob agitação a 25°C, por 30 min. O material homogeneizado foi centrifugado a 10.000 x g, por 10 min e depois o sobrenadante foi coletado. O resíduo foi extraído pela segunda vez nas mesmas condições anteriores, seguido de centrifugação e coleta do sobrenadante. Os sobrenadantes foram então reunidos para a obtenção do extrato total. Na segunda parte do método foram adicionados em tubos de ensaio 2 mL do extrato, 0,5 mL de clorofórmio e 0,75 mL de água. Os tubos foram centrifugados a 2.000 g, por 10 min, para a separação da fase aquosa. Em seguida, a fração aquosa metanólica foi coletada e transferida para banho-maria a 35 °C, por 30 min, para a evaporação do clorofórmio residual. A partir da fase aquosa foi realizada a dosagem da sacarose. Em tubos de ensaio foram adicionados 0,1 mL da fração aquosa e 0,1 mL de KOH 30% e aquecidos em banho-maria a 100°C, por 10 min. Após o resfriamento foram adicionados aos tubos 3 mL de antrona (antrona 0,2% em ácido sulfúrico), e os tubos posto em banho-maria a 40 °C, por 20 min. Após esse período, foram feitas as leituras em espectrofotômetro a 620 nm.

(vi) Pigmentos vegetais

O conteúdo de pigmentos vegetais, clorofilas *a* (Chl *a*), clorofila *b* (Chl *b*) e clorofila total (Chl total); carotenoides (Cars) e antocianinas (Anths) foi verificado pelo método Lichtenthaler (1987) utilizando-se 50 mg de massa foliar fresca, em triplicata. Para a extração de Chls *a*, *b* e Cars utilizou-se acetona 80% e os extratos foram mantidos por 48h, sob refrigeração. Para a extração de Anths foi utilizado 0,48mL de metanol (99% v/v) acidificado com HCl (99 mL de metanol + 1 mL HCL), procedendo-se a agitação por 36h, a 60 xg, em 4°C. A seguir, foram adicionados 0,36mL de H₂O destilada e 0,96mL de clorofórmio e, procedeu-se a agitação por 15min, a 4°C, em 5000 xg. As leituras de absorbâncias das soluções foram realizadas em espectrofotômetro Beckman, modelo DU-640 nos comprimentos de 663nm (Chl *a*), 647nm (Chl *b*), 470nm (Cars) e 535 nm (Anths).

(vii) Aminoácidos solúveis totais

A quantificação de aminoácidos solúveis totais (AA) foi determinada segundo método de Peoples et al. (1989). Foram adicionados em eppendorfs de 2 mL, 2 mg de pó da massa seca (MS) das folhas e das raízes em pó de alface, em seguida adicionando 2mL de água destilada, homogeneizando em agitador e banho maria por 30 min. à 100° C, respectivamente. Após este processo, os tubos foram centrifugados (2500 rpm por 5 min.). Posteriormente foi adicionado em cada microtubo 200 µL de mix 1 de reação, 200 µl de mix 2 de reação, 320 µl de água destilada e 80 µl de extrato, em seguida agitou-se os microtubos e incubou-se a 100°C por 15 min. Em seguida a reação foi resfriada com choque térmico usando água e gelo. E adicionou-se 1200 µl de etanol a 50%. As amostras foram mantidas por 20 min. a temperatura ambiente. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 570 nm. O branco foi feito usando 200 µl de mix 1 de reação, 200 µl de mix 2 de reação, 400 µl de H₂O e 1200 µl de etanol a 50%.

(viii) Proteínas solúveis

Os teores de proteínas solúveis (PS) foram determinados pelo método de Bradford (1976) em que se utiliza albumina sérica bovina. Amostras foliares foram colocadas em tubos de ensaio de 15 mL contendo 100 mg de pó de massa seca (MS) das folha e das raízes, sendo adicionados 5,0 mL do tampão de extração (TrisHCl 25 mM pH 7,6). Em seguida os tubos, foram devidamente lacrados, para serem submetidos ao processo de agitação durante 2 h no agitador de mesa. Após esse processo, os tubos foram centrifugados em centrífuga de bancada (2000 rpm por 10 min). Posteriormente, foram colocados nos tubos de ensaios 100 µL do sobrenadante após a centrifugação + 2,5 mL do reagente de Bradford. Após este processo os tubos foram manualmente agitados delicadamente (para não desnaturar as proteínas). Com 15 min de repouso as leituras foram realizadas no espectrofotômetro a 595 nm. O branco foi 100 µL de água + 2,5 mL do reagente de Bradford. As concentrações de proteínas solúveis totais foram estimadas a partir da curva-padrão construída com soro albumina bovina p.a (Sigma).

(ix) Prolina

Os teores de prolina (Pro) livre foram determinados conforme método de Bates et al. (1973). Amostras de 0,5 g tecido foliar (massa seca) trituradas foram homogeneizadas em 5 mL de água deionizada e incubadas em banho-maria a 100°C por 30 min, seguido de centrifugação a 10000 x g por 10 min (centrífuga modelo BeckmanAvanti J-25). Em 1 mL do sobrenadante foi adicionado 1 mL de ácido acético glacial (P.A.) e 1 mL de ninhidrina ácida. Após aquecimento em banho-maria a 100°C por 60 min, a reação foi interrompida em banho de gelo. O cromóforo formado foi extraído com 3 mL de tolueno e os tubos de ensaio contendo o cromóforo e tolueno foram mantidos no escuro. A seguir, a absorbância da camada orgânica superior foi lida em espectrofotômetro a 520 nm. A concentração de prolina foi estimada tomando como referência uma curva-padrão de L-prolina (Sigma-Aldrich) e expressa $\mu\text{mol prolina g}^{-1} \text{ MS}$.

(x) Glicina Betaína

Os teores de glicina betaína (GB) foi determinada conforme a metodologia de Grieve e Grattan (1983). Amostras de 0,5 g de tecido foliar seco (massa seca) triturados foram homogeneizados em 2 mL de água deionizada e mantidas sob agitação constante por 24 h a 25°C. Após centrifugação a 3500 x g por 10 min a 25°C, uma alíquota de 250 μL do sobrenadante foi misturada com igual volume de 2 N H_2SO_4 e incubada em banho de gelo por 60 min. A seguir, 200 μL de iodeto de potássio foi adicionado e, após agitação vigorosa, foram mantidas em overnight por 16 h a 0°C. Após este período, foram centrifugadas a 3500 x g por 15 min a 0°C e o sobrenadante foi descartado. Os cristais de periodato foram lavados duas vezes com 2 mL de 1 N H_2SO_4 gelado (8°C). As amostras foram centrifugadas a 3500 x g por 5 min a 0°C e o sobrenadante foi descartado. Os cristais de periodato foram dissolvidos com 3 mL de 1,2-dicloroetano (0°C) e as absorbâncias registradas a 365 nm. O conteúdo de GB foi determinado pela curva padrão usando GB (Sigma-Aldrich) e os resultados expressos em $\mu\text{mol de GB g}^{-1} \text{ MS}$.

(xi) Avaliações fisiológicas de Crescimento

Após a coleta, folhas e caules das plantas foram colocadas em sacos de papel para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C, sendo então mensurada a massa seca da raiz (MSR), folha (MSF), parte aérea (MSPa) e área foliar obtidas com auxílio do medidor LI-COR Mod. LI- 3100, EUA.

Tratamento estatístico

A análise estatística dos dados foi realizada pelo auxílio do software AgroEstat® (Barbosa e Maldonado Jr., 2015). As diferenças significativas entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. Resultados

3.1 Inseticidas químicos e biológicos nas variáveis bioquímicas de alface hidropônica

Ao oitavo dia após a segunda aplicação dos inseticidas, as alfaces foram colhidas e avaliaram-se as variáveis bioquímicas e fisiológicas de crescimento de alface. A pulverização dos inseticidas químicos e biológicos causaram aumento no teor de AR ($F = 8,4$; $p < 0,01$), CST ($F = 10,2$; $p < 0,01$) e PS ($F = 8,4$; $p < 0,01$) nas folhas de alface hidropônica cv. Solaris quando comparados ao controle. Sendo que o extrato aquoso de folha de nim resultou em aumento significativos ($p < 0,05$) das variáveis AR, CST e PS nas folhas representado acréscimo de 330%, 300% e 120% quando comparado as plantas controle respectivamente. O *M. anisopliae* apresentou os menores teores nas raízes para a variável CST. Assim como a cipermetrina para CST nas folhas (Tabela 1).

Observou-se que as plantas pulverizadas com o extrato aquoso de folha de nim apresentaram as menores médias para os pigmentos fotossintéticos com baixos teores de Chls *a* ($F = 3,1$; $p < 0,01$), Chls *b* ($F = 3,6$; $p < 0,01$), Chls total ($F = 4,6$; $p < 0,05$) nas folhas. Plantas pulverizadas com imidacloprido e *M. anisopliae* apresentaram maiores teores de Chls *a*, Chls *b* e Chls total, um aumento de 166%, 18% e 98,2% respectivamente quando comparados as plantas controle (Tabela 1). Este produto induziu diferença para outro pigmento fotossintético, os Cars, aumento de 44% em relação ao controle. Porém, resultou nas menores médias para Anths.

Tabela 1: Efeito de inseticidas químicos e biológicos nos teores de açúcares redutores (AR), carboidratos solúveis totais (CST), proteínas (PS), nitrato (NO_3^-), sacarose (Sac) em massa seca de raiz (r), Chls *a*, *b* e total, carotenoides (Cars) e antocianinas (Anths) em massa fresca de folhas de alface hidropônica cv. Solaris.

Produto	AR	CST	CST	PS	NO_3^-	Sac
	(f)	(f)	(r)	(f)	(r)	(r)
	($\mu\text{mol g}^{-1}$)	($\mu\text{mol g}^{-1}$)	(mg g^{-1})	(mg g^{-1})	(mmol kg^{-1})	(mg g^{-1})
Imidacloprido	1,138 B	0,874 BC	0,494 AB	4,667 B	0,095 A	6,204 C
Cipermetrina	0,969 B	0,790 C	0,72 A	4,826 B	0,040 B	6,364 BC
Ext. aq. fol. nim	1,804 A	1,244 A	0,489 AB	6,758 AB	0,040 B	8,357 AB
<i>M. anisopliae</i>	1,293 AB	1,079 AB	0,332 B	8,573 A	0,043 B	11,015 A

Produto	Chls <i>a</i>	Chls <i>b</i>	Chls total	Cars	Anths
	ng kg ⁻¹				
Imidacloprido	32,275 A	14,996 A	48,968 A	11,871 A	48,166 B
Cipermetrina	27,478 B	10,380 AB	29,659 B	11,979 B	88,171 A
Ext. aq. fol. nim	26,150 B	7,644 B	36,539 AB	12,557 AB	95,868 A
<i>M. anisopliae</i>	32,336 A	9,709 AB	38,407 AB	17,971 A	85,912 A

Nota: Dose Recomendada pelo fabricante Imidacloprido: 1,0 mL L⁻¹; Cipermetrina: 0,5 mL L⁻¹ e *M. anisopliae*: 1,5 mL L⁻¹. Ext. aq. fol. nim: Extrato aquoso de folha de nim. Fonte: a autora, 2020. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O inseticida químico imidacloprido quando pulverizado em plantas de alface no intervalo de doses de 0,50 e 0,75 mL L⁻¹ resultou nos maiores teores de AA (F= 8,7; p < 0,01) nas folhas. Contudo, observou-se que a partir da dose de 1,00 mL L⁻¹ os teores de AA decresceram simultaneamente (Figura 1).

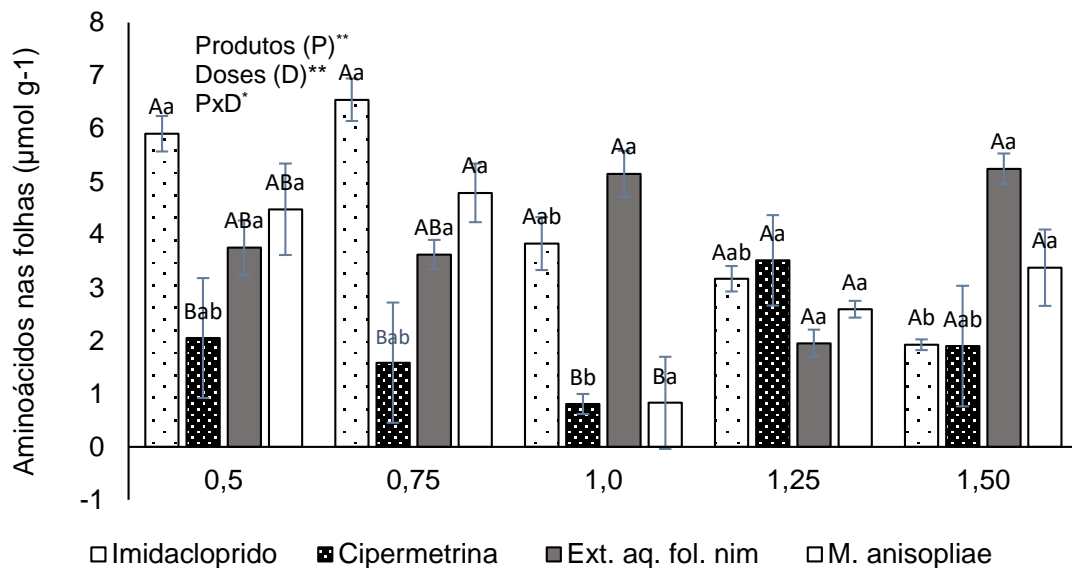


Figura 1: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores Aminoácidos solúveis totais (AA) nas folhas de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Os inseticidas podem afetar o metabolismo do nitrogênio podendo aumentar o teor de aminoácidos nas folhas e isso pode aumentar a incidência de insetos pois os aminoácidos servem de alimento prontamente disponível (Parida et al., 2004). Assim, o aumento dos teores de aminoácidos influenciado pela aplicação dos inseticidas avaliados no estudo, em especial pelo imidacloprido em doses não recomendadas pelo fabricante podem tornar as plantas mais atrativas aos insetos.

