UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

"**Efeito do estresse hídrico na composição química de brássicas e sua influência em *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lep.: Plutellidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae)"**

(VERSÃO CORRIGIDA)

Dagmara Gomes Ramalho

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA

RIBEIRÃO PRETO -SP

2018

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

"**Efeito do estresse hídrico na composição química de brássicas e sua influência em *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lep.: Plutellidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae)"**

Dagmara Gomes Ramalho

Orientador: Sérgio Antonio De Bortoli

Co-orientador: Diego Bastos Silva

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA

RIBEIRÃO PRETO -SP

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que a fonte seja citada.

Ramalho, Dagmara Gomes
Efeito do estresse hídrico na composição química de brássicas e sua influência em *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lep.: Plutellidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae)". Ribeirão Preto, 2018.

167 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Entomologia.
Orientador: Sergio Antonio De Bortoli
Co-orientador: Diego Bastos Silva

1. Interação inseto-planta 2. inseto especialista 3. estresse hídrico 4. Brassicaceae 5. Mudanças climáticas

Nome: RAMALHO, Dagmara Gomes

Título: "Efeito do estresse hídrico na composição química de brássicas e sua influência em *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lep.: Plutellidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: TrIchogrammatidae)".

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr._____ Instituição:_____

Julgamento:_____ Assinatura: _____

Prof. Dr._____ Instituição:_____

Julgamento:_____ Assinatura: _____

Prof. Dr._____ Instituição:_____

Julgamento:_____ Assinatura: _____

Prof. Dr._____ Instituição:_____

Julgamento:_____ Assinatura: _____

Aos meus pais, Jerônimo e Olímpia, pelo exemplo de seres humanos e pelo apoio incondicional e amor; à minha família como um todo, por me apoiar; e à minha filha Daniele, que sempre foi o motivo para a busca dos meus objetivos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais Olímpia Gomes da Rocha Silva e Jerônimo Marciano da Silva; à minha filha Daniele da Silva Ramalho; ao meu marido Daniel Inácio Ramalho; ao meu irmão João Carlos Alves da Rocha; e à minha cunhada Circe da Rocha que são minha estrutura familiar e emocional.

À Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP, pela oportunidade de realizar o doutorado e pelo excelente Programa de Pós Graduação em Entomologia, no qual tenho certeza que adquiri muita bagagem para continuar minha caminhada.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal/UNESP, e ao Departamento de Fitossanidade, onde realizei toda a maior parte da fase experimental da tese.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Sergio Antonio De Bortoli, por ter sido meu pai na ciência, pelo respeito e pelos conhecimentos transmitidos ao longo desta caminhada, e nenhuma palavra seria o bastante para agradecer.

Ao Dr. Diego da Silva Bastos, pela dedicação em me ajudar nesse mundo ímpar da Ecologia Química e paciência em me ajudar.

À Prof. Dra. Alessandra Marieli Vacari, que foi minha mãe na Ciência, sendo que a única palavra que pode expressar o que sempre sentirei por você é gratidão; pela amizade; pelos ensinamentos; e pelo exemplo de pessoa.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Augusto Santinelo Pereira, que sempre esteve aberto a auxiliar e aconselhar quando o procurei, e por exercer a função de coordenador do Programa de Pós Graduação com maestria e ajudar a elevar o nível do programa.

À Prof. Dra. Priscila Lupino Gratão, pelo auxílio indispensável no desenvolvimento da tese, pelo espaço e disponibilidade em ajudar sempre.

Ao Prof. Dr. José Maurício Simões Bento, pela abertura em ajudar quanto à parte de Ecologia Química, pelo acolhimento e disponibilidade dispensada.

Ao Prof. Dr. Cesar Rodriguez Saona, pela oportunidade e abertura para o estágio em seu laboratório, e disponibilidade em ensinar; pela amizade e conselhos.

Ao Prof. Dr. Ricardo Antonio Polanczyk pela concessão do equipamento de olfatometria.

Ao Prof. Dr. Itamar Andrioli e à Prof. Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz pela ajuda com as análises químicas e cálculos de correções do solo.

À Prof. Rogério Teixeira de Faria pelas orientações na determinação da capacidade de campo.

Á equipe do Laboratório de Nutrição Animal (LANA) pela ajuda na condução das análises bromatológicas das plantas.

À amiga Nathália Alves dos Santos que foi importantíssima em todas as fases da minha tese e me ajudou exaustivamente; obrigada pela amizade, pelos conselhos e pela vivência, eu sempre serei grata.

À amiga Valéria de Lucas Laurentis, pela disposição e empenho em ajudar, sempre com muita dedicação e carinho; pela educação e exemplo de ser humano.

À Caroline Placidi De Bortoli e Rafael Ferreira dos Santos, que sempre me incentivaram e me auxiliaram no desenvolvimento da tese, obrigada pelo carinho e dedicação.

Ao Matheus Moreira Dantas Pinto, pela ajuda exaustiva no desenvolvimento da tese, principalmente aos sábados, domingos, feriados e horas extras; obrigada pela amizade e companheirismo.

À Hortência Menez Marques, pela ajuda durante a parte experimental no campo; pelo carinho e amizade.

Ao Gustavo Oliveira de Magalhães, pelo auxílio durante os experimentos de campo; pela amizade e carinho.

À amiga Lauany Cavalcante dos Santos por toda a contribuição na tese e amizade.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Biologia e Criação de Insetos (Unesp/FCAV) durante toda essa jornada. Vanessa Fabíola Pereira de Carvalho ("minha filhinha gigante"), Ana Carolina Pires Veiga, Isabela Cristina de Oliveira Pimenta, Joana Darc Silveira Godoy, Paula Sayuri Taguti, Gilmar da Silva Nunes, Natalia Fernanda Vieira, Caio César Truzi, Camila Pires Cardoso e Giovani Smaniotto.

Aos professores e funcionários do programa de pós-graduação em Entomologia da USP/FFCLRP, pelo auxílio e conhecimento transmitido.

À Mariangela Placidi De Bortoli, que sempre apoiou nossas confraternizações; pela amizade e carinho.

À Renata Aparecida de Andrade Cavallari, secretária do programa de pós-graduação em Entomologia (FFCLRP-USP), pelo empenho e dedicação em nos auxiliar administrativamente; pela disposição dedicada em nos atender.

E a todos os demais que, direta ou indiretamente, auxiliaram para que esse trabalho chegasse a termo.

“O período de maior ganho em
conhecimento e experiência é
o período mais difícil da vida
de alguém (Dalai Lama)”

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS IV

LISTA DE FIGURAS VI

RESUMO X

ABSTRACT XII

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA 4

2.1. BRASSICACEAE. 4
2.2. *PLUTELLA XYLOSTELLA.* 6
2.3. *PLUTELLA XYLOSTELLA* E BRASSICACEAE. 8
2.4. INTERAÇÃO INSETO-PLANTA. 10
2.5. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS COM ÊNFASE EM GLUCOSINOLATOS. 11
2.6. ESTRESSES EM PLANTAS COM ÊNFASE NO HÍDRICO. 17
2.6.1. Plantas com estresse como alimento para herbívoros. 19

3. MATERIAL E MÉTODOS 21

3.1. LOCAL E CONDIÇÕES DOS EXPERIMENTOS. 21
3.2. SOLO. 21
3.3. OBTENÇÃO E TRANSPLANTIO DAS MUDAS. 23
3.4. EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS PLANTAS. 23
3.4.1. Determinação da capacidade de campo. 23
3.4.2. Determinação dos tratamentos com estresse hídrico. 24
3.4.2.1. Teste de peroxidação lipídica (MDA). 24
3.4.3. Cultivo das plantas com estresse hídrico. 25
3.4.4. Análises bromatológicas das plantas de couve, brócolis e repolho. 26
3.4.4.1. Coleta e secagem das folhas. 26
3.4.4.2. Matéria seca e umidade. 27
3.4.4.3. Determinação de proteínas totais. 27
3.4.4.4. Fibra em detergente neutro (FDN). 28
3.4.4.5. Fibra em detergente ácido (FDA). 28
3.4.4.6. Proteínas indisponíveis, ligadas às fibras. 29
3.4.4.7. Proteínas disponíveis. 29
3.4.4.8. Lipídios totais. 29
3.4.4.9. Matéria mineral 30
3.4.4.10. Carboidratos totais. 30
3.4.4.11. Determinação da cerosidade das folhas. 30
3.5. CRIAÇÃO DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* (POPULAÇÃO ESTOQUE). 31
3.5.1. Populações de *Plutella xylostella* utilizadas nos bioensaios. 32
3.6. CRIAÇÃO DE *TRICHOGRAMMA PRETIOSUM.* 33
3.7. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM LABORATÓRIO. 33

3.7.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*. 33
3.7.1.1. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* 35
3.8. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM CASA DE VEGETAÇÃO 35
3.8.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*. 35
3.8.1.1. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* 36
3.9. INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS DE COUVE, BRÓCOLIS E REPOLHO NA PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E EFEITO EM *PLUTELLA XYLOSTELLA* E *TRICHOGRAMMA PRETIOSUM* 36
3.9.1. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella* com chance de escolha, em casa de vegetação 37
3.9.2. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella* sem chance de escolha, em casa de vegetação 38
3.9.3. Bioensaios de olfatometria com *Trichogramma pretiosum* em laboratório. 38
3.9.4. Coleta e análise de voláteis nas plantas em laboratório. 40