Para as raízes (Tabela 1), o imidacloprido resultou nas maiores médias para o teor de NO_3^- ($F = 12,3$; $p < 0,01$), representando um aumento de 141% em comparação com o tratamento controle. Para os demais produtos as médias não diferiram entre si. Nas folhas este mesmo produto na dose de $1,00 \text{ mL L}^{-1}$ (recomendada pelo fabricante) apresentou as maiores médias para o teor de NO_3^- ($F = 15,3$; $p < 0,05$). Enquanto as menores médias para NO_3^- nas folhas foram obtidas por meio das plantas pulverizadas com os inseticidas biológicos extrato aquoso de folha de nim e *M. anisopliae*, com destaque para a dose de $1,50 \text{ mL L}^{-1}$ do extrato de nim ($0,011 \text{ mmol Kg}^{-1}$) resultando nos mais baixos teores de NO_3^- do experimento (Figura 2).

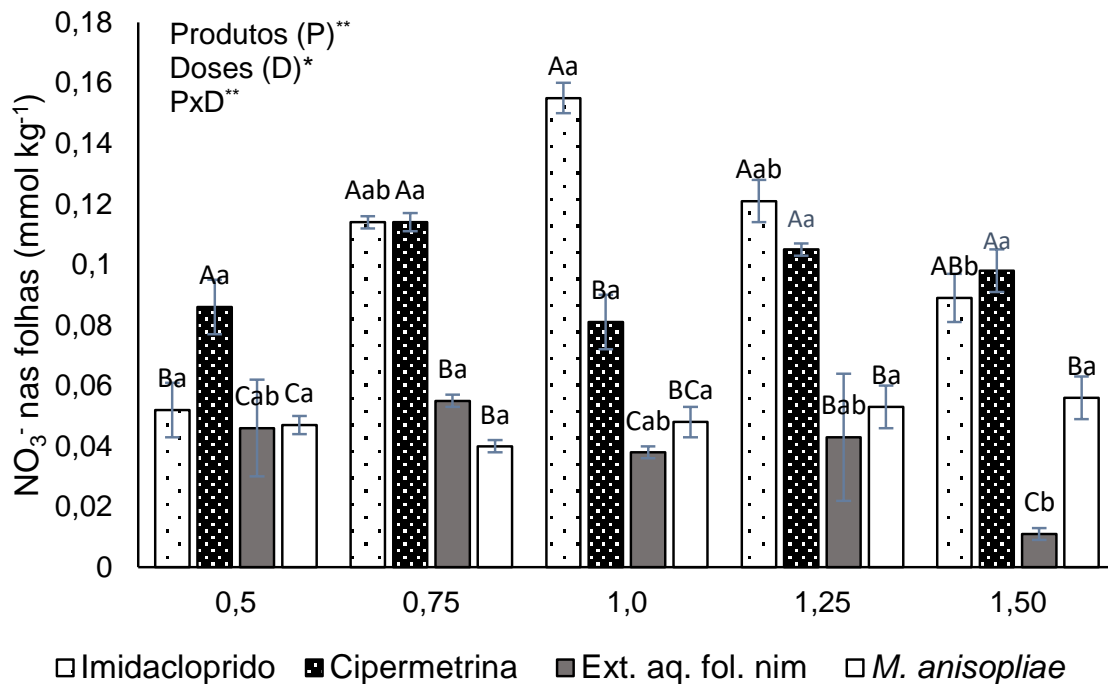


Figura 2: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores de NO₃⁻ nas folhas de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

O teor NH₄⁺ ($F = 3,5$; $p < 0,05$) nas raízes aumentaram quando as plantas foram pulverizadas com os inseticidas químicos imidacloprido e cipermetrina em todas as doses do experimento, havendo diferenças significativas em todas as doses para as plantas pulverizadas com os inseticidas biológicos extrato aquoso de folha de nim e *M. anisopliae* (Figura 3).

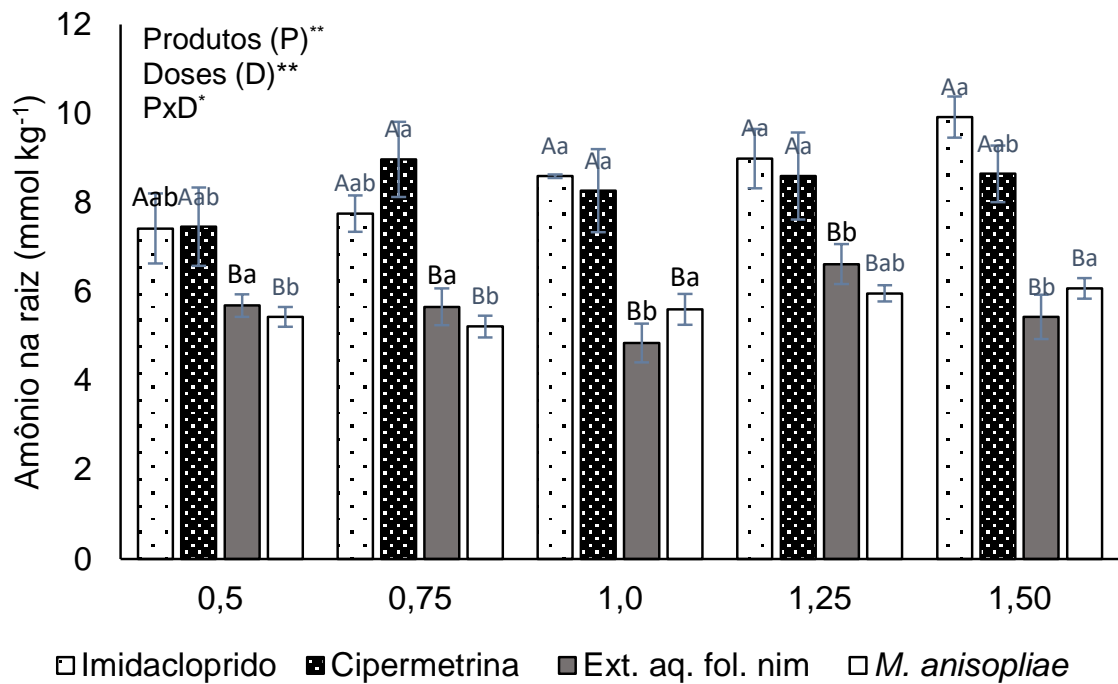


Figura 3: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores de NH_4^+ nas raízes de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Nas folhas, para o teor NH_4^+ o imidacloprido apresentou as maiores médias ($F = 11,6$; $p < 0,05$) em todas as doses utilizadas no experimento, contudo plantas pulverizadas na maior dose $1,50 \text{ mL L}^{-1}$ concentraram os maiores teores de NH_4^+ (Figura 4).

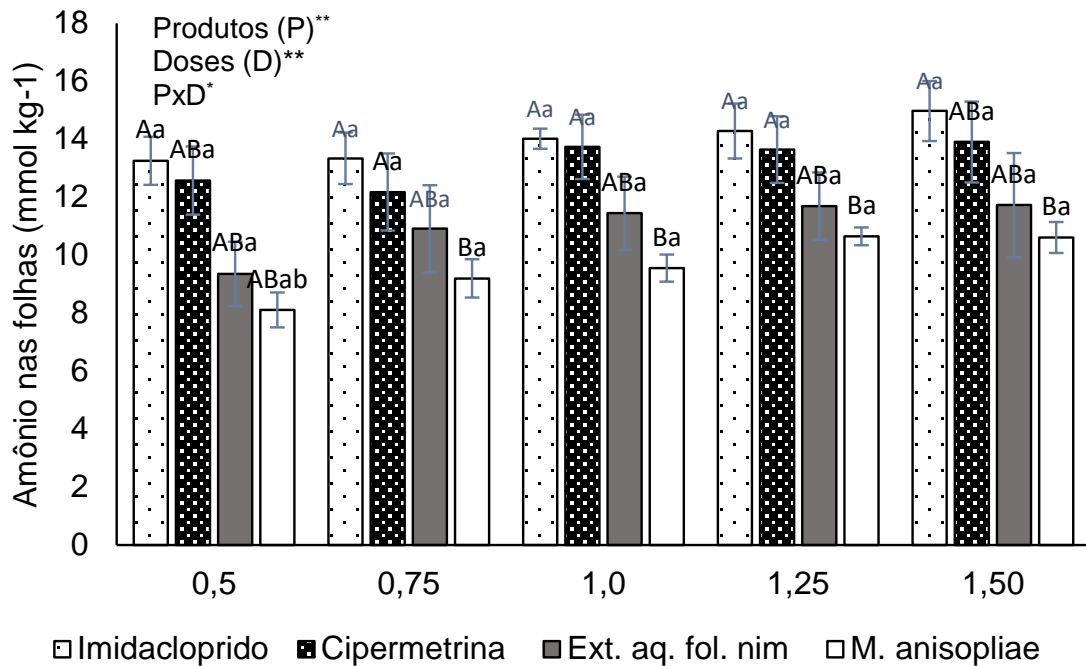


Figura 4: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores de NH_4^+ nas folhas de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Os teores de Sac se comportaram de forma análoga nas raízes e folhas de plantas pulverizadas com *M. anisopliae*, reunindo os maiores teores nas raízes ($F = 30,7$; $p < 0,01$) (Tabela 1) assim como nas folhas ($F = 8,9$; $p < 0,05$), especialmente nas doses de $1,50 \text{ mL L}^{-1}$ com médias ($12,103 \text{ mg g}^{-1}$) de Sac nas folhas de alface (Figura 5).

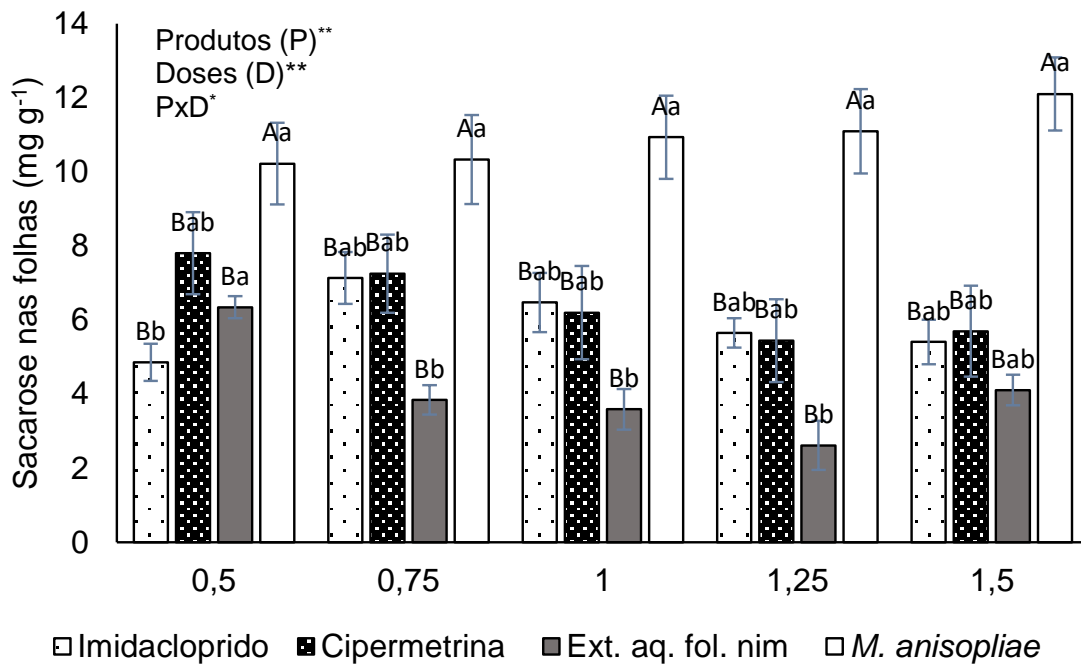


Figura 5: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores de sacarose nas folhas de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Para os teores de prolina, plantas pulverizadas com imidacloprido apresentaram médias crescentes proporcionalmente ao aumento das doses no experimento, com os maiores teores na dose $1,50 \text{ mL L}^{-1}$ nas raízes ($F = 143,2$; $p < 0,01$) (Figura 6) e nas folhas ($F = 417,9$; $p < 0,01$) (Figura 7), acréscimo de 985% (raízes) e 969% (folhas) quando comparado ao controle. Comportamento diferente foi observado através da diminuição dos teores de prolina nas raízes e folhas das plantas pulverizadas com os produtos extrato aquoso de folha de nim e *M. anisopliae* em todas as doses testadas.

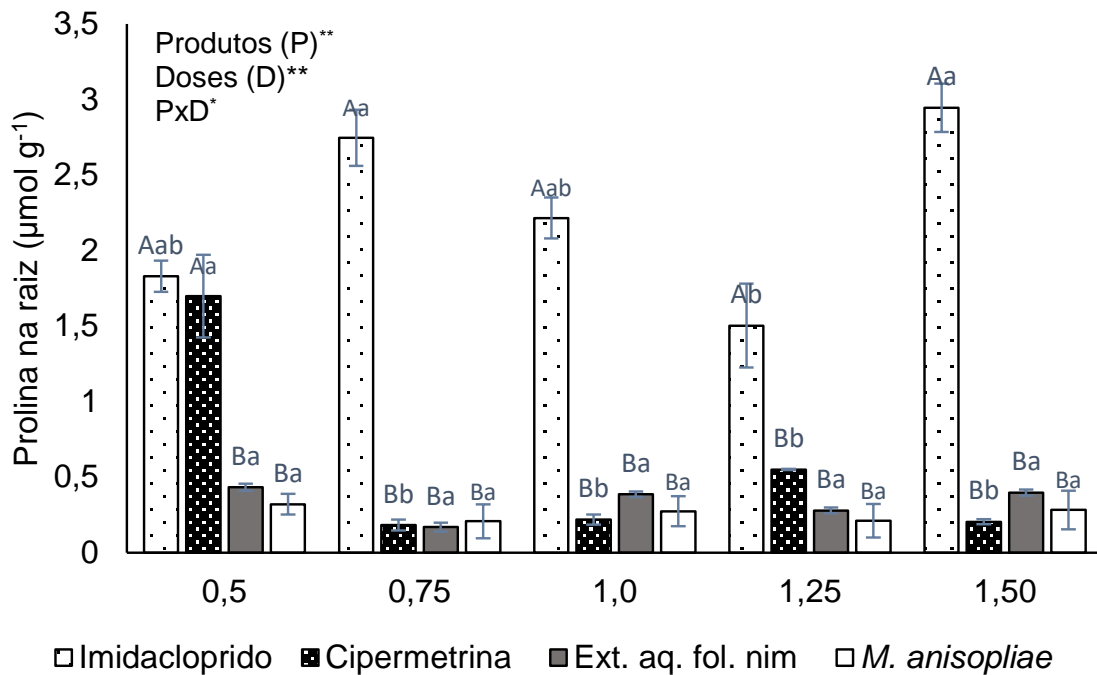


Figura 6: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores de prolina nas raízes de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

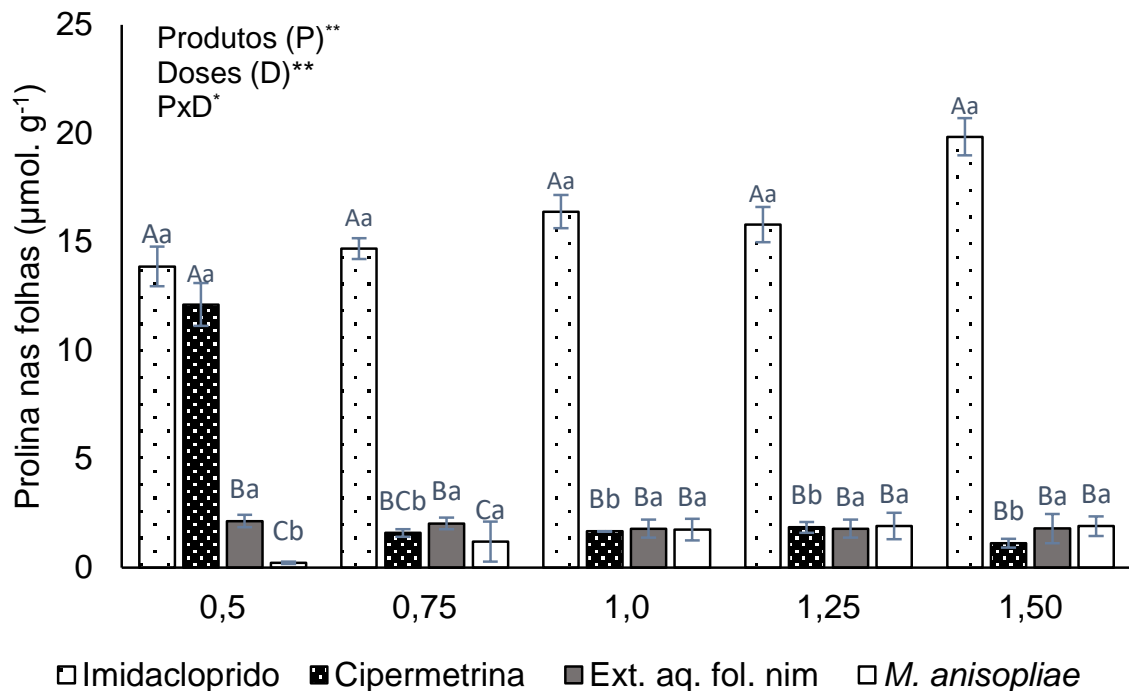


Figura 7: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores de prolina nas folhas de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida.

Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Comportamento similar ocorreu com a variável glicina betaína quando as plantas foram pulverizadas com Imidacloprido ($F = 26,6$; $p < 0,01$), apresentando médias crescentes conforme o aumento da dose, com os maiores teores na dose $1,50 \text{ mL L}^{-1}$ ($48,68 \text{ mg glicina betaína g}^{-1} \text{ MS}$), acréscimo de $12,762\%$ em relação ao controle (Figura 8).

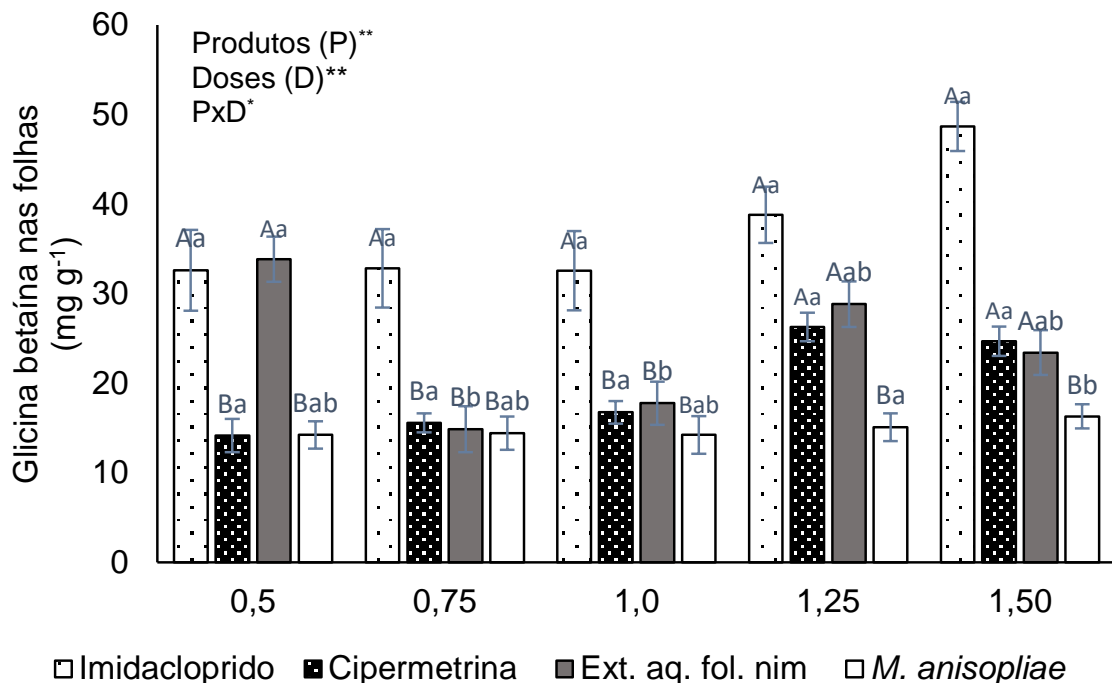


Figura 8: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses nos teores de glicina betaína nas folhas de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

3.2 Inseticidas químicos e biológicos nas variáveis fisiológicas de crescimento de alface hidropônica

Em relação aos parâmetros fisiológicos de crescimento a análise de variância demonstrou que houve significância na interação dos produtos e doses (Figura 9) nas variáveis MSR ($F = 3,0$; $p < 0,05$); AF ($F = 11,9$; $p < 0,01$); MSF ($F = 2,0$; $p < 0,05$) e MSPa ($F = 2,38$; $p < 0,01$)

Massa seca da raiz

Plantas pulverizadas com fungo *M. anisopliae* se diferiram entre si nas doses 0,75 mL L⁻¹ (19,38 g) e 1,25 mL L⁻¹ (18,42 g) obtendo-se os maiores valores de MSR (Figura 9). Ao pulverizar imidacloprido nas mesmas doses registrou-se os menores valores de MSR (12,58 g; 12,25g); bem como ao pulverizar a cipermetrina na dose de 1,25 mL L⁻¹ (12,42 g).

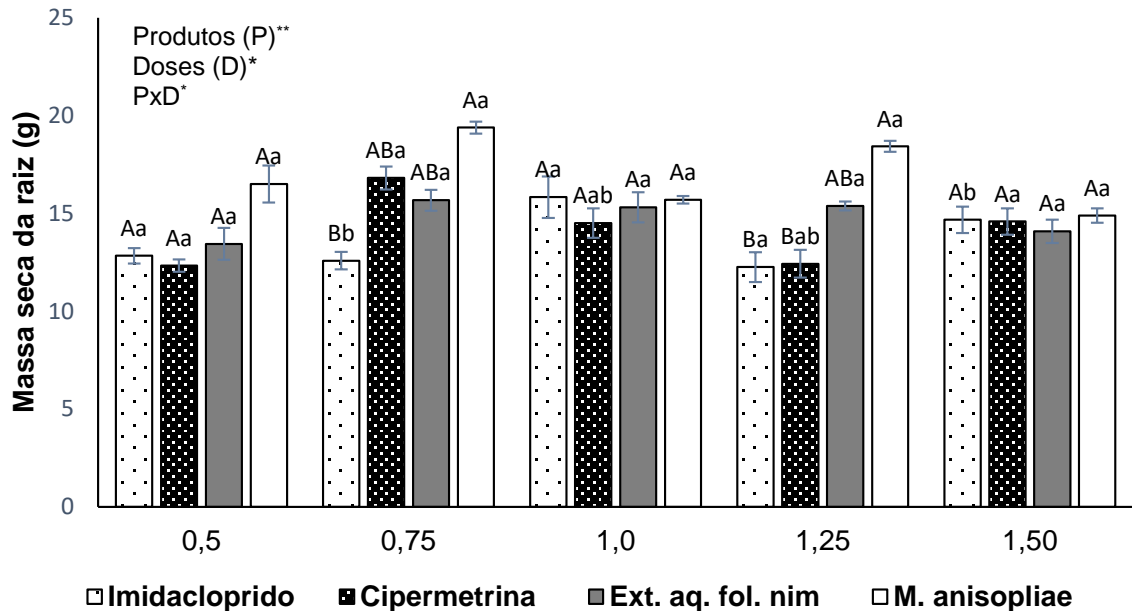


Figura 9: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses para massa seca da raiz de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Massa seca das folhas

Plantas pulverizadas com fungo *M. anisopliae* em todas as doses do experimento resultaram nos maiores pesos de MSF, com expressividade ($p < 0,05$) a partir das doses de 1,00 mL L⁻¹ (18,47 g); 1,25 mL L⁻¹ (18,26 g) e 1,50 mL L⁻¹ (18,20 g). O imidacloprido e a cipermetrina na dose de 1,25 mL L⁻¹ apresentaram os menores valores para MSF (9,87 g e 7,06g) respectivamente (Figura 10).

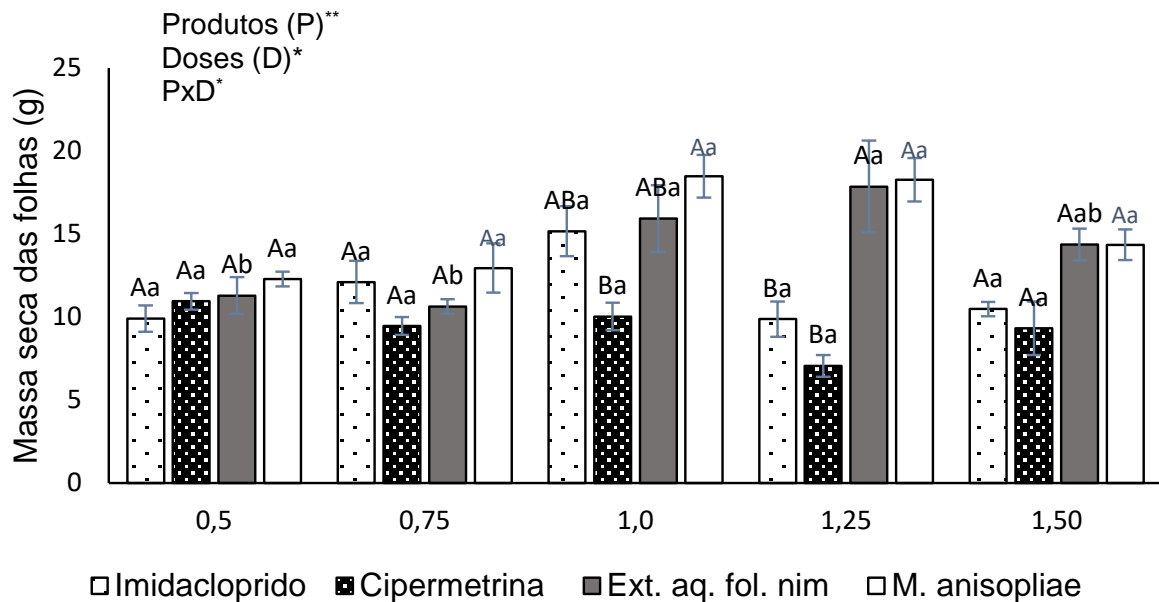


Figura 10: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses para massa seca das folhas de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Massa seca da parte aérea

Acompanhando a MSF, a MSPa apresentou resultados similares (Figura 11). Plantas pulverizadas com *M. anisopliae* na dose de 1,00 mL L⁻¹ (22,65 g) e 1,25 mL L⁻¹ (21,67 g) obtiveram as maiores médias para esta variável. A cipermetrina na dose de 1,25 mL L⁻¹ e 1,50 mL L⁻¹ resultou nas menores médias para MSPa ($F = 2,38$; $p < 0,01$).