4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS. 42

5. RESULTADOS 43

5.1. TESTE DE PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA (MDA). 43
5.2. ANÁLISES BROMATOLÓGICAS DAS PLANTAS DE COUVE, BRÓCOLIS E REPOLHO 44
5.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM LABORATÓRIO. 57
5.3.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*. 57
5.3.2. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* 59
5.4. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM CASA DE VEGETAÇÃO. 65
5.4.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*. 65
5.4.2. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* 68
5.5. INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS DE COUVE, BRÓCOLIS E REPOLHO NA PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E EFEITO EM *PLUTELLA XYLOSTELLA* E *TRICHOGRAMMA PRETIOSUM* 74
5.5.1. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella*, com chance de escolha, em casa de vegetação 74
5.5.2. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella*, sem chance de escolha, em casa de vegetação 79
5.5.3. Bioensaios de olfatometria com *Trichogramma pretiosum* em laboratório 80
5.5.4. Análise dos voláteis das plantas em laboratório. 81

6. DISCUSSÃO 85

6.1. TESTE DE PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA (MDA). 86
6.2. ANÁLISES BROMATOLÓGICAS DAS PLANTAS DE COUVE, BRÓCOLIS E REPOLHO 88
6.3. BIOLOGIA COMPARADA DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM LABORATÓRIO. 93
6.4. TABELA DE VIDA DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM LABORATÓRIO. 96
6.5. BIOLOGIA COMPARADA DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM CASA DE VEGETAÇÃO. 100
6.6. TABELA DE VIDA DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* EM CASA DE VEGETAÇÃO. 101

6.7. INFLUÊNCIA DO ESTRESSE HÍDRICO EM PLANTAS DE COUVE, BRÓCOLIS E REPOLHO EM PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS SOBRE *PLUTELLA XYLOSTELLA* E *TRICHOGRAMMA PRETIOSUM* 102

7. CONCLUSÃO 112

8. REFERÊNCIAS 113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo, expressos por volume de terra fina seca ao ar.....22

Tabela 2 - Recomendação de adubação para brássicas com base nos resultados da análise química do solo.....23

Tabela 3 – Resultados médios da peroxidação lipídica (MDA) expressos em nMol/g.....43

Tabela 4 – Resultados das análises bromatológicas de folhas de couve, brócolis e repolho.....56

Tabela 5 - Consumo foliar (cm^2), período larval (dias) e viabilidade larval (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....58

Tabela 6 - Peso de pupa (mg), período pupal (dias) e viabilidade pupal (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....58

Tabela 7 - Razão sexual, número de ovos/fêmea, longevidade de fêmeas e de machos (dias) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....59

Tabela 8 - Parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....64

Tabela 9 - Consumo foliar (cm^2), período larval (dias) e viabilidade larval (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....65

Tabela 10 - Peso de pupa (mg), período pupal (dias) e viabilidade pupal (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....67

Tabela 11 - Razão sexual, número de ovos/fêmea, longevidade de fêmeas e de machos (dias) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....68

Tabela 12 - Parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.....73

Tabela 13 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, repolho e brócolis nos tratamentos T50% e T70%, em teste de preferência para oviposição.....74

Tabela 14 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em variedades couve, repolho e brócolis em plantas com 70% e 100% de água disponível no solo, em casa de vegetação.....75

Tabela 15 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em variedades couve, repolho e brócolis em plantas com 50% e 100% de água disponível no solo, em casa de vegetação.....76

Tabela 16 – Locais de postura de *Plutella xylostella* em variedades couve, brócolis e repolho cultivados com 50% e 100% de água disponível no solo, em casa de vegetação.....77

Tabela 17 - Locais de postura de *Plutella xylostella* em variedades couve, brócolis e repolho cultivados com 50% e 70% de água disponível no solo, em casa de vegetação.....78

Tabela 18 - Locais de postura de *Plutella xylostella* em variedades couve, brócolis e repolho cultivados com 70% e 100% de água disponível no solo, em casa de vegetação.....79

Tabela 19 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nas diferentes condições hídricas, em teste sem chance de escolha, em casa de vegetação.....80

Tabela 20 - Quantidade de emissão de compostos voláteis (media ± EP ng.g-1) emitido por couve, brócolis e repolho nas diferentes condições hídricas de solo. A quantificação foi baseada na área do pico em relação ao padrão interno.....84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Triângulo de Nagaharu relacionando as espécies dentro de Brassicaceae (NAGAHARU, 1935).....4

Figura 2 – Estruturas moleculares de glucosinolatos.....12

Figura 3 - Esquema de hidrólise de glucosinolatos com liberação de um grupo sulfato (HSO4-). [ ] "colchetes" significam intermediários instáveis. ESP = proteína epitioespecificadora; R = cadeia lateral variável. (Adaptado de BONES & ROSSITER, 2006 e HALKIER & GERSHENZON, 2006).....14

Figura 4 - Estrutura química da sinigrina.....15

Figura 5 - Visão geral das limitações fisiológicas que as plantas enfrentam por responderem ao ataque de outros organismos: (a) esquema das reações da fotossíntese; (b) esquema do metabolismo geral e especializado via relógio circadiano; as setas no painel indicam o efeito de um evento de indução de herbívoros ao meio-dia (seta para a esquerda) ou meia-noite (seta para a direita); (c) flutuações de metabólitos durante 48 horas após um evento estressante; (d) fenotípicos ecológicos. ER: retículo endoplasmático; ERAD: proteína de degradação para evitar morte celular ou eliminar proteínas dobradas incorretamente; ETC: cadeia de transporte de elétrons; HIPVs: voláteis de plantas induzidas por herbívoros; PS I / II: fotossistema I / II; Ub: ubiquitina; RPU: resposta proteica desdobrada; ZT: Zeitgeber time (tempo desde o amanhecer no primeiro dia do experimento). Fonte: SCHUMAN & BALDWIN (2016).....16

Figura 6 - A) aparelho medidor de umidade do solo (TRACON modelo mus20-tr); B) vasos com mudas de couve, brócolis e repolho utilizados para a determinação da capacidade de campo.....24

Figura 7 - Imagem da área e dos vasos utilizados para a realização do experimento com as variedades de couve, brócolis e repolho (blocos casualizados). A) vasos utilizados para os experimentos; B) parcelas dispostas com as mudas transplantadas.....25

Figura 8 - Imagem de alguns vasos com déficit hídrico. A, B e F) repolho; C, D e E) couve; G) brócolis.....26

Figura 9 - Vasos de couve, brócolis e repolho com 50 dias de idade.....26

Figura 10 - Esquema da criação de *Plutella xylostella* no laboratório (THULER, 2009).....32

Figura 11 - A) potes para manutenção de lagartas; B) tubos para manutenção de pupas; C) gaiolas para manutenção de adultos e oviposição; D) disco foliar contendo ovos de *Plutella xylostella*, na criação de laboratório (THULER, 2009).....32

Figura 12 – A) plantas de brócolis com as gaiolas de avaliação no tratamento T70% B) pupas de *Plutella xylostella* nas plantas; C) suportes contendo os tubos com as pupas de *P. xylostella* obtidas nos diferentes tratamentos.....36

Figura 13 - Gaiolas utilizadas para o teste de preferência para a oviposição (dupla chance de escolha) de *Plutella xylostella*. A) vista externa da gaiola. A) vista interna da gaiola.....37

Figura 14 - Oviposição de *Plutella xylostella* em: A) prato e vasos da planta B) caule da planta.....38

Figura 15 - Olfatômetro utilizado no teste de preferência com *Trichogramma pretiosum*. A) arena teste; B) desenho da arena e vias com tratamentos; C) folhas-teste isoladas em saco plástico.....40

Figura 16 – Resultados médios da peroxidação lipídica (nMol/g) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúscula diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....44

Figura 17 – Resultados médios de proteína bruta (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey (P < 0,05).....45

Figura 18 – Resultados médios de fibra em detergente neutro (FDN) (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....46

Figura 19 – Resultados de fibra em detergente ácido (FDA) (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....47

Figura 20 – Resultados de teor de hemicelulose (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....48

Figura 21 – Resultados médios da porcentagem de lipídeos (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....49

Figura 22 – Resultados da porcentagem de cera nas folhas em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....50

Figura 23 – Resultados médios de proteína insolúvel em detergente neutro (FDN) (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....51

Figura 24 – Resultados médios de proteína insolúvel em detergente ácido FDA (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as cultivares no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....52

Figura 25 – Resultados médios de proteína disponível (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....53

Figura 26 – Resultados médios de matéria mineral (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....54

Figura 27 – Resultados médios da porcentagem de carboidratos totais em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....55

Figura 28 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx), em couve.....60

Figura 29 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em brócolis.....61

Figura 30 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em repolho.....62

Figura 31 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em couve.....69

Figura 32 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em brócolis.....70

Figura 33 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em repolho.....71

Figura 34 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nos tratamentos T50% e T70%, em teste de preferência para oviposição.....74

Figura 35- Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nos tratamentos T70% e T100%, em teste de preferência para oviposição.....75

Figura 36 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nos tratamentos T50% e T100%, em teste de preferência para oviposição.....76

Figura 37 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nas diferentes condições hídricas, em teste sem chance de escolha para oviposição e em condição de casa de vegetação. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos da mesma variedade e letras maiúsculas diferença entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).....80

Figura 38 – Tempo, em minutos, de residência de *Trichogramma pretiosum* em variedades de brássicas cultivadas em diferentes condições hídricas e na presença de ovos de *Plutella xylostella*, em teste com chance de escolha para oviposição.....81

Figura 39 - Gráfico bidimensional PC1 x PC2 dos "scores" para as diferentes condições hídricas de solo. A) Couve B) Brócolis e C) Repolho.....83

Efeito do estresse hídrico na composição química de brássicas e sua influência em *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lep.: Plutellidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae).