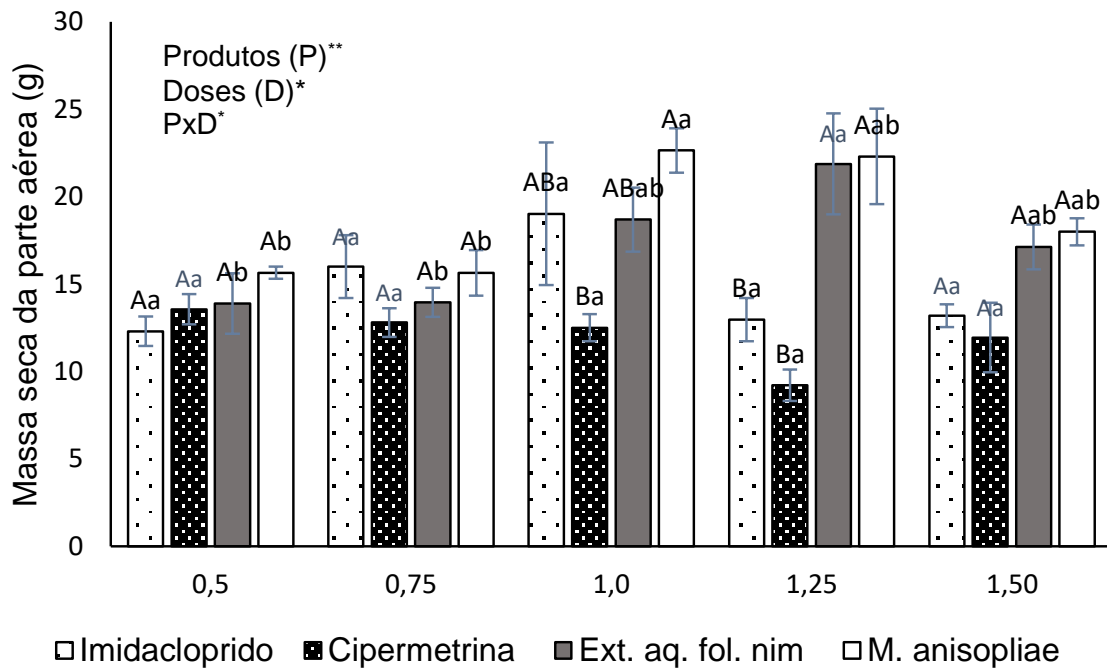


Figura 11: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses para massa seca da parte aérea de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

Área Foliar

Plantas pulverizadas com *M. anisopliae* em todas as doses do experimento resultaram em aumentos progressivos de AF (Figura 12), sendo a dose de 1,50 mL L⁻¹ a maior (46,85 dm²). O extrato aquoso de folha nim a partir da dose 1,00 mL L⁻¹ apresentou médias de AF superior as plantas pulverizadas pelos inseticidas químicos. O imidacloprido nas doses de 1,25 mL L⁻¹ (8,0 dm²) e 1,50 mL L⁻¹ (7,95 dm²) apresentaram os menores valores para AF, assim como a cipermetrina nas mesmas doses (11,44 e 13,89 dm²).

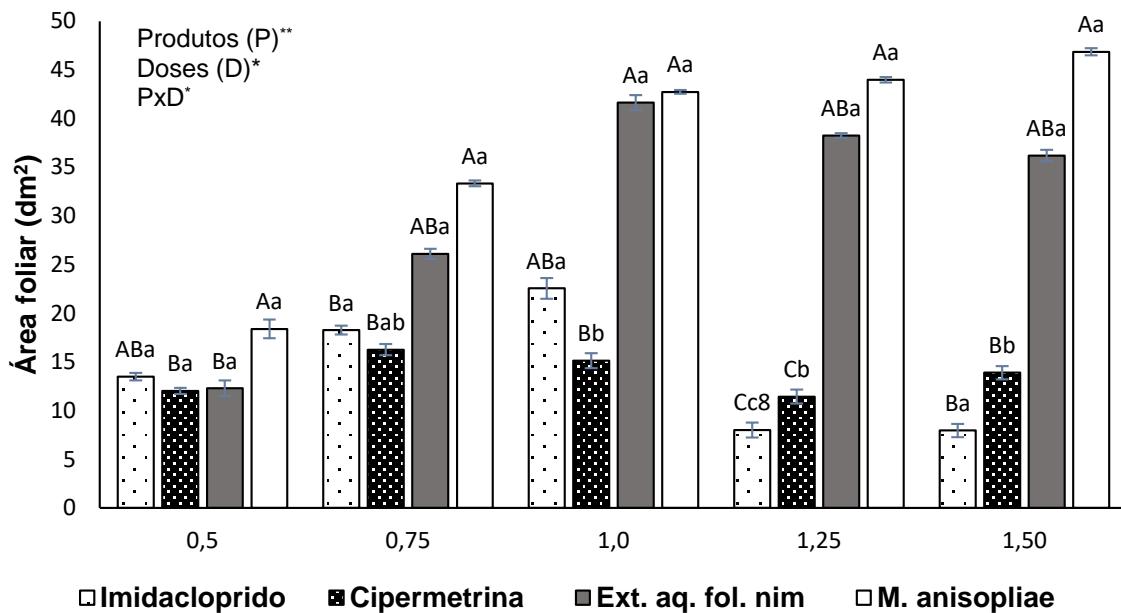


Figura 12: Efeito da interação de inseticidas químicos e biológicos em diferentes doses para área foliar de plantas de alface hidropônica, cv. Solaris. Fonte: a autora, 2020. Letras maiúsculas comparam diferenças entre os inseticidas. Letras minúsculas, comparam diferenças entre as doses dentro de cada inseticida. Comparações seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey $p < 0,05$.

4. Discussão

Efeito dos inseticidas químicos e biológicos no metabolismo do Carbono de alface hidropônica

De acordo com a análise de variância houve um incremento dos AR, CST e Pr, com redução dos pigmentos fotossintéticos (Chls *a*, *b* e total) em plantas pulverizadas com o produto biológico a base de extrato aquoso de folha de nim. Esse aumento pode estar relacionado a ativação de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), glutatona redutase (GSH), peroxiredoxina (Prx), catalase (CAT), polifenol oxidase (PPO), entre outras) habilitando-as para diminuir os danos oxidativo sob condições de estresse provocado pelo inseticida podendo afetar os pigmentos fotossintéticos (Latif e Mohamed, 2016).

O acúmulo de açúcares redutores em plantas expostas ao estresse por agrotóxicos pode ocorrer em decorrência da liberação de hexoses. Estas são oriundas da hidrólise da sacarose, em função da ação da enzima invertases, que pode disponibilizar monossacarídeo para os processos anabólicos ou catabólicos dos

vegetais, além de fornecerem açúcares redutores para o ajustamento osmótico. Esse acúmulo de hexoses pode contribuir para o ajustamento osmótico, evitando maiores danos celular associado à desidratação celular provocada pelo estresse (Melo, 2008). Sendo a sacarose um açúcar que em condições de estresse abiótico (hídrico, metais pesados ou agrotóxicos) pode aumentar sua concentração atuando como um ajustador osmótico, podendo promover a preservação energética das plantas (Siringam et al., 2011). Para este estudo, as plantas pulverizadas com extrato aquoso de folha de nim promoveram aumento de AR e conseqüentemente a diminuição no teor de Sac, devido ao ajustamento osmótico oriundo da hidrólise da sacarose, do contrário os teores de sacarose aumentaram significativamente nas folhas das plantas pulverizadas com *M. anisopliae* com a diminuição dos AR.

Em resposta ao estresse, as plantas produzem compostos fenólicos que podem retardar o seu crescimento geral, pelo declínio na via biossintética da formação de clorofila ou pela estimulação da via de degradação que leva à redução da formação da clorofila, causando retardo na fotossíntese e maior acúmulo de açúcar (Yang et al. 2002). Fato este que pode explicar a redução dos pigmentos fotossintéticos e o aumento de carboidratos provocada pelo tratamento das plantas com extrato aquoso de folha de nim, apontando para o fato de que a planta está sob estresse e está reunindo a sua energia, reservas para atender a qualquer condição de adversidade (Sami e Shakoori, 2014).

Efeito dos inseticidas químicos e biológicos no metabolismo do Nitrogênio de alface hidropônica

A absorção e assimilação de nitrogênio são severamente afetadas por diferentes tipos de estresse ambientais (Huang e Xiong, 2009). As diferenças estatísticas para os teores de NO_3^- ocorreram nas raízes e folhas de plantas pulverizadas com o produto químico imidacloprido quando comparadas as plantas controle, especialmente nas doses superiores a $1,00 \text{ mL L}^{-1}$. O NO_3^- é considerado uma das principais formas de entrada de nitrogênio nas plantas, uma vez assimilado pelas raízes pode ser reduzido no citosol das mesmas e armazenado no vacúolo. Isso justifica os maiores teores nesse órgão. Contudo, este pode ser transportado via xilema para as folhas onde será reduzido no citosol e podendo ser armazenado nesse compartimento (Balotf et al., 2012). Em situação de excesso de inseticidas químicos,

caso observado nesse estudo, plantas modificam o fluxo normal de NO_3^- de modo a estocar esse íon em órgãos fortemente afetado pelo inseticida, caso das raízes e das folhas quando comparado as doses usadas acima da recomendada pelo fabricante (Zhang et al., 2014).

A nitrificação e amonificação são processos intimamente relacionados. A medição simultânea da concentração de NO_3^- e NH_4^+ podem ser usadas como um indicador de ruptura nas transformações de N do solo e na planta, sendo estes indicadores de estresses (Černohlávková et al., 2009). Os teores de amônio nas raízes e folhas foram aumentados pelo Imidacloprido em comparação com as plantas controle, sendo superior na parte aérea do que nas raízes, afetando a assimilação do nitrogênio. Estes incrementos nos teores de NO_3^- nas raízes e NH_4^+ nas folhas ocorreram especialmente na dose de $1,50 \text{ mL L}^{-1}$, sendo está dose acima da recomendada pelo fabricante do produto. Ressalta-se que o imidacloprido é um produto químico que contém em sua estrutura molecular um agrupamento amina composto por 5 moléculas de Nitrogênio na sua fórmula química ($\text{C}_9\text{H}_{10}\text{ClN}_5\text{O}_2$).

Na alface, dentre os principais componentes que interferem sua qualidade destaca-se o nitrato (NO_3^-). Segundo Santos et al. (2010) esse componente quando é absorvido em grande quantidade, a planta não consegue metabolizá-lo totalmente, o que provoca o acúmulo nos tecidos. Na presente pesquisa esse acúmulo ocorreu em especial nas folhas. O consumo de folhas de alface que contém altos teores de NO_3^- pode trazer riscos à saúde humana (Miyazawa et al., 2001).

Os aminoácidos solúveis totais (AA) atuam como solutos compatíveis que protegem as células de efeitos deletérios de estresses (Huang e Xiong, 2009). Para este estudo, os teores de aminoácidos nas folhas pulverizadas com Imidacloprido apresentaram as maiores médias quando comparadas ao grupo controle, com destaque para a doses $0,5$ e $0,75 \text{ mL L}^{-1}$, decrescendo os teores a partir do aumento da dose. Este fenômeno pode estar associado ao aumento da atividade da enzima protease, que hidrolisa as proteínas de reservas com o aumento do tempo de estresse, aumentando o teor de aminoácidos solúveis totais, no intuito de se ajustar ao meio (Parida et al., 2004). Esse ajustamento osmótico normalmente está ligado à estresse hídrico, podendo também está associado ao estresse por inseticidas.

Os teores de proteínas solúveis totais (PS) acumularam-se nas folhas apenas com as plantas pulverizadas pelos produtos biológicos a base de extrato aquoso de

folha de nim e *M. anisopliae*, contudo, alcançou os menores teores com as plantas pulverizadas com os químicos imidacloprido e cipermetrina, não havendo diferença estatística em relação as doses testadas. As proteínas desempenham diversas funções dentro dos vegetais, a ação destes inseticidas químicos podem afetar muitas vias metabólicas, de modo que as proteínas podem sofrer modificações ou até mesmo sofrer degradações por meio da fitotoxidez dos elementos químicos presentes nestes produtos, devido aos danos oxidativos ou aumento na atividade de enzimas proteolíticas (Huang e Xiong, 2009), resultando na redução dos seus teores, fato este evidenciado principalmente nas folhas.

Efeito dos inseticidas químicos e biológicos nos pigmentos fotossintéticos de alface hidropônica

No presente estudo, o produto químico imidacloprido e o fungo entomopatogênico *M. anisopliae*, foram os que obtiveram aumentos nos pigmentos fotossintéticos (Chls *a*, *b* e total e Cars). Efeito contrário foi observado quando plantas foram pulverizadas com extrato aquoso de folhas de nim e cipermetrina com os menores teores destes pigmentos.

Outros estudos confirmam que o uso excessivo de inseticidas também alteram os teores dos pigmentos fotossintetizantes, como os efeitos tóxicos do inseticida do grupo dos organofosforados dimetoato, em *Glycine max* (Murthy et al., 2005) e em plântulas de *Vigna unguiculata* (Mishra et al., 2008), assim como o inseticida do grupo dos neonicotinoides tiametoxam quando pulverizado em doses acima das recomendadas pelo fabricante em *Solanum lycopersicum* diminuiu o teor de clorofila *a*, *b* e total (Yildiztekin et al., 2015).

Antocianinas são responsáveis pela tolerância a vários fatores de estresse, como seca ou resistência a patógenos e são conhecidas como poderosas antioxidantes que seu acúmulo ocorre quando a planta é exposta a vários tipos de estresses (Hipskind et al., 1996). Plantas de alface pulverizadas com os produtos extrato aquoso de folha de nim e *M. anisopliae* apresentaram as maiores médias de antocianinas, isso pode ser uma evidência que estes produtos possam estar acumulados devido a uma possível condição de estresse oriundo destes produtos fitossanitários.

Efeito dos inseticidas químicos e biológicos nos teores de prolina e glicina betaína de alface hidropônica

Os tratamentos com produtos biológicos apresentaram baixos teores de prolina e glicina betaína nas plantas de alface, especialmente plantas pulverizadas com *M. anisopliae* na dose de 0,5 e 0,75 mL L⁻¹. A prolina atua como uma molécula sinal, que pode ser essencial para a recuperação da planta após exposição ao estresse ambiental (Szabados e Saviouré, 2010).

Ao contrário, plantas pulverizadas com doses crescentes do produto químico imidacloprido promoveram um aumento dos teores de prolina. Sendo a prolina considerada um dos principais metabólitos que se acumula nos tecidos das plantas em resposta à oxidação para proteger os tecidos das plantas dos danos causados pelo estresse por inseticidas (Shakir et al., 2016), evidenciando assim o efeito acumulativo deste produto químico provocando estresse no vegetal. Outros estudos sobre o aumento dos teores de prolina relacionados a condições de estresse por inseticida foram realizados em *Glycine max* pelo uso do inseticida do grupo dos piretróides deltametrina (Bashir et al., 2007) e *Vigna radiata* exposta ao inseticida do grupo dos organofosforados clorpirifos (Parween et al., 2012), ambos indicaram que a prolina é considerada um aminoácido osmorregulador e vem sendo muito estudado por caracterizar tolerância nas plantas quando submetidas a estresse abiótico, revelando seu papel protetor nas plantas sob estresse (Shakir et al., 2016).

A glicina betaína é um composto quaternário de amônio que é abundante nos cloroplastos das células vegetais e participa no ajuste osmótico e na proteção das membranas dos tilacoídes e, deste modo, ajuda a manter a eficiência fotossintética (Chen e Murata, 2011).

Para este estudo, houve aumento do teor de NH₄⁺ nas raízes e folhas de alface pulverizadas com imidacloprido. É possível que altos teores de amônio contribuíram para o aumento dos teores de glicina betaína nas folhas de alface para o estudo, especialmente nas doses de 1,25 mL L⁻¹ e 1,50 mL L⁻¹.

O valor alto de glicina betaína em plantas submetidas a estresse abióticos está relacionado a estresses por deficiência hídrica ou acúmulo de metais pesados em vegetais, sendo escassos dados sobre esse metabolito em condição de estresse por inseticidas químicos ou biológicos. Sendo que para o estudo o produto imidacloprido

foi o que resultou nos maiores teores de glicina betaína. Enquanto os produtos extrato aquoso de folha de nim e *M. anisopliae* em todas as doses do experimento obtiveram as menores médias para os teores de glicina betaína.

Efeito dos inseticidas químicos e biológicos nas variáveis fisiológicas de crescimento de alface hidropônica

Plantas pulverizadas com *M. anisopliae* promoveram médias superiores para os teores de AR, CST, PS, Anths, Sac, Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas, contudo apresentaram os menores valores para NO_3^- nas raízes e folhas e NH_4^+ nas folhas. Nos parâmetros fisiológicos de crescimento houve incremento para MSR, AF, MSF e MSPa especialmente nas doses 1,25 e 1,50 mL L⁻¹ com 19,38 g e 14,88 g de MSR; 43,97 dm² e 46,85 dm² de AF; 18,26 g e 18,35 g de MSF; 22,31 g e 18,00g de MSPa. Este fenômeno pode estar relacionado a associação benéfica que o fungo aprimora ao crescimento e metabolismo de plantas sob estresse abiótico (Khan et al., 2012). Estes resultados demonstram a eficiência das pulverizações com *M. anisopliae* estimulando o metabolismo do vegetativo da alface, assim como a proteção exercida diante do ataque de pragas. Elena et al., (2011) obteve resultados similares de incrementos de MSF e MDPa em plantas de tomate pulverizadas com *M. anisopliae* quando comparadas ao grupo controle.

Enquanto as Plantas pulverizadas com inseticida extrato aquoso de folha de nim promoveram aumentos nos teores de CST, PS e Anths, contudo, apresentaram destaque somente para o incremento de área foliar nas doses de 1,00 mL L⁻¹ (41,64 dm²) e 1,25 mL L⁻¹ (38,25 dm²) não havendo destaque para os demais parâmetros fisiológicos de crescimento, ressalta-se que não há relatos na literatura sobre os efeitos desses do extrato aquoso de nim associado ao crescimento de plantas.

Diferentemente das plantas pulverizadas com o produto químico imidacloprido apresentaram elevados teores de NO_3^- nas raízes e NH_4^+ nas raízes e folhas, com destaque para as doses 1,25 mL L⁻¹ e 1,50 mL L⁻¹. Assim como, elevados teores de prolina e glicina betaína nas raízes e folhas, valores estes crescentes conforme o aumento das doses. Porém, apresentaram elevados teores de Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas, o que não favoreceu aos parâmetros de crescimento. Entende-se que a absorção e translocação do imidacloprido nos tecidos vegetais está associado à sua propriedade físico-química (altamente hidrofílico e solúvel em água). Esse

comportamento de acúmulo nos teores de imidacloprido pode ser devido a facilidade de translocar dentro dos vasos do xilema a partir dos tecidos da raiz para a parte aérea das plantas (Stamm et al., 2016).

A cipermetrina não teve destaque para nenhum dos parâmetros bioquímicos e fisiológicos de crescimento nas plantas.

5. Conclusão

O *M. anisopliae* impactou positivamente as variáveis bioquímicas e fisiológicas da alface hidropônica com elevados teores de AR, CST, PS, Anths, Sac, Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas e baixos teores de NO_3^- e NH_4^+ , o que proporcionou melhores resultados para os parâmetros fisiológicos de crescimento (MSR, AF, MSF e MSPa). O extrato aquoso de folha de nim impactou ao aumentar os teores de CST, Pr e Anths promovendo incremento somente da área foliar do vegetal e baixos teores de NO_3^- e NH_4^+ nas folhas.

O imidacloprido impactou negativamente com elevados teores de NO_3^- , NH_4^+ , prolina e glicina betaína nas folhas, contudo apresentou altos teores de Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas, não favorecendo o crescimento da alface hidropônica. A cipermetrina não apresentou ênfase para nenhuma das variáveis bioquímicas e fisiológicas nas plantas.

Referências

Baloff S, Niazi A, Kavooosi G, Ramezani A (2012) Differential expression of nitrate reductase in response to potassium and sodium nitrate: real-time PCR analysis. **Australian Journal of Crop Science** 6(1): 130 - 134.

Barbosa JC, Maldonado JW (2015) Agronomic experimentation and AgroEstat: system for statistical analysis of agronomic trials. Jaboticabal, BR: Multipress. 396p. ISBN:978-85-68020-01-2

Bashir F, Siddiqi TO, Iqbal M (2007) The antioxidative response system in Glycine max (L.) Merr. exposed to Deltamethrin, a synthetic pyrethroid insecticide. **Environmental pollution** 147(1): 94-100.

Bates LS, Waldren RP, Teare ID (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil** 39(1): 205-207.

Bradford MMA (1976) Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry** 72(1-2): 248-254.

Brzezinski CR, Abati J, Geller A, Werner F, Zucareli C (2017) Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres** 64(1): 83-89. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201764010012>

Cataldo DA, Maroon M, Schrader LE, Youngs VL (1975) Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in soil science and plant analysis** 6(1): 71-80.

Černohlávková J, Jarkovský J, Hofman J (2009) Effects of fungicides mancozeb and dinocap on carbon and nitrogen mineralization in soils. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 72(1): 80-85.

Chen TH, Murata N (2011) Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms and biotechnological applications. **Plant, cell & environment** 34(1): 1-20.

Cometti NN, Matias GCS, Zonta E, Mary W, Fernandes MS (2004) Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira** 22: 748-753.

Couto AL, Moreira DA, de Araújo Junior PV (2015) Produção de mudas de cultivares de alface utilizando duas espumas fenólicas em Altamira, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** 10(1): 201-207.

Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PT, Smith F (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry** 28(3): 350-356.

Elena GJ, Beatriz PJ, Alejandro P, Lecuona RE (2011) *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. **Adv Biol Res** 5(1): 22-27.

El-Khoshiban NHA (2016) Comparative Study of Some Synthetic and Herbal Pyrethroids on Lettuce Contents in Saudi Arabia. **International Journal of Science and Research (IJSR)** (5): 1394-1400.

Filgueira FAR (2007) Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. p. 167.

Furlani PR (1999) Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae** 481 (2): 777-778.

German TL, Ullman DE, Moyer JW (1992) Tospoviruses: diagnosis, molecular biology, phylogeny, and vector relationships. **Annual review of phytopathology** 30: 315-346.

Grieve CM, Grattan SR (1983) Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. **Plant and soil** 70(2): 303-307.

Hipskind J, Wood K, Nicholson RL (1996) Localized stimulation of anthocyanin accumulation and delineation of pathogen ingress in maize genetically resistant to *Bipolaris maydis* race O. **Physiological and Molecular Plant Pathology** 49(4): 247-256.

Huang H, Xiong ZT (2009) Toxic effects of cadmium, acetochlor and bensulfuron-methyl on nitrogen metabolism and plant growth in rice seedlings. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 94(2-3): 64-67.

Khan AL, Hamayun M, Khan AS, Kang SM, Shinwari ZK, Kamran M, Lee IJ (2012) Pure culture of *Metarhizium anisopliae* LHL07 reprograms soybean to higher growth and mitigates salt stress. **World Journal of Microbiology and Biotechnology** 28(4): 1483-1494.

Kobori RF, Brunelli KR, Gioria R (2011) **Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da alface no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 129-144.

Latif HH, Mohamed HI (2016) Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. **South African Journal of Botany** 106: 221-231.

Lichtenthaler HK (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology** 148: 350-382.

Lima MF, Michereff-Filho M, Boiteux LS, Suinaga FA (2016) **Headache disease in lettuce: symptomatology, transmission, epidemiology and control measures**. Embrapa: Vegetables - Technical Circular. Acesso em setembro, 2020.

Llorach R, Martinez-Sanchez A, Tomas-Barberan FA, Gil MI, Ferrers F (2008) Characterization of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food Chemistry** 108:1028-1038.

McDougall S (2015) **Pests, beneficials, diseases and disorders in lettuce: field identification guide**. Available at: <https://www.tocal.nsw.edu.au/publications/horticulture/pests,-beneficials,-diseases-and-disorders-in-lettuce>. Acesso em setembro, 2020.

Melo EF (2008) **Ecophysiological, biochemical and anatomical changes in Siriema progeny coffee plants under water deficiency**. F. Dissertation (Master in Agronomy/Plant Physiology) - Federal University of Lavras. 72p.

Mishra V, Srivastava G, Prasad SM, Abraham G (2008) Growth, photosynthetic pigments and photosynthetic activity during seedling stage of cowpea (*Vigna unguiculata*) in response to UV-B and dimethoate. **Pesticide Biochemistry and Physiology** 92(1): 30-37.

Miyazawa, M, Khatounian CA, Odenath-Penha LA (2001) Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Agroecologia Hoje** 2: 23.

Monteiro RC, Mound LA, Zucchi RA (2001) Espécies de Frankliniella (Thysanoptera: Thripidae) de importância agrícola no Brasil. **Neotropical Entomology** 30(1): 65-72.

Monteiro RC (2002) The Thysanoptera fauna of Brazil. In: Marullo, R. & LA Mound. Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera. Canberra, **Australian National Insect Collection** 325-340.

Mora MAE, Castilho AMC, Fraga ME (2016) Fungos entomopatogênicos: Enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. **Rev. Bras. Prod. Agroind** 18: 335-349.

Murthy GP, Prasad GM, Sudarshana MS (2005) Toxicity of different imbibition periods of dimethoate on germination, chlorophyll a/b and dry matter of *Glycine max* (L) Merrill. cv. KHSB-2, during early seedling growth. **Journal of Phytological Research** 18(2): 199-201.

Naumann K, Isman MB (1995) Evaluation of neem *Azadirachta indica* seed extracts and oils as oviposition deterrents to noctuid moths. **Entomologia experimentalis et applicata** 76(2): 115-120.

Pandey JK, Gopal R (2011) Laser-induced chlorophyll fluorescence: a technique for detection of dimethoate effect on chlorophyll content and photosynthetic activity of wheat plant. **Journal of Fluorescence** 21(2): 785-791.

Parida AK, Das AB, Mitra B, Mohanty P (2004) Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. **Zeitschrift für Naturforschung C**, 59(5-6): 408-414.

Parween T, Jan S, Fatma T. (2011) Alteration in nitrogen metabolism and plant growth during different developmental stages of green gram (*Vigna radiata* L.) in response to chlorpyrifos. **Acta physiologiae plantarum** 33(6): 2321.

Parween T, Jan S, Fatma T (2012) Evaluation of oxidative stress in *Vigna radiata* L. in response to chlorpyrifos. **International Journal of Environmental Science and Technology** 9(4): 605-612.

Peoples MB, Faizah AW, Rerkasem B, Herridge DF (1989) Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. **Australian Centre for International Agricultural Research** 11(435):76.

Picanço MC, Gusmão MR, Galvan TL (2000) Manejo integrado de pragas de hortaliças. *Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas* 2: 275-324.

Pozzer L, Resende RDO, Lima MI, Kitajima EW, Giordano LDB, ÁVILA AD (1996) Tosspovirus: an updated view. **Annual Plant Pathology Review** 4: 95-148.

Rinner KT, Saurer M, Streit K, Siegwolf RT (2012) Evaluation of a liquid chromatography method for compound-specific $\delta^{13}\text{C}$ analysis of plant carbohydrates in alkaline media. **Rapid Communications in Mass Spectrometry** 26(18): 2173-2185.

Sala FC, Costa CPD (2012) Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura brasileira** 30(2): 187-194.

Santos LL, Seabra Júnior S, Nunes MCM (2010) Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais** 8(1): 83-93.

Santos CE, Kist BB, Carvalho C, Reetz ER, Muller I, Beling RR, Poll H (2015) Anuário brasileiro de hortaliças 2015. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 68 p.

Sami AJ, Shakoori AR (2014) Potential of Azadirachtin and neem (*Azadirachta indica*) based saponins as biopesticides for in vitro insect pests cellulase (Beta-1, 4-Endoglucanase) enzyme inhibition and in vivo repellency on *Tribolium castaneum*. **Biotechnology Journal International** 4(8): 904-917.