RESUMO - *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), também conhecida por traça-das-crucíferas, é uma praga importante de Brassicaceae, que pode ser encontrada em todos os continentes. A relação entre *P. xylostella* e as brassicáceas tem sido muito estudada uma vez que essa praga provoca grandes prejuízos em praticamente todas as regiões produtoras, no Brasil e no mundo. Também tem despertado grande interesse entre os pesquisadores o fato das brassicáceas utilizarem metabólicos secundários como defesa ao ataque de insetos generalistas, sendo que para especialistas, como *P. xylostella*, alguns desses metabólicos são incitantes de alimentação e oviposição. Na interação inseto-planta existem questões não compreendidas e que devem ser estudas, pois são diversas condições bióticas e abióticas que interagem nestes organismos, podendo promover alterações fisiológicas e nutricionais nas plantas, no desenvolvimento dos insetos e nas interações planta x herbívoro x parasitoide/predador. Assim, este trabalho objetivou estudar a influência de estresses hídricos em variedades de brássicas e seus reflexos nas plantas, no herbívoro especialista *P. xylostella* e no parasitoide *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Foram efetuadas análises da composição química em folhas e da emissão de voláteis em três variedades (couve - *Brassica oleracea* var. *acephala*; brócolis - *B. oleracea* var. *italica* e repolho - *B. oleracea* var. *capitata*), em diferentes níveis de água no solo (50%, 70% e 100% da capacidade de campo), procurando-se determinar plantas comprovadamente com estresse hídrico. Também foi estudada a influência daquelas condições hídridas em parâmetros biológicos de desenvolvimento, de reprodução e de comportamento de *P. xylostella*, além da influência dos estresses hídricos na atratividade/repelência de *T. pretiosum*, parasitoide de ovos de *P. xylostella*. Com as variedades desenvolvidas nas três condições hídricas foram determinados: (a) nas plantas/folhas: taxa de peroxidação lipídica (MDA), porcentagem de proteína bruta na matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, lipídeos, teor de cera, proteínas insolúveis em detergente neutro, proteínas insolúveis em detergente ácido, proteínas disponíveis, matéria mineral, carboidratos totais e a emissão de voláteis; (b) com *P. xylostella*: consumo foliar, período larval, viabilidade larval, período pupal, viabilidade pupal, peso de pupas, razão sexual, ovos por fêmea, viabilidade de ovos, longevidade de fêmeas, longevidade de machos e tabela de vida de fertilidade, em

laboratório e casa de vegetação, além da preferência para oviposição em testes com e sem chance de escolha; e (c) com *T. pretiosum:* teste de olfatometria com plantas nas três condições hídricas. Os resultados obtidos permitem concluir que: o déficit hídrico provoca estresse em couve, brócolis e repolho e em maior intensidade nas plantas cultivadas com menor quantidade de água disponível no solo; quantitativamente, a composição química das plantas (couve, brócolis e repolho) é alterada em função do estresse hídrico, principalmente quanto à proteína bruta e disponível, hemicelulose, lipídeos, proteínas ligadas à fibra em detergente ácido e neutro, matéria mineral e carboidratos totais; os parâmetros de desenvolvimento de *P. xylostella* são alterados, tanto em laboratório como em casa de vegetação, com as lagartas alimentando-se das plantas cultivadas nas diferentes condições hídricas de solo, refletindo significativamente na capacidade reprodutiva e na sobrevivência dos insetos; o estresse hídrico altera a emissão de voláteis em plantas de couve, em brócolis e repolho; a preferência de *P. xylostella* para oviposição, em testes com chance e sem chance, é influenciada pelo estresse hídrico em couve, brócolis e repolho; os testes de olfatometria mostram que o estresse hídrico influencia na escolha de *T. pretiosum* para oviposição, mais expressivamente em plantas com maiores índices de estresse hídrico.

Palavras-chave: interação inseto-planta, inseto especialista, estresse hídrico, Brassicaceae, mudanças climáticas, traça-das-crucíferas, parasitoide de ovos

Effect of the water stress in the chemical composition of brassics and their influence in *Plutella xylostella* (l., 1758) (lepidoptera: plutellidae) and *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hym.: Trichogrammatidae).

ABSTRACT - *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), also known as cruciferous moth, is an important pest of Brassicaceae, which can be found on all continents. The relationship between *P. xylostella* and brassicaceae has been much studied since this pest causes great damages in practically all the producing regions, in Brazil and in the world. It has also aroused great interest among researchers that brassicaceae use secondary metabolites as a defense against the attack of generalist insects, and for specialists, such as *P. xylostella*, some of these metabolites are prompting feeding and oviposition. In the interaction insect-plant there are questions not understood and that must be studied, because several biotic and abiotic conditions interact in these organisms, being able to promote physiological and nutritional changes in plants, in the development of insects and in the interactions plant x herbivore x parasitoid / predator. The objective of this work was to study the influence of water stresses on brassic varieties and their reflexes on plants, the *P. xylostella* herbivore and the *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitoid. The chemical composition of leaves and the volatile emission were evaluated in three different varieties (kale - *Brassica oleracea* var. *acephala*; broccoli - *B. oleracea* var. *italica* and cabbage - *B. oleracea* var. *capitata*) in different soil water levels (50%, 70% and 100% of the field capacity), aiming to determine plants with water stress. The influence of these water conditions on biological development, reproduction and behavioral of *P. xylostella*, as well as the influence of water stress on the attractiveness / repellency of *T. pretiosum* parasitoid on *P. xylostella* eggs. The three varieties grown in the three water conditions and were determined: (a) in the plants / leaves: lipid peroxidation rate (MDA), percentage of crude protein in dry matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, lipids, wax, neutral detergent insoluble proteins, acid detergent insoluble proteins, available proteins, mineral matter, total carbohydrates and the emission of volatiles; (b) with *P. xylostella*: leaf consumption, larval period, larval viability, pupal period, pupal viability, pupal weight, sex ratio, eggs per female, egg viability, female longevity, male longevity and life table of fertility, laboratory and greenhouse, in addition to the preference for oviposition in tests with and without a choice; and (c) with *T. pretiosum*: tests of olfactometry with plants in the three water conditions. The results obtained allow us to conclude that: the water deficit causes stress in kale, broccoli and cabbage and in higher intensity in the plants cultivated with less

amount of water available in the soil; quantitatively, the chemical composition of the plants (kale, broccoli and cabbage) is altered as a function of water stress, mainly as regards crude and available protein, hemicellulose, lipids, acid and neutral detergent fiber binding proteins, mineral matter and total carbohydrates; the development parameters of *P. xylostella* are altered, both in the laboratory and in the greenhouse, with caterpillars feeding on plants grown under different soil water conditions, significantly reflecting the reproductive capacity and survival of the insects; water stress changes the emission of volatiles in kale, broccoli and cabbage plants; the preference of *P. xylostella* for oviposition, in tests with chance and without chance, is influenced by water stress in kale, broccoli and cabbage; olfactometry tests show that water stress influences the choice of *T. pretiosum* for oviposition, more expressively in plants with higher rates of water stress

Keywords: insect-plant interaction, insect specialist, water stress, Brassicaceae, climatic changes, diamondback moth, egg parasitoid.

1. INTRODUÇÃO

Existem vários fatores que podem afetar o metabolismo das plantas, como os abióticos (luz, água, temperatura, nível de CO_2, entre outros), os bióticos (espécie de planta, cultivar, exposição a pragas e doenças, entre outros) e os agronômicos (tipo de solo, fertilizantes, inseticidas, entre outros). As mudanças no metabolismo das plantas podem alterar o sabor e o aroma dos alimentos, alterar o valor nutricional, além de poder induzir resistência nas plantas a insetos e patógenos (BJÖRKMAN et al., 2011).

Em 2007, o relatório de Avaliação do Clima do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas citou que dentre os fatores climáticos, o aquecimento global poderia levar ao aumento da evaporação potencial, conquanto limitada por outras variáveis ecológicas, como a velocidade do vento, dificultando precipitações. Muitas áreas já apresentavam limite de água, como o Sahara, Mediterrâneo, maior parte da Austrália e sudoeste da América do Norte, tornando-as ainda mais secas, enquanto em outros locais, com condições meteorológicas extremas, tinham precipitação cada vez mais concentrada no tempo (IPCC, 2007).

No Brasil, em 2014 já havia a previsão, segundo modelos climáticos para a região Amazônica, de certa tendência de aumento na frequência de eventos climáticos de seca (COUTO-SANTOS et al., 2014). Segundo TUYTENS et al. (2014), as mudanças esperadas para a precipitação não seriam uniformes entre as regiões, sendo que em relatório de 2018 é evidenciada a preocupação com as mudanças climáticas com base em aumento médio de 1,5 ºC sobre o nível existente no período pré-industrial (LUCON, 2018), o que pode resultar em consequências altamente significativas na agricultura.

A produção das hortaliças, em geral, tem sido influenciada pelas condições de umidade do solo e, mesmo em regiões úmidas e em estações chuvosas, a ocorrência de veranicos é fator limitante para obtenção de plantas produtivas e de qualidade (MAROUELLI & SILVA, 2011). Fatores fisiológicos críticos para as plantas, como fotossíntese, comportamento estomatal, mobilização de reservas, expansão foliar e crescimento, podem ser alterados por estresse hídrico e, consequentemente, provocar alterações no metabolismo secundário que podem afetar a qualidade das plantas (SALISBURY & ROSS, 1991).

FEENY (1970) verificou que mudanças na qualidade das folhas afetam o desempenho de insetos herbívoros, evidências essas corroboradas por AWMACK & LEATHER (2002), que verificaram a influência da qualidade da planta hospedeira na fecundidade de insetos herbívoros, tanto em escala individual quanto populacional.

Pode haver variação na qualidade da dieta dos insetos herbívoros entre espécies e até mesmo em uma mesma espécie de planta hospedeira. Essas variações podem ser imprevisíveis, causadas por estresse ambiental, ou previsíveis, como aquelas provocadas por mudanças sazonais, podendo, assim, ocorrer variações na qualidade nutricional das plantas, influenciando o processo de seleção hospedeira e o desenvolvimento dos insetos herbívoros, bem como de seus inimigos naturais (SCRIBER & SLANSKY JUNIOR, 1981; ASIIMWE et al., 2013).