Sena ADS, dos Santos JC, Homma A, Viana G (2017) **Custo de produção e rentabilidade do cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em Brasil Novo, Estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E).

Szabados L, Savoure A (2010) Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in plant Science** 15(2): 89-97.

Shakir SK, Kanwal M, Murad W, Ur Rehman Z, Ur Rehman S, Daud MK, Azizullah A (2016) Effect of some commonly used pesticides on seed germination, biomass production and photosynthetic pigments in tomato (*Lycopersicon esculentum*) **Ecotoxicology** 25(2): 329-341.

Shakir SK, Irfan S, Akhtar B, Ur Rehman S, Daud MK, Taimur N, Azizullah A (2018) Pesticide-induced oxidative stress and antioxidant responses in tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. **Ecotoxicology**. 27(7): 919-935.

Siringam K, Juntawong N, Cha-um S, Kirdmanee C (2011) Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) roots under isoosmotic conditions. **African Journal of Biotechnology** 10(8): 1340-1346.

Shelton AM, Zhao JZ, Nault BA, Plate J, Musser FR, Larentzaki E (2006) Patterns of insecticide resistance in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. **Journal of economic entomology** 99: 1798-1804.

Stamm MD, Heng-Moss TM, Baxendale FP, Siegfried BD, Blankenship EE, Nauen R (2016) Uptake and translocation of imidacloprid, clothianidin and flupyradifurone in seed-treated soybeans. **Pest Manage Sci** 72: 1099-1109.

Van Handel E (1968) Direct microdetermination of sucrose. **Analytical biochemistry** 22(2): 280-283.

Viana PA, Ribeiro PE, de A (2010) Efeito do extrato aquoso de folhas verdes de Nim (*Azadirachta indica*) e do horário de aplicação sobre o dano e o desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J E Smith, 1797) (Lepidóptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 9(1): 27-37.

Weatherburn MW (1967) Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical chemistry** 39(8): 971-974.

Yang CM, Lee CN, Chou CH (2002) Effects of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedlings: I. Inhibition of supply-orientation. **Botanical Bulletin of Academia Sinica** 43(4): 299-304.

Yildiztekin M, Kaya C, Tuna AL, Ashraf M (2015) Oxidative stress and antioxidative mechanisms in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants sprayed with different pesticides. **Pak J Bot.** 47(2): 717-721.

Zhang GB, Yi HY, Gong, JM (2014) The Arabidopsis Ethylene/jasmonic acid-NRT signaling module coordinates nitrate reallocation and the trade-off between growth and environmental adaptation. **Plant Cell.** 26: 3984–3998.

Capítulo 4 - Considerações finais

As pulverizações com inseticidas usados para minimizar a população de insetos fitófagos em hortaliças no Brasil atendem a eficiência de controle utilizando somente um tipo de produto fitossanitário? É possível que não, é as pulverizações realizadas no estado do Pará? A forma de manejar o inseto e/ou doença é a mais adequada para este propósito?

No estudo, todos os inseticidas foram capazes de fornecer controle da população de tripes em alface hidropônica, contudo tratamento com o inseticida extrato aquoso de folha de nim na dose de 1,00 mL L⁻¹ reduziu 91,4% de ninfas e adultos, sendo este o produto de menor custo para efetivação deste controle. O *M. anisopliae*, na dose de 1,50 mL L⁻¹ reduziu 68,95% de ninfas e adultos, sendo o produto de custo mais elevado para controle de tripes. Os inseticidas químicos imidacloprido na dose de 1,0 mL L⁻¹ reduziu 50,87% de ninfas e adultos e a cipermetrina na dose 1,25 L⁻¹ reduziu a população de tripes em 50,36% logo após a 2^o pulverização, havendo posteriormente aumento de indivíduos progressivamente. Aliado ao fato do uso da técnica de monitoramento reduzir o número de pulverizações para controle de ninfas e adultos de tripes de quatro para duas.

Em relação ao efeito dos inseticidas químicos e biológicos nas variáveis bioquímicas e fisiológicas da alface hidropônica, o fungo entomopatogênico *M. anisopliae* impactou positivamente a bioquímica e fisiologia da planta com elevados teores de AR, CST, PS, Anths, Sac, Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas e baixos teores de NO₃⁻ e NH₄⁺ nas folhas, o que proporcionou melhores resultados para os parâmetros fisiológicos de crescimento (MSR, AF, MSF e MSPa). O extrato aquoso de folha de nim impactou ao aumentar os teores de CST, PS e Anths promovendo incremento somente da área foliar do vegetal e baixos teores de NO₃⁻ e NH₄⁺ nas folhas. Somente o produto químico imidacloprido impactou negativamente com elevados teores de NO₃⁻, NH₄⁺, prolina e glicina betaína nas folhas, contudo apresentou altos teores de Chls *a*, *b* e total e Cars nas folhas, não favorecendo o crescimento da alface hidropônica.

Nesse contexto, sugerimos como perspectiva futuras que possamos realizar a combinação dos produtos químicos e biológicos (mistura tanque) usados na presente pesquisa com acréscimo de adjuvantes para estudos futuros de determinação da

interação físico-química da calda (trabalho este iniciado este ano pela autora, ver em anexos da Tese) e sua eficiência no controle do inseto alvo avaliando seus efeitos na bioquímica e fisiologia da alface hidropônica.

Promover o uso da técnica de monitoramento de insetos no setor hortícola para viabilizar a redução das pulverizações de inseticidas químicos e/ou biológico no calendário dos sistemas hidropônicos convencionais, redução que poderá chegar a cifras de até 50% dos valores gastos com pulverizações sem a técnica de monitoramento.

Testar diferentes tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, evidenciando maior e melhor cobertura do produto no alvo para plantas alface hidropônica.

ANEXOS

Compatibilidade físico-química de misturas de inseticidas químicos e biológicos e seus efeitos na tensão superficial e no espalhamento de gotas.

Compatibilidade físico-química de misturas de inseticidas químicos e biológicos e seus efeitos na tensão superficial e no espalhamento de gotas.

Resumo- A mistura de produtos fitossanitários no tanque do pulverizador é uma prática usual que busca otimizar recursos financeiros e operacionais nos cultivos. Contudo, é preciso conhecer possíveis problemas de incompatibilidade físicas, químicas e biológicas desta prática que possam comprometer a eficiência das pulverizações no campo. Desta forma, objetivou-se avaliar as interações físico-químicas e a compatibilidade obtidas com a mistura de inseticidas químicos e biológicos e seus efeitos na tensão superficial, espalhamento de gotas na superfície artificial de parafilme. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 12x4, com 4 repetições para a análise de estabilidade, caracterização de pH e condutividade elétrica e fatorial de 12x5, 4 repetições para as análises de tensão superficial e ângulo de contato. As misturas com a adição do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*, reduziram valores de pH, tensão superficial das gotas, conseqüentemente proporcionaram o menor ângulo de contato significando o melhor espalhamento de gotas na superfície, podendo assim interferir na cobertura do alvo.

Palavras-chave: mistura em tanque, pH, condutividade elétrica, ângulo de contato, estabilidade de calda.

Physico-chemical compatibility of mixtures of chemical and biological insecticides and their effects on surface tension and droplet spreading.

Abstract - The mixing of phytosanitary products in the spray tank is a usual practice that seeks to optimize financial and operational resources in crops. However, it is necessary to know possible problems of physical, chemical and biological incompatibility of this practice that could compromise the efficiency of spraying in the field. In this way, the objective was to evaluate the physical-chemical interactions and the compatibility obtained with the mixture of chemical and biological insecticides and their effects on the surface tension, spreading of drops on the artificial parafilm surface. The experimental design used was completely randomized, in a 12x4 factorial scheme, with 4 repetitions for the stability analysis, pH characterization and 12x5 factorial and electrical conductivity, 4 repetitions for the analysis of surface tension and contact angle. The mixtures with the addition of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*, reduced pH values, surface tension of the droplets, consequently providing the smallest contact angle meaning the best spreading of droplets on the surface, thus being able to interfere in the target coverage.

Key words: tank mix, pH, electrical conductivity, contact angle, spray stability.

1. Introdução

Alface (*Lactuca sativa* L.), família Asteraceae, é o vegetal folhoso mais consumido fresco em forma de salada (Santos et al., 2015). Por ser um alimento consumido de forma *in natura*, os cuidados para controle de insetos fitófagos ocorrem em todo ciclo da planta, sendo comum o uso de produtos fitossanitários para o controle de pragas.

O tripses da espécie *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) é considerado praga primária no cultivo protegido de alface em todo mundo (Lima et al., 2016). O inseto causa injúrias nos cultivos tanto na fase de ninfas como na de adultos (McDougall, 2015). Estes insetos são de difícil controle principalmente pelo tamanho pequeno, capacidade de se refugiar no pedúnculo foliar, alta taxa de reprodução e sua resistência a inseticidas (Shelton et al., 2006).

A aplicação de inseticidas via pulverização é a principal estratégia adotada pelos produtores de alface para manter a população destes vetores em densidades baixas. Aliado ao fato de otimizar recursos financeiros e operacionais nos cultivos a prática de misturas em tanque de diferentes grupos químicos envolvendo inseticidas, fungicidas, entre outros é rotineira. A intenção é aumentar o espectro de ação da aplicação e diminuir os números de operações e possíveis gastos com as pulverizações. Contudo, essas combinações entre os produtos fitossanitários podem alterar características físico-químicas da calda com efeito nos valores de pH, tensão superficial, condutividade elétrica e estabilidade da calda, que influenciam a eficiência destes tratamentos (Maciel et al., 2010; Petter et al., 2013).

Problemas de incompatibilidade física da calda corresponde à formação de sedimentos (cristais, grupos ou grânulos), suspensões em óleo ou formação de espuma, o que pode ocasionar entupimento dos bicos de pulverização levando a perda de eficácia dos produtos. As alterações químicas entre as moléculas podem alterar o pH da calda, sendo necessário mesurar a faixa de pH, pois cada produto apresenta uma faixa ótima de atividade. Enquanto, a estabilidade das caldas está ligada ao fato desta se manter estável sem apresentar separação entre fases ao longo do tempo de análise.

O conhecimento sobre possíveis misturas em tanque com produtos fitossanitários de diferentes grupos químicos e formulações são necessárias a fim de

evitar possíveis danos à cultura e baixa eficiência no controle da praga alvo (Petter et al., 2012). Mesmo sendo tema de grande importância, pouco se conhece sobre a compatibilidade da mistura de diferentes produtos em tanque de pulverização (Maciel et al., 2009).

As misturas podem apresentar vantagens em comparação à aplicação do produto isolado devido ao aumento da eficiência contra os organismos alvo e à otimização de quantidades aplicadas e dos recursos financeiros. Mattos et al. (2002) enfatizam a necessidade de realizar estudos relacionados à administração de agrotóxicos em conjunto.

Neste sentido, O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito as interações físico-químicas na compatibilidade da mistura de inseticidas químicos e biológicos e seus efeitos na tensão superficial, espalhamento de gotas na superfície artificial de parafilme.

2. Materiais e métodos

2.1 Tratamentos

Os tratamentos foram adotados a partir dos produtos comumente utilizados por produtores do manejo de alface, contendo os inseticidas químicos imidacloprido (IMD) e a cipermetrina (CIP). Os inseticidas biológicos foram extrato aquoso de folha de nim (EAN) preparado segundo a metodologia adaptada de Viana & Ribeiro 2010 e fungos entomopatogênicos *Metarhizium anisopliae* (MA). As caldas foram preparadas com volume de 100 L ha⁻¹. Os experimentos foram conduzidos em misturas, com dose tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos, misturas dos produtos fitossanitários e doses utilizadas.

Tratamentos	Mistura	Dose (mL 100L ⁻¹)
1	IMD ¹	30
2	CIP ²	25
3	EAN ³	200
4	MA ⁴	200
5	IMD + CIP	30 + 25
6	IMD + EAN	30 + 200
7	IMD + MA	30 + 300
8	CIP + EAN	25 + 200
9	CIP + MA	25 + 300
10	EAN + MA	200 + 300
11	IMD + EAN + MA	30 + 200 + 300
12	CIP + EAN + MA	25 + 200 + 300

¹DiamanteBR® SC: inseticida do grupo neonicotinóide; ² Brit® EC: inseticida do grupo químico piretróide; ³Extrato aquoso de folha de nim (*Azadirachta indica*) inseticida botânico, preparado segundo a metodologia de Viana & Ribeiro 2010, adaptada; ⁴Fungos entomopatogênicos (*M. anisopliae*). Fonte: a autora, 2020.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 12 x 4 com 4 repetições para a análise de pH e condutividade elétrica. O fator A correspondeu as caldas utilizadas (inseticidas químicos e biológicos na forma isolada e misturas), o fator B os horários de avaliação (0, 2, 6 e 24 horas após o preparo- HAP). Para avaliações de tensão superficial e ângulo de contato foi utilizados um esquema fatorial de 12 x 5 +1 com 4 repetições. O fator A correspondeu as caldas utilizadas (inseticidas químicos e biológicos na forma isolada e misturas), o fator B aos tempos de análise (5, 10, 20, 40 e 60 segundos) e 1 testemunha (H₂O destilada).

2.2 Estabilidade de calda

A avaliação de estabilidade e compatibilidade física entre as misturas foi baseada na metodologia na NBR 13875 (Agrotóxico – Avaliação de compatibilidade físico-química) (ABNT, 2014). Foram realizadas quatro repetições por tratamento.

O preparo das caldas foi realizado com o reagente água-padrão com dureza total de 20 mg.kg⁻¹ em equivalente de CaCO₃, preparada conforme a NBR 13074 (ABNT, 1997). Em seguida adicionou-se os produtos na concentração máxima, conforme recomendado na bula de cada produto. Foi utilizada uma proveta graduada de 250 mL com tampa; peneira de tecido metálico com abertura nominal de 149 µm conforme a NBR NM-Isso 3310-1 (ABNT, 2010); pipeta graduada. Posteriormente, a proveta foi tampada e invertida por 10 vezes para uma boa homogeneização.

As avaliações das caldas foram realizadas nos seguintes intervalos: separação imediata após a mistura (0) e após 2, 6 e 24 horas em período de repouso. Foram observados os possíveis efeitos das interações entre os produtos quanto a homogeneidade/heterogeneidade, sendo: floculação; sedimentação; separação de fases; suspensão de óleo; formação de grumos; formação de cristais; formação de creme e formação de espuma (ABNT, 2014).

2.3 Avaliação do pH e condutividade elétrica das caldas

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com auxílio de peagâmetro de bancada (Q400AS), devidamente calibrado e aferido para a faixa de caldas ácidas e básicas. A condutividade elétrica foi determinada com auxílio do condutivímetro MP11P da marca Marth®.

2.4 Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato

Para as avaliações da tensão superficial, as caldas foram preparadas com água destilada, com as doses máxima recomendadas para cada produto. As avaliações da tensão superficial e do ângulo de contato foram realizadas em tensiômetro automático OCA-15Plus da Dataphysics Germany. Neste equipamento, a tensão é determinada pelo método da gota pendente. A imagem da gota de líquido suspensa no final da

agulha do equipamento é focada pela lente de uma câmera CCD e 60 imagens são capturadas em sequência durante um minuto. As imagens são analisadas instantaneamente por assimetria de eixos. A tensão superficial é então determinada a partir da equação de Young-Laplace: $\Delta P = 2\gamma / R$, onde ΔP é a variação de pressão entre superfícies, γ é a tensão superficial e R é o raio de curvatura da gota.

Para a avaliação do ângulo de contato, o mesmo equipamento foi utilizado, também a partir da análise de imagem. A fita parafilm foi usada como a superfície padrão, uma vez que é comumente usada e difundida no meio científico.

Os valores das tensões superficiais (gota pendente) e os ângulos de contato obtidos na superfície parafilm aos 5, 10, 20, 40 e 60 segundos da formação/deposição das gotas.

2.5 Análise de Dados

Os dados de pH, condutividade elétrica, tensão superficial, ângulo de contato e espectro do tamanho de gotas foram submetidos à análise da variância pelo teste F e a comparação das médias pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). O programa estatístico utilizado foi o AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2013).

3. Resultados

3.1 Estabilidade físico-química das caldas

Na avaliação de estabilidade físico-química, foram observadas algum tipo incompatibilidade nos tratamentos com as misturas (Tabela 2). As incompatibilidades físicas observadas foram quanto à sedimentação, formação de grumos, e cristais, nas observações de 0, 2, 6 e 24 horas após o preparo (HAP).

A sedimentação ocorreu nas caldas IMD +MA; IMD + EAN e IMD + MA + EAN, nas observações de 0, 2 e 6 HAP, havendo redispersão para estes tratamentos. Após agitação na avaliação de 24 HAP ocorreu sedimentação apenas na calda IMD + MA + EAN com redispersão em seguida.

Houve formação de grumos nas caldas contendo um inseticida químico e dois biológicos IMD + MA + EAN nas observações de 6 e 24 horas. A formação de cristais ocorreu em todas as caldas.

Tabela 2: Características físicas de caldas analisadas, floculação, sedimentação, separação de fase, suspensão em óleo, grumos, cristais, creme e formação de espuma.

Características físicas									
Tempo de avaliação	Floculação	Sedimentação	Separação de fases	Suspensão óleo	Grumo	Cristais	Creme	Espuma (mL)	Observações
0 horas	x	IMD +MA; IMD + EAN e IMD + MA + EAN	x	X	0	Todas	x	x	Redispersa
2 horas	x	IMD +MA; IMD + EAN e IMD + MA + EAN	x	X	0	todas	x	x	Redispersa
6 horas	x	IMD +MA; IMD + EAN e IMD + MA + EAN	x	X	IMD + MA + EAN	todas	x	x	Redispersa
24 horas	x	IMD + MA + EAN	x	X	IMD + MA + EAN	todas	x	x	Redispersa

Fonte: a autora, 2020.

Em relação ao pH e condutividade elétrica, houve variações tanto para as caldas fitossanitárias quanto para os horários de avaliação (Tabela 3 e 4).

Tabela 3: Caracterização das Caldas sobre a variável pH

Caldas	pH							
	Avaliações							
	0 h		2 h		6 h		24 h	
IMD ¹	6,4	Da	6,43	Da	6,46	Ea	6,4	Ea
CIP ²	6,14	Dab	6,11	Eb	6,37	Ea	6,25	Eab
EAN ³	7,04	Ca	7,16	Ca	7,07	Da	7,12	CDa
MA ⁴	5,44	Ea	5,66	Fa	5,46	Fa	5,48	Fa
IMD + CIP	10,74	Aa	10,64	Aa	10,35	ABb	10,71	Aa
IMD + EAN	10,72	Aa	10,62	Aab	10,44	Ab	10,71	Aa
IMD + MA	10,12	Ba	9,74	Bb	9,91	Cab	7,07	Dc
CIP + EAN	10,75	Aa	10,68	Aab	10,49	Abc	10,35	Bc
CIP + MA	10,15	Ba	9,90	Bb	10,06	BCab	7,36	CDc
EAN + MA	10,09	Ba	9,84	Bb	10,06	BCab	7,34	CDc
IMD + EAN + MA	10,09	Ba	9,60	Bb	9,90	Ca	7,19	CDc
CIP + EAN + MA	10,06	Ba	9,80	BCb	10,03	Cab	7,40	Cc
DMS (5%)					0,23			
CV					1,50			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: a autora, 2020.

Para o pH, foram observados comportamentos similares no momento do preparo para todas as caldas, inseticidas na forma isolada apresentaram pH ácido em todos os períodos de análise e os inseticidas na forma de misturas apresentaram pH bem acima da neutralidade variando de 10,06 a 10,75. Duas horas após, as caldas IMD + MA; CIP + MA; EAN +MA; IMD +EAN + MA; CIP + EAN + MA todas associadas com inseticida biológico MA diminuiram os valores de pH apresentando diferença estatística, variando entre $9,6 \pm 0,10$ e $9,90 \pm 0,03$ para as caldas, possivelmente pela interação do inseticida biológico *Metarhizium anisopliae* associados aos inseticidas químicos.

Comportamento este permanecendo por vinte e quatro horas após a preparação das caldas associadas ao inseticida biológico apresentando os menores valores de pH, no entanto com a mesma estabilidade em todos os períodos de análise.

Para a condutividade elétrica, inseticidas na forma isolada apresentaram a menor condutividade em todos os períodos de análise, com exceção do EAN. As caldas IMD + MA; CIP + MA; EAN +MA; IMD +EAN + MA; CIP + EAN + MA,

apresentaram os maiores valores no momento do preparo das caldas (tempo 0 HAP), variando entre $91,13 \pm 1,12$ e $92,30 \pm 0,84$, correspondendo aos menores valores de pH. Para as demais caldas, a condutividade apresentou variações semelhantes, com decréscimos progressivos ao longo das avaliações nas caldas (Tabela 4).

Tabela 4: Caracterização das Caldas sobre a variável condutividade

Caldas	Condutividade elétrica *adc unidade de medida							
	Avaliações							
	0 h		2 h		6 h		24 h	
IMD ¹	8,20	Da	8,22	Da	8,16	Ea	8,23	Ea
CIP ²	7,15	DEa	7,23	DEa	7,01	EFa	7,14	EFa
EAN ³	48,62	Ba	47,77	Ba	48,26	Ca	48,69	Ca
MA ⁴	4,84	Ea	4,83	Ea	4,61	Fa	4,74	Fa
IMD + CIP	43,25	Ca	44,15	Ca	39,42	Db	35,70	Dc
IMD + EAN	42,32	Ca	42,75	Ca	36,76	Db	35,82	Db
IMD + MA	92,13	Aab	93,68	Aa	61,57	Ac	90,12	Ab
CIP + EAN	43,12	Ca	42,09	Ca	38,20	Db	34,81	Dc
CIP + MA	91,31	Aa	90,79	Aa	58,13	Bc	85,59	Bb
EAN + MA	91,15	Aa	91,95	Aa	57,75	Bc	85,77	Bb
IMD + EAN + MA	92,30	Aa	91,64	Aa	59,50	ABc	84,11	Bb
CIP + EAN + MA	91,44	Aa	91,92	Aa	58,39	Bc	85,29	Bb
DMS (5%)	2,3							
CV	2,50							

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: a autora, 2020.

As caldas apresentaram variação da condutividade elétrica com diminuição expressiva as seis horas (6HAP) e posteriormente se ajustaram as 24 HAP nas caldas IMD + MA; CIP + MA; EAN +MA; IMD +EAN + MA; CIP + EAN + MA, variando entre $84,11 \pm 2,72$ e $90,12 \pm 0,24$, confirmando o que foi verificado para o pH. Este reajuste pode ser considerado um fator favorável para os efeitos de estabilidades de calda para os produtos fitossanitários.

3.2. Tensão Superficial

Para a tensão superficial houve diferença entre as caldas nos momentos e entre os momentos de medição entre 5 a 60 segundos. (Tabela 5).

Tabela 5: Caracterização das Caldas sobre a variável tensão superficial

Tensão Superficial (mN/m)	Momento da medição									
	Avaliações (segundos)									
	5		10		20		40		60	
IMD ¹	71,67	ABa	71,97	ABCa	71,81	Bab	71,06	Bab	69,63	Bb
CIP ²	72,42	Aa	70,99	Cab	67,41	Db	62,03	Dc	58,62	Cd
EAN ³	72,28	Aa	73,32	ABa	73,89	Aa	73,62	Aa	73,50	Aa
MA ⁴	74,47	Aa	74,73	Aa	74,32	Aa	74,58	Aa	74,52	Aa
IMD + CIP	72,77	Aa	72,72	ABa	72,01	Bab	70,77	Bbc	69,79	Bc
IMD + EAN	72,06	Aa	71,70	ABCa	71,23	Bab	69,82	Bbc	68,34	Bc
IMD + MA	73,56	Aa	73,06	ABa	72,22	ABa	69,73	Bb	68,26	Bb
CIP + EAN	73,08	Aa	70,77	Cb	65,69	Cc	60,26	Cd	57,81	Ce
CIP + MA	73,26	Aa	72,01	ABCa	67,17	Cb	61,09	Cc	57,52	Cd
EAN + MA	72,03	Aa	72,46	ABCa	72,53	ABa	72,86	Aa	72,40	Aa
IMD + EAN + MA	69,98	Ba	66,38	Db	61,74	Dc	57,46	Dd	55,20	De
CIP + EAN + MA	70,43	Ba	71,33	BCa	67,03	Cb	61,73	Cc	58,02	Cd
DMS (5%)					1,5					
CV					1,12					

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: a autora, 2020.

A combinação de um inseticida químico e dois biológicos reduziu a tensão superficial das gotas. Quando combinados IMD + EAN + MA e CIP + EAN + MA a calda apresentou menores valores de tensão superficial comparado as demais caldas. Interação significativa foi observada para os fatores calda e tempo ($F = 56,7$; $p < 0,01$). O tratamento IMD + EAN + MA diferiu dos demais tratamentos avaliados, apresentando valores de $69,98 \text{ mN.m}^{-1} \pm 0,79$ a $55,20 \text{ mN.m}^{-1} \pm 0,90$.

3.3 Ângulo de contato

Os resultados sobre o ângulo de contato sobre a superfície de parafilme, foi similar aos padrões verificados para a tensão superficial, com diferenças entre as caldas e em relação aos momentos da medição (Tabela 6).

Tabela 6: Caracterização das Caldas sobre a variável ângulo de contato

Ângulo de contato °	Momento da medição									
	Avaliações (segundos)									
	5		10		20		40		60	
IMD ¹	116,60	Aa	116,37	Aa	116,10	Aa	114,65	Aa	113,76	Aba
CIP ²	116,85	Aa	110,95	Ca	109,66	CDa	106,30	Db	104,33	Db
EAN ³	116,37	ABa	115,92	Aa	115,31	ABa	115,00	Aa	115,08	Aa
MA ⁴	115,46	ABCDa	115,27	ABa	114,85	ABa	114,30	Aa	114,24	Aa
IMD + CIP	116,47	ABa	115,22	ABab	112,34	ABCDb	108,02	CDc	105,60	Dc
IMD + EAN	115,73	ABCa	115,64	Aa	114,41	ABab	113,25	Aab	111,57	ABb
IMD + MA	114,29	ABCDa	113,84	ABCa	112,82	ABCab	111,37	ABCab	110,01	BCb
CIP + EAN	112,11	CDa	111,72	BCab	108,81	Dcb	106,27	Dcd	104,91	Dd
CIP + MA	112,73	BCDa	113,49	ABCa	111,99	BCDab	109,15	BCDbc	107,7	CDc
EAN + MA	113,23	ABCDa	113,23	ABCa	112,56	ABCDa	112,76	ABa	112,50	ABa
IMD + EAN + MA	104,43	Da	104,07	Da	102,65	Da	101,69	Fa	101,30	Ee
CIP + EAN + MA	106,92	Ca	105,92	Da	104,41	Da	100,72	Fb	97,86	Fe
DMS (5%)			3,2							
CV			1,47							

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: a autora, 2020.

As caldas contendo inseticidas na forma isolada apresentaram valores para ângulo de contato na superfície parafilme maiores do que as caldas na forma de misturas em todos os períodos de análise. As caldas que resultaram nos menores valores para ângulo de contato na superfície parafilme foram as combinações de um inseticida químico e dois biológicos IMD + EAN + MA e CIP + EAN + MA com maior estabilidade entre os momentos de medição, semelhante do ocorrido para tensão superficial. A combinação dos inseticidas químicos IMD + CIP apresentaram ângulo de contato maior em relação aos demais combinações ($F = 2,79$; $p < 0,01$), com valor de $116,47 \pm 1,06$ a $105,60 \pm 1,89$.