As brássicas (Brassicales: Brassicaceae) formam um grupo importante dentre as hortícolas, com 380 gêneros e mais de 3000 espécies, entre plantas cultivadas e selvagens (HEYWOOD, 1993), constituindo a família botânica mais numerosa em espécies, ocupando lugar proeminente na olericultura do centro-sul do Brasil (FILGUEIRA, 2008). Entre essas plantas destacam-se variedades de repolho e couve, que são expressivamente cultivadas (; TRANI et al., 2015; HORTIBRASIL, 2018).

Dentre os compostos químicos presentes no grupo das brassicáceas, estão os metabólitos chamados genericamente de secundários, como alguns glucosinolatos, que são importantes na mediação das interações insetos-plantas (MITHEN, 1992). Alguns desses metabólitos são considerados incitantes para *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), a traça-das-crucíferas, durante a localização do hospedeiro, a oviposição e a alimentação (THORSTEINSON, 1953; SPENCER et al., 1999; MARAZZI et al., 2004), como é o caso da sinigrina (CARVALHO et al., 2010).

Por isso, em trabalhos envolvendo aspectos biológicos de insetos, como preferência alimentar e hospedeira, devem sempre ser considerados os fatores bióticos e abióticos, que são intrínsecos nessas relações insetos-plantas. De acordo com HODGES et al. (2006), quando um inseto herbívoro encontra uma planta hospedeira, ele fica exposto a vários estímulos, como, por exemplo, visuais e aqueles oriundos das características físicas e químicas das plantas. Entretanto, acredita-se que durante a seleção hospedeira há influência não somente dessas substâncias químicas, como também das concentrações relativas e adequadas delas nas plantas (SPENCER et al., 1999).

Um dos fatores abióticos mais importantes nessa relação inseto-planta é a água disponível no solo. A água é um dos mais importantes componentes da planta, sendo bastante exigido pelos insetos herbívoros, com sua quantidade e disponibilidade afetando a qualidade nutricional da planta como dieta para os herbívoros (MATTSON, 1980; SCRIBER & SLANSKY JUNIOR, 1981; SCHOONHOVEN et al., 2005; CHENG et al., 2008) e,

consequentemente, modificando a planta enquanto alimento para os insetos, com repercussão direta no desenvolvimento do animal.

Muitas pesquisas têm constatado a influência de diferentes substratos de alimentação no desenvolvimento e na preferência dos insetos, além das interações entre os diferentes níveis tróficos. Para *P. xylostella* ainda são escassos estudos correlacionando fatores abióticos e bióticos com suas plantas hospedeiras, bem como seus efeitos no desenvolvimento da praga e de seus inimigos naturais, sendo que essas informações são importantes para programas de controle biológico (PLUKE & LEIBEE, 2006). Também são escassos trabalhos envolvendo o terceiro nível trófico e seus hospedeiros com plantas com estresse hídrico (MUNIR et al., 2016; MUNIR et al., 2017; VALIM et al., 2017).

Como as plantas estão frequentemente expostas a estresses bióticos e abióticos que podem alterar o seu crescimento, desenvolvimento e produtividade, provocados por alterações em seus metabolismos, sejam eles primários e/ou secundários, ocorre sempre interferência direta na história de vida dos herbívoros, o que repercute de modo significativo em seus comportamentos. Nesse sentido, esta pesquisa buscou obter informações nutricionais e sobre os metabólitos secundários das plantas que poderão ajudar no entendimento do comportamento de *P. xylostella*, bem como na sua relação com seus hospedeiros, particularmente em situações em que ocorrem estresses hídricos.

Embora resultados significativos no desenvolvimento e reprodução de *P. xylostella* em relação a diferentes brássicas já tenham sido relatados (DE BORTOLI et al., 2013), poucos trabalhos têm relacionado fatores abióticos, como a água disponível no solo para a planta, com a performance deste inseto. Sendo assim, ainda são necessários mais estudos que correlacionem o fator água no solo com a planta e o herbívoro, para que se possa melhor compreender o comportamento de *P. xylostella* em relação aos seus hospedeiros, quando as plantas estejam sujeitas a essas alterações hídricas e assim responder se plantas comprovadamente sobre estresse hídrico são modificadas quimicamente e influenciam nas características biológicas e de comportamento dos insetos.

Deste modo, neste trabalho estudou-se a influência de estresses hídricos em variedades de brássicas e seus reflexos no herbívoro especialista *P. xylostella*, por meio de análises da composição química de três variedades (couve - *Brassica oleracea* var. *acephala*; brócolis - *B. oleracea* var. *italica* e repolho - *B. oleracea* var. *capitata*) em diferentes níveis de estresse hídrico, bem como suas influências nos parâmetros biológicos de desenvolvimento e de reprodução de *P. xylostella*, além da influência dos estresses hídricos em *Trichogramma pretiossum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Brassicaceae.

A família Brassicaceae é originária do norte da costa do mar Mediterrâneo, Ásia Menor e Costa Ocidental Europeia, possuindo aproximadamente 4000 espécies e cerca de 400 gêneros (FREITAS LUZ et al., 2002; JOHNSTON et al., 2005), estando suas espécies entre as mais antigas plantas cultivadas, com registros escritos que datam de 1.500 a.C. (RAYMER, 2002). No Brasil foi introduzida com as primeiras imigrações de italianos (CEASA, 2018).

Geneticamente existem semelhanças e diferenças entre as espécies e grande variabilidade dentro de uma mesma espécie do gênero *Brassica*, particularmente devido às suas relações interespecíficas. NAGAHARU (1935) representou num triângulo, a partir de um postulado elaborado por ele, as relações interespecíficas das principais espécies do gênero, onde *B. carinata*, *B. juncea* e *B. napus* são espécies anfidiploides, formadas por eventos de hibridização natural entre as espécies parentais diploides *B. nigra*, *B. rapa* e *B. oleracea*, que são as espécies básicas. Espécies diploides de *B. rapa* possuem duas cópias do genoma A em 20 cromossomos (AA, N=10, 2N=20). enquanto a diploide de *B. napus* tem duas cópias dos genomas A e C em 38 cromossomos (AACC, N=19, 2N=38) (Figura 1).

As variedades da espécie *B. oleracea* são 2n=18 e apresentam autoincompatibilidade do tipo esporofítica, o que contribui para o aumento na variabilidade genética dentro da espécie (AZEVEDO et al., 2012), aumentando, assim, as respostas fisiológicas das espécies, de acordo com o ambiente onde são cultivadas.

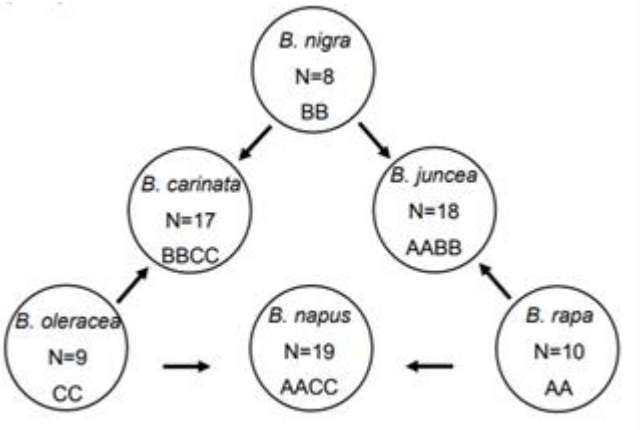

Figura 1 - Triângulo de Nagaharu relacionando as espécies dentro de *Brassicaceae* (NAGAHARU, 1935).

Dentre as variedades de brássicas cultivadas, destacam-se: couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.), repolho (*B. oleracea* L. var. *capitata* L.), couve-flor (*B. oleracea* L. var. *botrytis* L.), brócolis (*B. oleracea* L. var. *italica* Plenck) e couve-chinesa (*B. pekinensis* L.), além de outras 12 espécies como: rúcula (*Eruca sativa* Mill), couve-rabano (*B. oleracea* var. *gongylodes*), rabanete (*Raphanus sativus* L.) e mostarda-de-folha (*B. juncea* L.) (FILGUEIRA, 2008). Existem também diversas espécies consideradas daninhas ou invasoras, sendo problema principalmente em cultivos de hortaliças, destacando-se: mostarda-dos-campos (*Sinapis arvensis* L.), rapistro {*Rapistrum rugosum* (L.) All.}, nabiça-roxa (*Raphanus sativus* L.), nabo forrageiro (*R. sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.), entre outras (LORENZI, 2006).

O aumento na demanda de *B. oleracea* se deve, principalmente, ao reconhecimento do seu valor nutricional e também de suas propriedades fitoterápicas. No Estado de São Paulo, já em 2007 se utilizava uma área de 400 hectares para produção de verduras, legumes frutos, bulbos raízes e tubérculos. Na safra de 2017 foram plantados 391 hectares com couve, brócolis e repolho, com produtividade total de 5.716 toneladas, evidenciando a importância dessas hortaliças para o Estado, principalmente das brássicas couve, brócolis e repolho (IEA, 2018).

O repolho apresenta alto teor de vitamina C, isotiocianatos, cálcio e magnésio (CARVALHO et al., 2006), além de propriedades adstringentes, uso como cataplasmas no tratamento de feridas, características de conhecimento comum já entre os romanos (FERRADEIRA, 2003; VEIGA, 2005). A couve folha é notadamente, entre as plantas hortícolas, um dos mais importantes alimentos para a nutrição humana, uma vez que é rico em minerais e vitaminas e bastante utilizado como salada ou cozido (BALKAYA & YANMAZ, 2005). Por sua vez, o brócolis tem importância crescente no agronegócio, em razão das suas propriedades nutricionais, bem como componentes químicos relacionados à saúde do homem (BELTRÃO et al., 2015).

No Brasil, as cultivares disponíveis de brássicas, em sua maioria, são provenientes de programas de melhoramentos genéticos (BELTRÃO et al., 2015), sendo que, devido a isso, a maior parte das cultivares disponíveis, por exemplo de brócolis, são mais adaptadas ao cultivo nas regiões Sul e Sudeste, em períodos de clima mais ameno, resultando em maior produtividade, com algumas exceções para cultivares que cultivadas no verão, época quente e chuvosa. Possuem grandes quantidades de substâncias nutrientes antioxidantes como as vitaminas A (betacaroteno) e C (ácido ascórbico), além de minerais como Ca e Mg (BELTRÃO et al., 2015).

As brássicas são plantas exigentes quanto a solo, necessitando boa drenagem, boa fertilidade, textura arenosa ou argilosa e com pH neutro (DIXON, 2007; THORUP-KRISTENSEN, 2008), tornando-se necessários estudos para se obter maior produtividade de suas cultivares nas diversas condições ambientais nas quais são cultivadas.

Embora muitos pesquisadores, do Brasil e de outros países, tenham trabalhado com melhoramento genético para brássicas em nível genético e molecular (SAWAZAKI et al., 1997; CARTEA et al., 2002; NATH et al., 2003; BALKAYA & YANMAZ, 2005; VAISHNAVA et al., 2006; OKUMUS & BALKAYA, 2007; KOUTITA et al., 2008; SJÖDIN et al., 2008; KHAN et al., 2009; KHATUN et al., 2010; NOVO et al., 2010a; NOVO et al., 2010b; BELETE et al., 2011; CHRISTENSEN et al., 2011; YOUSUF et al., 2011), pesquisas relacionando fatores abióticos, como deficiência hídrica, são ainda incipientes, especialmente quando se relacionam com o desenvolvimento de insetos herbívoros.

Um fator limitante para produção deste grupo de plantas tem sido o ataque de agentes bióticos como insetos-praga e fitopatógenos. As principais pragas que incidem nas brassicáceas são lepidópteros, como *Pieris rapae* (L., 1758) (Lepidoptera: Pieridae), *Ascia monuste orseis* (Latreille, 1819) (Lepidoptera: Pieridae), *Trichoplusia ni* (Hübner, 1803) (Lepidoptera: Noctuidae) e *P. xylostella* (GODIN & BOIVIN, 1998).

Dentre esses insetos-pragas, o de maior importância é *P. xylostella*, também conhecida como traça-das-crucíferas ou "diamondback moth", responsável por perdas de até 95% na produção de brassicáceas, sendo problema particularmente importante para o repolho aqui no Brasil (MEDEIROS et al., 2006).

Com o objetivo de reduzir as perdas causadas por esse inseto, pode-se utilizar diversas medidas de controle, além da química, como mostram os relatos de DE BORTOLI et al. (2011), onde apontam, por exemplo, o repolho ´Midori´ como o mais indicado, entre os genótipos testados pelos autores, para o plantio, uma vez que o mesmo apresenta resistência à praga e do tipo antibiose, fato este que prejudica o crescimento populacional de *P. xylostella*. Também são importantes os estudos sobre as relações abióticas como estresse hídrico em brássicas e sua influência sobre *P. xylostella,* o que contribuirá para a maior eficiência de um modelo de manejo para essa cultura.

2.2. *Plutella xylostella.*

Plutella xylostella tornou-se a praga mais destrutiva de espécies da família Brassicaceae em todo o mundo, utilizando-se anualmente bilhões de dólares para controlar sua densidade populacional em campo (GRZYWACZ et al., 2010; ZALUCKI et al., 2012).

Trata-se de uma praga encontrada em todas as regiões produtoras de Brassicaceae no mundo, independente das condições climáticas (DIAS et al., 2004; MAU & KESSING, 2015), tendo como local de origem à Europa Mediterrânea (TALEKAR & SHELTON, 1993; CASTELO BRANCO & FRANÇA, 2001; DIAS et al., 2004).

Existe relação direta entre o ataque de *P. xylostella* e desenvolvimento fenológico da cultura, onde, em baixas densidades, as lagartas preferem folhas mais jovens e, em altas populações, se distribuem por toda a planta (CASTELO BRANCO et al., 1997; SILVA et al., 2013).

Trata-se de um inseto de vida curta, com ciclo médio de 12 dias, podendo oscilar especialmente em função da temperatura. O número de gerações é bem variável, dependendo das condições climáticas e da disponibilidade de alimento (DIAS et al., 2004). Esse microlepidóptero, de coloração parda, efetua posturas na face abaxial das folhas, geralmente acompanhando as nervuras, sendo os ovos depositados isoladamente ou de maneira agrupada (THULER, 2009). As fêmeas possuem alta fertilidade, colocando, em média, 350 ovos durante o seu ciclo de vida. Os ovos são de coloração amarela, pequenos, medindo menos de 1 mm em seu maior diâmetro, elípticos, aplanados, com relevos ondulados e com o período de incubação variando de 2 a 4 dias (MEDEIROS et al., 2003).

Terminado o período de desenvolvimento embrionário, as lagartas eclodem e penetram no interior do parênquima foliar, passando a se alimentar protegidas entre as lâminas foliares durante 2 ou 3 dias; em seguida, saem das galerias e e passam a se alimentar da epiderme inferior da folha. A lagarta recém-eclodida é esbranquiçada, adquirindo com o desenvolvimento coloração verde-clara, com cabeça parda; existem várias cerdas esparsas e escuras distribuídas pelo corpo da lagarta. Após os quatro ínstares larvais, as lagartas tecem casulos, onde se transformam em pupa, ficando nesse estágio durante 3 a 4 dias (MONNERAT, 1995). Terminada a fase pupal emergem os adultos que chegam a ter 10 mm de envergadura (MEDEIROS et al., 2003).

Os adultos são bastante ativos à noite, ficando escondidos nas folhagens no período diurno. Os machos diferem das fêmeas devido à coloração das asas anteriores, branca, com manchas em formato de diamante na face dorsal e quando na posição de repouso, devido a essa característica seu nome comum na língua inglesa é “diamondback moth” (MEDEIROS et al., 2003). O dimorfismo sexual é observado pela visualização da porção ventral do abdome do inseto, onde o macho apresenta uma “fenda” em sua parte terminal, enquanto a fêmea exibe duas manchas circulares de coloração escura (VACARI, 2009).

O acasalamento normalmente tem início no dia da emergência, sendo que o pico de oviposição ocorre geralmente 2 horas após o crepúsculo, diminuindo significativamente a postura após a meia-noite (MAU & KESSING, 2015).

2.3. *Plutella xylostella* e Brassicaceae.

A resistência de plantas à alimentação dos herbívoros é um fator importante pelo qual o vegetal pode limitar os danos causados por eles, tornando-se um importante componente o Manejo Integrado de Pragas (MIP) (HAMILTON et al., 2005; SARFRAZ et al., 2006).

Os metabólitos secundários (não essenciais) nos vegetais constituem-se de uma gama de compostos químicos que não estão envolvidos nas funções primárias (essenciais) das plantas (DEY & HARBONE, 1997; DEWICK, 2009). Encontrados em plantas da família Brassicaceae, os glucosinolatos, relacionados como compostos secundários, compreendem importante grupo de fitoquímicos derivados de aminoácidos (HALKIER & GERSHENZON, 2006), que variam de acordo com o órgão da planta, a espécie, o estádio/estágio de desenvolvimento e as condições climáticas (CARTEA et al., 2008; CHAPLIN-KRAMER et al., 2011; WINDE & WITTSTOCK, 2011).

Esse grupo de fitoquímicos normalmente atua na defesa das plantas, e seus efeitos nos insetos generalistas podem ser intoxicação ou deterrência, enquanto que, para os insetos especialistas, muitas vezes tornaram-se “pistas” de atração para que o herbívoro consiga encontrar o hospedeiro (RATZKA et al., 2002; MÜLLER, 2010).

Os cultivares de Brassicaceae resistentes têm adquirido papel relevante no manejo da traça-das-crucíferas, e têm sido estudados com base em estruturas físicas das plantas como cerosidade da superfície foliar e composição química dos glucosinolatos, como o teor de sinigrina nas folhas (ULMER et al., 2002).

No entanto, foi demonstrado em alguns estudos que na ausência de plantas hospedeiras contendo glucosinolatos, *P. xylostella* tem a capacidade de escolha de outros hospedeiros e, portanto, os glucosinolatos não seriam condição absoluta para a aceitação do alimento, mas um forte estimulante para a oviposição, acasalamento e alimentação larval (LI et al., 2000; LÖHR & ROSSBACH, 2001; SARFRAZ et al., 2006; MÜLLER, 2010).

Diversas substâncias componentes de várias espécies de brássicas, como a sinigrina, podem estar ligadas a estímulos na seleção do substrato para a oviposição de *P. xylostella*, considerando que é um inseto especialista e que a sinigrina normalmente é atrativa para herbívoros especialistas (NAYAR & THORSTEINSON, 1963; HILLYER & THORSTEINSON, 1971; MÜLLER, 2009).

Uma forma utilizada por herbívoros para reduzir os efeitos negativos dos metabólitos secundários de plantas em seus desenvolvimentos, se dá por meio de enzimas que promovem a rápida degradação desses compostos no organismo dos insetos, tornando-os menos tóxicos ou não tóxicos, ou, ainda, por via rápida, excretando-os antes de provocarem efeitos deletérios (POELMAN et al., 2008; MÜLLER, 2009).