4. Discussão

A mistura em tanque com diferentes princípios ativos de produtos fitossanitários é uma prática recorrente visando a eficiência dos recursos operacionais e financeiros. No entanto, é preciso conhecer possíveis implicações físicas e químicas desta prática que possam vir a comprometer a qualidade e eficácia dos tratamentos realizados.

No intuito de estudar a compatibilidade e estabilidade físico-química de caldas fitossanitárias com quatro grupos distintos de inseticidas para controle de tripes (*Frankliniella schultzei*) em alface, sendo dois químicos (IMD-imidacloprido: grupo químico neocotineoides e CIP- cipermetrina: grupo químico piretróides) e dois biológicos (EAN-extrato aquoso de folha de nim: princípio ativo azadiractina e MA-fungo *Metarhizium anisopliae*) os resultados alcançados permitiram constatar que houve uma certa incompatibilidades entre as combinações dos inseticidas. Caldas incompatíveis podem entupir filtros e bicos, formar incrustações no tanque de pulverização, que gera baixo rendimento operacional e custos com manutenção (Ikeda, 2013), assim como interromper a pulverização e resultando na ineficiência do manejo da cultura.

Quando ocorre mudanças nas características físico-químicas da calda fitossanitária, há consequências nos valores de pH, condutividade elétrica, tensão superficial e ângulo de contato, que influenciam na estabilidade de calda fitossanitária e sua eficiência de controle (Maciel et al., 2010; Petter et al., 2013; Della Vechia, 2017).

Para este estudo, houve a formação de cristais em todas as caldas o que pode evidenciar a ocorrência de incompatibilidade com a formação de precipitados ou grumos dentro do tanque do pulverizador, que normalmente param nos filtros, obstruindo-os e resultando em ineficiência no controle fitossanitário. As interações entre caldas podem responder de forma aditiva, sinérgica ou antagônica, interferindo na capacidade de controle dos produtos (Ikeda, 2013).

O pH pode influenciar na eficiência dos produtos, sendo considerado um fator importante relacionado a compatibilidade, afetando a dissociação dos ingredientes ativos e estabilidade física das soluções (ABNT, 2014).

Houve uma variação significativa de pH dentro dos horários de avaliação para algumas caldas, entretanto para as caldas associadas ao inseticida biológico MA houve diminuição dos valores de pH de forma decrescente conforme a hora de avaliação das caldas, variando de 10,06 (0 HAP) a 7,07 (24 HAP). Porém estes valores não se mantiveram dentro da faixa esperada para atuação de inseticidas, o qual varia de 3,5 a 6,0 (Petroff, 2005), esta faixa apresentou-se somente para os inseticidas na forma isolada. O motivo pelas incompatibilidades das caldas em forma de mistura pode ter relação com essa variação de pH encontrada nas avaliações.

A combinação de produtos fitossanitários com diferentes ingredientes ativos pode interagir independente da compatibilidade física entre eles, tendo assim, a possibilidade de interações de natureza química direta, causando uma mudança química na calda podendo alterar sua toxicidade, resultando em aumento ou redução de eficiência no controle do alvo (Reffstrup et al., 2010). Essas interações na presença de mais de um composto, ocorre no local do receptor celular ou na molécula alvo.

Para produtos biológicos com caldas a base de Bt o pH em meios ácidos podem proporcionar uma maior esporulação das bactérias favorecendo o crescimento vegetativo (Liu e Tzeng, 1998). Para *M. anisopliae* ainda não há informações sobre a faixa ideal de pH da calda que favoreça a esporulação do fungo, sendo necessários estudos aprofundados.

Em estudo com a combinação de inseticida imidacloprido e acaricida espirodiclofeno, não foram observadas incompatibilidades físicas e variações de pH e condutividade elétrica, havendo somente a interação antagônica entre estes produtos (Della Vechia et al., 2019).

As caldas em forma de misturas apresentaram variação da condutividade elétrica similar ao que foi verificado para o pH. As caldas associadas com inseticida biológico MA aumentaram a condutividade elétrica, variando entre 92,30 (0 HAP) e 84,11 (24 HAP), sendo estas caldas correspondentes aos menores valores de pH. A condutividade elétrica quando apresenta valores elevados na calda indicam a presença de íons (Rheinheimer e Souza, 2000), neste sentido o aumento das horas de repouso indicou uma diminuição na quantidade de íons na solução.

O estudo do pH e da condutividade elétrica são importantes, pois estes fatores influem no resultado da aplicação, uma vez que podem acelerar a degradação dos produtos fitossanitários envolvidos (Kissman, 1997). Assim como, a constante de dissociação de muitas moléculas depende do pH, influenciando na absorção pelos tecidos vegetais (Cunha et al., 2017).

As caldas fitossanitárias com quatro grupos distintos de inseticidas para controle de tripes utilizadas no presente trabalho influenciaram o pH e condutividade elétrica das caldas. Estes fatores pH e condutividade elétrica atuam no resultado da aplicação, podendo acelerar a degradação dos produtos envolvidos (Kissman, 1997). Sendo assim, se faz necessário critérios quanto ao preparo e agitação da calda dentro do tanque do pulverizador.

A tensão superficial das caldas testadas foi reduzida quando combinados um produto químico e dois produtos biológicos (IMD + EAN + MA e CIP + EAN + MA) estas caldas apresentaram menores valores de tensão comparado aos demais, valores estes menores aos observados para a água ($73,18 \text{ mN.m}^{-1}$). Esta redução também foi evidenciada em relação ao ângulo de contato da gota com a superfície parafilme, quando comparado com o ângulo de gotas formadas apenas com a água ($115,12^\circ$). Essa redução significa maior espalhamento sobre as superfícies, o que pode ser considerado uma característica positiva, quando se busca maior cobertura sobre o alvo, colaborando assim com a qualidade da aplicação, conforme a correlação positiva encontrada na literatura (Decaro et al., 2014).

Outros produtos biológicos como caldas Bt quando adicionadas a óleo mineral e vegetal, reduziram a tensão superficial das gotas de pulverização, proporcionando um maior espalhamento da calda em folhas *Manihot esculenta* Crantz (Salvalaggio, 2017). Fato similar do ocorrido no presente estudo com a adição do fungo entomopatogênico *M. anisopliae* na calda.

A calda IMD +EAN + MA apresentou a maior estabilidade entre os momentos de medição formando o menor ângulo de contato em relação as demais combinações indicando boa característica de espalhamento de uma gota. Esta característica de redução do ângulo de contato sobre uma determinada superfície é considerada desejável, sendo dependente das características anatômicas do alvo que variam de cada espécie (Iost e Raetano, 2010), pois o ângulo de contato é utilizado para caracterização das caldas depositadas na superfície sólida.

Caldas de produtos fitossanitárias que apresentam alto valor de tensão superficial, quando pulverizadas, produzem gotas que, ao atingirem o alvo, tendem a manter ângulos de contato próximos ou maiores que 90° sobre a superfície onde se depositam. Todas as misturas destes inseticidas produziram ângulos de contato de uma gota na superfície parafilme acima de 90° , estes ângulos podem caracterizá-los quanto à capacidade de espalhamento. Quando menor que 90° , pode-se considerar que a superfície é hidrofílica. Porém, se os ângulos forem maiores que 90° , caracterizam-se superfícies hidrofóbicas (Iost e Raetano, 2010).

Contudo, o espalhamento do líquido nas folhas também depende dos constituintes de sua epiderme, na qual a tensão interfacial (líquido-folha) precisa ser maior que a tensão superficial do líquido para um maior espalhamento (Kissmann, 1997; Lo e Hopkinson, 1995). Assim como para a tensão superficial, os valores de ângulo de contato observados foram diferentes dos valores obtidos em relação à água ($115,12 \theta^\circ$), variando de $106,92 \theta^\circ$ a $97,86 \theta^\circ$.

Em uma aplicação à campo, as caldas usadas no presente estudo proporcionaram altas tensões superficiais e ângulos de contato, o que implicariam em uma possível necessidade de aumento nos volumes de aplicação, ou mesmo no uso de gotas menores para uma maior cobertura dos alvos. Considerando os alvos insetos de alta mobilidade em plantas de pequeno porte e superfície a ser coberta, se faz necessário o uso de soluções adjuvantes para diminuir as tensões superficiais e ângulos de contato da calda para melhorar a cobertura da calda, reduzindo volumes e custos das aplicações.

Os adjuvantes podem melhorar a cobertura da superfície a ser tratada colaborando com a redução do volume de aplicação, com implicações nos custos dos tratamentos fitossanitários (Ocampo-Ruiz e Matuo, 1994; Ferreira; Matuo; Barbosa, 1999; Soares et al., 2013). Porém, se faz necessário observar se adição destes

adjuvantes possa a vir modificar as características da calda não podendo refletir em redução do efeito biológico esperado para o controle dos alvos, por se tratar de produtos biologicamente ativos.

5. Conclusão

As misturas com a adição do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (MA), reduziram valores de pH e tensão superficial promovendo um maior espalhamento das gotas em relação as demais caldas, podendo assim interferir na melhor cobertura do alvo.

Referências

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 13074**: Agrotóxicos- Preparação de água-padrão para ensaios. Rio de Janeiro, abr. 1997.

Associação brasileira de normas técnicas. **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação. Rio de Janeiro, out. 2010.

Associação brasileira de normas técnicas (2014) **NBR 13875**: Agrotóxico - Avaliação de compatibilidade físico-química. Rio de Janeiro. BRASIL. (2018) **Instrução Normativa nº 40, de 11 de outubro de 2018**. Instrução Normativa Nº 40.

Barbosa JC; Maldonado JW (2015) Agronomic experimentation and AgroEstat: system for statistical analysis of agronomic trials. Jaboticabal, BR: Multipress. 396p.

Cunha JPAR, Alves GS, Marques RS (2017) Surface tension, hydrogen-ion potential and electrical conductivity in spray solutions of plant protection products and adjuvants. **Revista Ciência Agronômica** 48(2): 1-10.

Decaro ST, Ferreira MC, Lasmar O, Campos HBN (2014) Relationship among variables of sprays applied at reduced volumes in a coffee plantation. **Aspects of Applied Biology** 122(1): 415-422.

Della Vecchia, JF, Almeida DP, Santos RTS, Ferreira MC (2017) Possível ou perigosa? **Cultivar** (15): 29-31.

Della Vecchia, JF, Andrade DJ, Azevedo RG, Ferreira MC (2019) Effects of insecticide and acaricide mixtures on *Diaphorina citri* control. **Revista brasileira de fruticultura**, (41): 1-7.

Ferreira MC, Matuo T, Barbosa JC (1999) Validação de modelo matemático para simulação da capacidade operacional de turboatomizadores em citros. **Engenharia Agrícola** 19(1): 99-110.

Ikeda FS (2013) Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário** 34: 276.

Iost CAR, Raetano CG (2010) Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola** 30(4): 670-680.

Kissmann KG (1997) Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 61-77.

Lo CC, Hopkinson M (1995) Influence of adjuvants on droplet spreading. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS. Melbourne. **Proceedings**... Rotorua: New Zealand Forest Research Institute. p.144-149. (FRI Bulletin, 193).

Liu BL, Tzeng YM (1998). Optimization of growth medium for production of spores from *Bacillus thuringiensis* using response surface methodology. **Bioprocess Eng** 18: 413-418.

Maciel, CDG.; Amstalden, SL.; Raimondi, MA.; Lima, GRG.; Oliveira Neto, AM.; Artuzi, JP. 2009. Seletividade de cultivares de soja RR® 757 submetidos a misturas em tanque de glyphosate + chlorimuron-Ethyl associadas a óleo mineral e inseticidas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 755-768.

Maciel CDG, Guerra N, Oliveira Neto AM, Poletine JP, Bastos SLW, Dias, NMS (2010) Tensão superficial estática de misturas em tanque de glyphosate + chlorimuronethyl isoladas ou associadas com adjuvantes. **Planta Daninha** 28(3): 673-685.

McDougall, S. 2015. Pests, beneficials, diseases and disorders in lettuce: field identification guide. Available at: <https://www.tocal.nsw.edu.au/publications/horticulture/pests,-beneficials,-diseases-and-disorders-in-lettuce>. Acesso maio, 2020.

Mattos M (2002). Avaliação de estratégias com agroquímicos no controle de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomate. **Pestic.: R. Ecotoxicol. Meio Amb.** 12(1): 131-144.

Ocampo-Ruiz RA, Matuo T (1994) Efeito de espalhantes-adesivos na retenção e na ação do propargite sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijs.) em folhas de citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 23(2): 265-270.

Petroff R (2005) Water quality and pesticide performance. Disponível em: <<http://www.montana.edu/>> Acesso em: 30 agos. 2020.

Petter FA, Segate D, Pacheco LP, Almeida FA, (2012) Içântara Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha** 30: 449-457.

Petter FA, Segate D, Almeida FA, Alcântara Neto F, Pacheco LP (2013) Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae** 4: 129-138.

Reffstrup TK, Larsen JC, Meyer O (2010) Risk assessment of mixtures of pesticides. Current approaches and future strategies. **Regulatory Toxicology and Pharmacology** 56: 174-192.

Rheinheimer DS, Souza RO (2000) Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural** 30(1): 97-104.

Salvalaggio AC, da Costa NV, Moratelli G, Exteckoetter V, Podkowa CI, Cazzo VN (2017) Spreading drops of insecticide syrup with different doses of adjuvants on cassava leaves. **Scientia Agraria Paranaensis** 16(2): 246-252.

Santos CE, Kist BB, Carvalho C, Reetz ER, Muller I, Beling RR, Poll H (2015) **Anuário brasileiro de hortaliças**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 68 p.

Shelton AM, Zhao JZ, Nault BA, Plate J, Musser FR, Larentzaki E (2006) Patterns of insecticide resistance in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. **Journal of economic entomology** 99(5): 1798-1804.