Para tanto, os insetos devem ser capazes de (i) excretar rapidamente os glucosinolatos do seu corpo; (ii) metabolizar os glucosinolatos em derivados não-tóxicos, ou (iii) serem completamente insensíveis à ação tóxica desses compostos. Lagartas de *P. xylostella* utilizam uma sulfatase endógena para neutralizar o sistema defensivo de glucosinolato-mirosinase das brássicas, e, assim, neutralizar o sistema defensivo da planta (RATZKA et al., 2002; MA et al., 2017).

Insetos especialistas em brássicas, como *P. xylostella*, apresentam no lúmen do intestino uma enzima denominada glucosinolato sulfatase (GSS) que em reações de hidrólise torna os produtos de glucosinolatos inofensivos e ineficaz, permitindo o inseto se alimentar da planta normalmente e sem implicações negativas ao seu desenvolvimento (RATZKA et al., 2002; MÜLLER, 2010).

A atividade desta sulfatase é regulada pela modificação pós-traducional de um resíduo de cisteína pelo fator modificador da sulfatase 1 (SUMF1), sendo que somente no genoma de *P. xylostella* foram encontrados 12 genes SULF (PxylSulfs) e dois genes SUMF1 (PxylSumf1s). Do perfilhamento da expressão de PxylSulfs e PxylSumfs por RNA-seq e por reação em cadeia da polimerase quantitativa em tempo real foi encontrado dois genes de GSS, PxylSulf2 e PxylSulf3, sendo eles expressos principalmente no intestino médio de larvas de 3º e 4º ínstares de algumas espécies de insetos, entre elas *P. xylostella.* Dessa forma, segundo o estudo, os resultados são considerados fatores-chave para o sucesso evolutivo de *P. xylostella* como um herbívoro especialista em Brassicaceae (MA et al., 2017).

O trabalho de CARVALHO et al. (2010) demonstrou que a sinigrina em baixas concentrações não afetou o desenvolvimento de *P. xylostella,* mas quando em concentrações mais elevadas reduziu a viabilidade do inseto. Por outro lado, THULER et al. (2007) mostraram a não ocorrência de sinigrina em algumas variedades de brássicas, como na couve-manteiga da Geórgia, indicando que a presença do metabólito pode ser variável nas diferentes espécies e variedades, e até mesmo nem estar presente.

O sucesso reprodutivo de *P. xylostella* pode ser afetado pela escolha do hospedeiro pelas fêmeas para a oviposição, considerando que o desenvolvimento, a sobrevivência e o potencial reprodutivo dos insetos sempre são fortemente influenciados pela planta hospedeira.

Em regiões temperadas, brássicas silvestres são de fundamental importância para a manutenção de populações de *P. xylostella,* quando as cultivadas não se encontram disponíveis (TALEKAR & SHELTON, 1993).

No entanto, o trabalho de RAMALHO (2014) mostra que em três variedades de brássicas (couve, repolho e brócolis) ocorreu crescimento populacional de *P. xylostella,* o que implica na existência de outras influências bióticas e abióticas envolvidas na relação do inseto com sua planta hospedeira, que não só e simplesmente a planta.

2.4. Interação inseto-planta.

Diferentemente dos insetos, as plantas não possuem meios de proteção, senão os físicos e os químicos desenvolvidos por elas como mecanismos de respostas específicas às diferentes formas de estresses causados por situações a elas desfavoráveis, como ataque de pragas ou infecção por patógenos e fatores abióticos altamente impróprios para os vegetais (SOARES & MACHADO, 2007).

Por isso, conhecer as interações entre plantas e insetos é importante na determinação, distribuição e ocorrência desses organismos nos agroecossistemas, uma vez que o sistema formado é dinâmico e sempre sujeito a variações. Por exemplo, o ataque dos herbívoros promove alterações na composição química, morfológica e fisiológica da planta hospedeira (KARBAN & BALDWIN, 1997), cuja função básica e originária é a defesa do vegetal e, ao mesmo tempo, os insetos coevoluem desenvolvendo mecanismos contra essas defesas das plantas hospedeiras, o que pode resultar ao longo do processo coevolutivo em adaptação do herbívoro e até em especiação (EHRLICH & RAVEN, 1964).

Em geral, tais defesas das plantas podem ser constitutivas ou induzidas. As defesas constitutivas, de ocorrência independente de qualquer injúria pelo inseto, mas com variável intensidade de resposta no decorrer do processo de maturação e envelhecimento fisiológico dos tecidos vegetais. Entre essas defesas estão proteínas com propriedades entomotóxicas, como as α-amilases, inibidores de proteases, globulinas, lecitinas e quitinases (MELLO & SILVA-FILHO, 2002; PILON et al., 2006).

Por outro lado, a defesa induzida consiste em mudanças morfológicas, fisiológicas e químicas como resposta direta ao ataque do inseto, resultando, em geral, na redução da sobrevivência, reprodução ou desenvolvimento dos herbívoros, e consequente redução no grau de dano causado pela praga (DICKE et al., 1998).

A principal linha de defesa das plantas são as químicas (induzidas), como a acumulação de substâncias orgânicas que, logo que ingeridas, fazem com que os insetos

cessem a alimentação, muitas das vezes por possuírem sabor amargo, serem tóxicas, exalarem odor desagradável ou ainda terem efeitos anti-nutricionais (HARBORNE, 1999).

Outro mecanismo é a produção de inibidores de proteases, os quais são capazes de prejudicar o desenvolvimento dos insetos e, inclusive, levá-los à morte (HAQ et al., 2004). No entanto, alguns grupos de insetos não são afetados pelos compostos de defesa produzidos pelas plantas (PILON et al., 2006).

Alguns trabalhos consideram que os mecanismos de defesa das plantas contra as injúrias causadas por insetos e infecção por microrganismos envolvem a resistência induzida, porém com efeito sinérgico entre os diferentes processos, que são desencadeados simultaneamente nas plantas (FELTON & KORTH, 2000; RAMAMOORTHY et al., 2001).

2.5. Metabólitos secundários com ênfase em glucosinolatos.

A proteção que plantas desenvolveram contra organismos prejudiciais ao longo do processo coevolutivo pode ser de dois tipos: uma morfológica (barreira) e outra química (metabólitos secundários) (PONTOPPIDAN et al., 2003; TRDAN et al., 2009; LUCAS-BARBOSA et al., 2011; MÜLLER, 2008). Na família Brassicaceae, o mecanismo de defesa é predominantemente químico e, como já mencionado, inclui os glucosinolatos, bem como produtos de suas decomposições (BROEKGAARDEN et al., 2008; PRATT et al., 2008; BJÖRKMAN et al., 2011).

Presentes na família Brassicaceae e produzidos também por 13 outras famílias botânicas (GRIFFITHS et al., 2001; JOHNSON, 2002; MÜLLER et al., 2010; BJÖRKMAN et al., 2011; WINDE & WITTSTOCK, 2011), os glucosinolatos são metabolitos secundários, sendo classificados como alifáticos, idólicos e aromáticos (CARTEA & VELASCO, 2008; VAN EYLEN et al., 2009).

As hipóteses sobre a produção de metabólitos secundários são várias. FRAENKEL (1959) argumentou que, nas plantas com pressão ecológica, os metabólitos secundários são utilizados para sua defesa contra ataques de herbívoros, e que os herbívoros evoluíram para evitar essa ação negativa sobre eles, desintoxicando ou sequestrando esses metabólitos, como também, talvez em um grau máximo de evolução, passando a utilizá-los na localização de suas plantas hospedeiras.

Posteriormente, EHRLICH & RAVEN (1964) sugeriram que, por meio da coevolução entre plantas e herbívoros, particularmente por adaptações e modificações que podem ocorrer em ambos, plantas e insetos (coevolução adaptar-e-irradiar) ocorreu adaptação de ambos os lados, sendo que FOX (1981), THOMPSON (1989) e STAMP (2003) sugeriram que plantas

de ciclo curto podiam sofrer coevolução gradual (“corrida armamentista”), enquanto plantas de ciclo longo teriam coevolução difusa, desenvolvendo diversos mecanismos de defesa para se proteger contra a perda de aptidão contra os herbívoros.

São conhecidos aproximadamente 150 tipos de glucosinolatos, importante grupo de fitoquímicos derivados de aminoácidos (HALKIER & GERSHENZON, 2006; NAVARRO et al., 2011), sendo eles responsáveis por conferir o odor e o sabor característico em plantas como repolho, mostarda, couve-flor, brócolis (HALKIER & GERSHENZON, 2006; HOPKINS et al., 2009), reconhecidos também como potenciais agentes anticarcinogênicos (AMBROSONE et al., 2004)

A estrutura molecular básica de todos os glucosinolatos consiste de ésteres de (Z)-*N*-hidroximinosulfato ligados por um átomo de enxofre a uma molécula de β-D-glicopiranose e a uma cadeia lateral variável derivada de aminoácidos (FAHEY et al., 2001) (Figura 2). O grupo sulfato nas moléculas de glucosinolatos lhes conferem propriedades fortemente acídicas, mantendo-os numa composição não volátil, na forma de sais quimicamente e termicamente estável, sendo hidrolisados por enzimas (HOLST & WILLIAMSON, 2004).

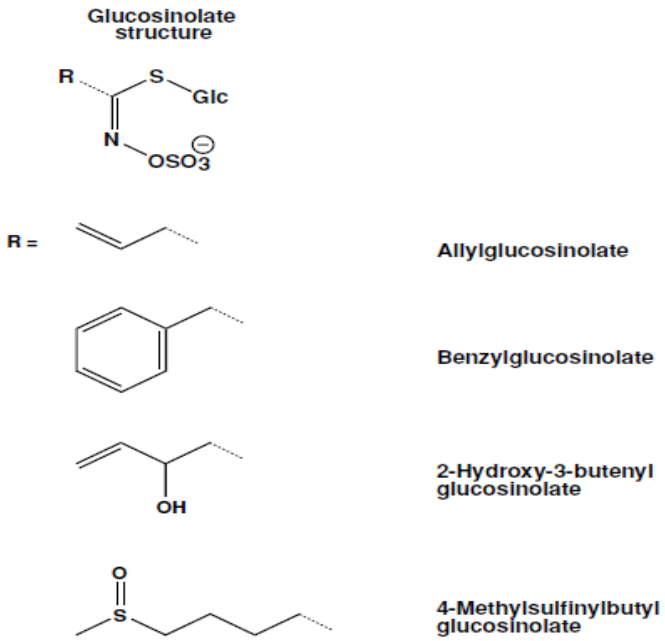

Figura 2– Estruturas moleculares de glucosinolatos.

Glucosinolatos biologicamente inativos ficam armazenados nos vacúolos de células não-específicas das plantas (RATZKA et al., 2002; RAZIS et al., 2010). Mas, segundo KOROLEVA et al. (2000), foram localizadas células S (células contendo altas concentrações

de enxofre) que são armazenadoras de glucosinolatos, ficando elas próximas aos feixes floemáticos.

Assim, foi sugerido que glucosinolatos encontram-se espacialmente separados da enzima mirosinase que fica armazenada em células idioblásticas do parênquima e ao redor do floema de folhas, caules e inflorescências, mais frequentemente em tecidos jovens e também em células-guardas (KOROLEVA et al., 2000).

Essa distribuição espacial na planta, entre o glucosinolato e a enzima mirosinase, promoveria o contato entre as partes quando da lesão do tecido, permitindo rápida distribuição dos produtos de hidrólise (tanto internamente pelo floema, como externamente pelas células-guarda (ANDRÉASSON et al., 2001; HUSEBYE et al., 2002).

Contudo, pode haver variações de espécie para espécie, como, por exemplo, em algumas espécies do gênero *Brassica*, onde as células de mirosina foram encontradas fora do sistema vascular (ANDRÉASSON et al., 2001). Outro exemplo seria em *B. juncea*, onde mirosinase aparece junto em células de aleurona de sementes e plântulas (KELLY et al., 1998), demonstrando que o sistema glucosinolato-mirosinase pode ser separado espacialmente no nível subcelular. Neste caso, glucosinolatos e mirosinases estariam segregados em vacúolos (ANDRÉASSON et al., 2001), ou então a mirosinase estaria presente no mesmo compartimento que os glucosinolatos, porém, inativada (HALKIER & GERSHENZON, 2006).

No gênero *Arabidopsis*, a mirosinase encontra-se presente nos vacúolos das células de mirosina e, no caso de *B. napus*, se apresenta, aparentemente, como grãos que, na verdade, são conectados entre si por ligações muito tênues, constituindo um sistema reticular contínuo que ocupa grande parte do volume celular (ANDRÉASSON et al., 2001).

O sistema de defesa chamado glucosinolato-mirosinase (conhecido como bomba óleo de mostarda) se forma pelo rompimento de células vegetais. Dessa maneira, o glucosinolato entra em contato com a enzima mirosinase, sendo rapidamente hidrolisado através da clivagem da glicose na sua ligação com o átomo de enxofre (Figura 3) (RATZKA et al., 2002; SARFRAZ et al., 2006).

A aglicona resultante (uma tiohidroximato-O-sulfonato) dá origem a produtos voláteis pungentes (isotiocianatos, nitrilas, tiocianatos, epitionitrilas e oxazolidina-2-tionas) e quimicamente reativos, com diversas atividades biológicas (Figura 3) (VAUGHN & BERHOW, 2005; BONES & ROSSITER, 2006; HALKIER & GERSHENZON, 2006).

Os produtos voláteis tornam-se pistas de longa distância aos herbívoros, enquanto glucosinolatos intactos servem como estímulos para alimentação ou oviposição (RATZKA et

al., 2002). Os isotiocianatos e os nitrilos formados estimulam herbívoros especialistas a localizar a planta, repelindo, porém, os generalistas (MÜLLER, 2009).

Dessa forma, os produtos voláteis podem ser benéficos ou não à planta, dependendo do tipo de herbívoro presente. Segundo SCHRAMM et al. (2012), os nitrilos, em particular, são produtos benéficos como atraentes de inimigos naturais. Nesse sentido, MUMM et al. (2008) relatam os efeitos diretos e indiretos de EPSs (nitrilos de proteínas epitioespecíficas), expressos em *Arabidopsis thaliana* (L.) (Brassicales: Brassicaceae), sobre *P. rapae*, constatando que a herbivoria promovida pelo inseto e o EPSs atraíram o parasitoide *Cotesia rubecula* Marshall, 1885 (Hymenoptera: Braconidae).

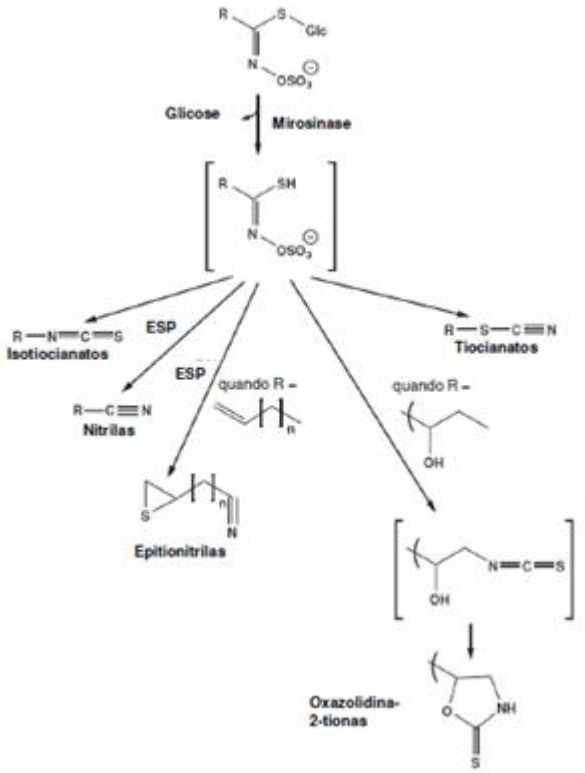

Figura 3 - Esquema de hidrólise de glucosinolatos com liberação de um grupo sulfato (HSO4-). [ ] "colchetes" significam intermediários instáveis. ESP = proteína epitioespecificadora; R = cadeia lateral variável. (Adaptado de BONES & ROSSITER, 2006 e HALKIER & GERSHENZON, 2006).

A sinigrina é um metabólito secundário pertencente ao grupo dos glucosinolatos (Figura 4), que ocorre na família Brassicaceae e que está envolvido diretamente nas interações inseto-planta, e tem sido bastante estudado também devido às suas propriedades anticancerígenas (SHELTON & NAULT, 2004; CARVALHO et al., 2006). Essa substância atua protegendo a planta contra insetos polífagos, como algumas espécies de pulgões e

lagartas (espécies generalistas), mesmo em baixas concentrações. THULER et al. (2007) citam que a sinigrina, por outro lado, pode não afetar algumas espécies de insetos com alto grau de especificidade para algumas brassicáceas.

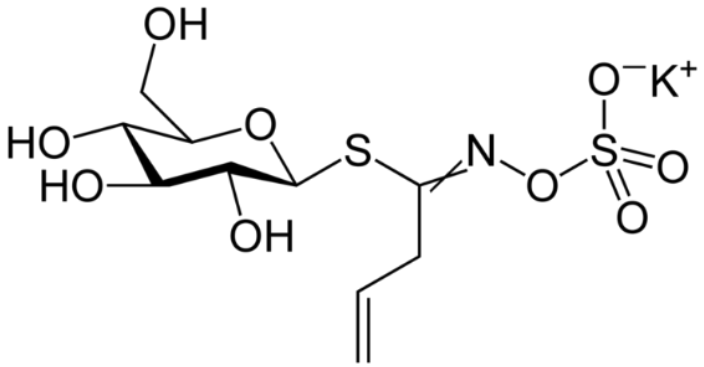

Figura 4 - Estrutura química da sinigrina.

A Figura 5 mostra como são variadas as respostas da planta a estresse, sendo que, segundo HAUGEN et al. (2008), plantas com estresse deficiência hídrica, por exemplo, apresentariam menor resposta de defesa, porém, muitas vezes o inverso também acontece.

Há evidências que as características de defesa das plantas podem ter múltiplas funções, dependendo de diferentes fatores ecológicos, além da pressão de herbívoros (FEENY, 1976; FOX, 1981; DICKE & BALDWIN, 2010), de forma que os padrões de defesa de plantas provavelmente sejam mais adaptativos em uma mudança de aptidão e não uma solução de um problema de otimização.

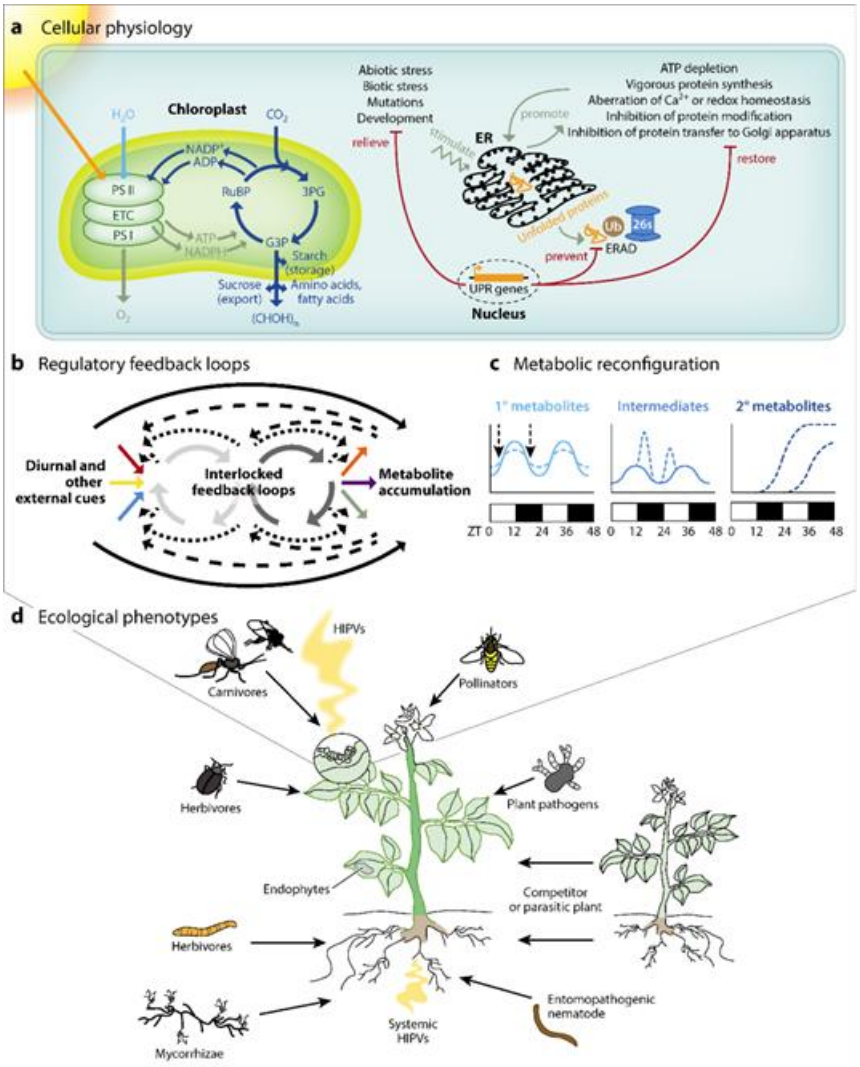

Figura 5 - Visão geral das limitações fisiológicas que as plantas enfrentam por responderem ao ataque de outros organismos: (a) esquema das reações da fotossíntese; (b) esquema do metabolismo geral e especializado via relógio circadiano; as setas no painel indicam o efeito de um evento de indução de herbívoros ao meio-dia (seta para a esquerda) ou meia-noite (seta para a direita); (c) flutuações de metabólitos durante 48 horas após um evento estressante; (d) fenotípicos ecológicos. ER: retículo endoplasmático; ERAD: proteína de degradação para evitar morte celular ou eliminar proteínas dobradas incorretamente; ETC: cadeia de transporte de elétrons; HIPVs: voláteis de plantas induzidas por herbívoros; PS I / II: fotossistema I / II; Ub: ubiquitina; RPU: resposta proteica desdobrada; ZT: Zeitgeber time (tempo desde o amanhecer no primeiro dia do experimento). Fonte: SCHUMAN & BALDWIN (2016).

A presença de alguns compostos químicos voláteis nas plantas tem a função de repelir uma grande variedade de herbívoros, sendo a produção deles induzida devido, muitas vezes, pela natureza dos compostos tóxicos existentes na atmosfera. Por outro lado, eles também têm a propriedade de atrair um pequeno número de espécies-praga, especialistas, e também de agir como mecanismo indireto de defesa da planta por atrair outros insetos que parasitam ou predam os herbívoros (BIRKETT et al., 2000). Além disso, quando liberados esses compostos voláteis podem reduzir as taxas de oviposição, como em determinados lepidópteros, além de evitar também que predadores estejam presentes (PARÉ & TUMLINSON, 1998).

2.6. Estresses em plantas com ênfase no hídrico.

TAIZ & ZEIGER (2004) definem estresse como um fator externo que exerce influência desvantajosa para a planta. A atuação de fatores abióticos, como condições climáticas adversas, solo com deficiência nutricional e hídrica e fatores bióticos, como herbivoria e a infecção por fitopatógenos, são agentes geradores de estresse nas plantas (MOLLER & ERIKSSON, 1995; ZVEREVA et al., 1997; HÓDAR, 2002; FREEMAN et al., 2004).

Em decorrência desses estresses, as plantas podem entrar em estado de “tensão”, que é caracterizado pela ocorrência de alterações no seu metabolismo e fisiologia, podendo ou não causar injúria e/ou dano (LEVITT, 1980); podem ser reversíveis ou irreversíveis, de acordo com a mudança de resposta em níveis funcionais do organismo, como definido por LARCHER (2000).

Um importante fator abiótico que pode causar estresse em plantas é a variação de água disponível no solo. O gradiente que pode ocorrer entre a falta e o excesso de água disponível no solo (estresse hídrico) influencia praticamente todos os aspectos do crescimento das plantas, provocando mudanças em sua anatomia, fisiologia e bioquímica (DICKISON, 2000).

Nas últimas décadas foi crescente a pressão sobre a preservação dos recursos de água “doce” do mundo, devido às regiões com escassez de água e altos valores monetários que têm sido utilizados na mitigação do problema, sendo um dos maiores problemas a irrigação agrícola. Além disso, a realidade do crescimento da população mundial, associado ao decréscimo da disponibilidade de recursos hídricos em todos os processos globais, é uma realidade cada vez mais comum, principalmente para as áreas que já estão sob alta pressão pela diminuição da água disponível, como no sul da Ásia (FISCHER et al., 2007; IPCC, 2014; MOLDEN, 2018).

A condição de seca ocasiona um déficit hídrico do solo e, consequentemente, déficit hídrico para as plantas, podendo ocasionar lesões nas plantas, pois muitas funções celulares passam a ser perturbadas, gerando impacto negativo no crescimento e reprodução (BRAY et al., 2000). Os efeitos mais proeminentes dessa condição são o decréscimo da produção de área foliar, o fechamento dos estômatos, a aceleração da senescência e a abscisão das folhas, tudo concorrendo para a redução da produção final da planta.

Segundo CHAKRABORTY et al. (2015), nas condições de deficiência hídrica pode-se encontrar duas respostas das plantas, a tolerância e a suscetibilidade. As plantas tolerantes modificam suas características morfofisiológicas e bioquímicas para superar o estresse, enquanto entre as suscetíveis, em condição de estresse, há queda na produtividade. Possivelmente a resposta a esta tolerância estaria na capacidade das plantas evoluírem para resistir condições adversas à sua fisiologia, podendo até suportar limites extremos para sobreviver (SHEPHERD & GRIFFITHS, 2006).

Alguns exemplos de respostas por adaptação fisiológica das plantas ao déficit hídrico são: plantas que desenvolvem raízes maiores para conseguir extrair mais água do solo; outras desenvolvem mecanismos para economia de água, como as suculentas; e outras utilizam a água com mais eficiência, abrindo os estômatos durante a noite, numa forma de assimilação de carbono e uso de menor quantidade de água (BRAY et al., 2000).

Mudanças nas relações hídricas celulares das plantas desencadeiam eventos que se manifestam nas respostas das mesmas aos níveis molecular, metabólico, fisiológico e de desenvolvimento (BRAY et al., 2000). É importante considerar que a fotossíntese é o principal meio de produção de energia nas plantas, e em condições de estresse hídrico é um dos processos mais danificados, assim como a atividade das enzimas, uma vez que ocorre baixa eficiência de carboxilação e redução na absorção de CO2, causado pelo fechamento e resistência dos estômatos (LISAR, 2012).

Foi observado que em estresse hídrico severo, além das restrições estomáticas no suprimento de CO_2, podem ocorrer limitações em componentes não estomáticos, com danos nos centros de reação do fotossistema II, podendo ele apresentar reversão parcial após reidratação (ANGELOPOULOS et al., 1996). Sabe-se que os efeitos do estresse hídrico sobre o fotossistema II podem ser mediados pela produção e acumulação de espécies reativas de oxigênio (ROS) (SMIRNOFF, 1993; LAWLOR, 1995), causando extensivos danos nas membranas das células e desencadeando processos peroxidativos de lipídios, com perda significativa de eletrólitos (ALONSO et al., 1997; QUEIROZ et al., 1998).

ROS (Reactive Oxygen Species) trata-se de uma espécie reativa de oxigênio, a partir do qual são gerados em eventos metabólicos (como estresse hídrico), ocorrendo principalmente nas mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos (BHATTACHARJEE, 2010; KARUPPANAPANDIAN et al., 2011). Essas espécies reativas de oxigênio podem ocorrer em todas as plantas, levando a modificações fisiológicas (DEMIDCHIK, 2015) e alterando várias biomoléculas, sendo os lipídios os mais prejudicados. Vários tipos de estressores ambientais levam ao estresse oxidativo, tanto abióticos como bióticos, ativando os mecanismos de defesa e a sinalização sistêmica das plantas (GILL; TUTEJA, 2010).

Altamente reativos, os produtos de peroxidação lipídica são capazes de reagir com biomoléculas como o DNA e várias proteínas, danificando-os de forma irreversível e causando danos às funções da membrana celular. Produtos como o malondialdeído (MDA) são danificados em condições estressantes para as plantas, e por isso tornaram-se os compostos mais estudados na peroxidação lipídica (DEL RIO et al., 2005). MDA é conhecido como um marcador molecular para designar a peroxidação lipídica em células de plantas em diferentes condições de estresses abióticos (DAVEY et al., 2005).

2.6.1. Plantas com estresse como alimento para herbívoros.

A hipótese do vigor das plantas, elaborada por PRICE (1991), aplica-se às plantas com qualidade, utilizando o tamanho dos ramos como uma medida de vigor, além de considerar que quanto maiores os ramos, maiores serão as taxas de ataque por algumas guildas de herbívoros, especialmente insetos formadores de galhas. No entanto, plantas em ambientes de estresse geralmente apresentam maior suscetibilidade ao ataque de herbívoros (FARIA & FERNANDES, 2001).

O termo “qualidade da planta” refere-se aos componentes da planta hospedeira como os níveis de carbono, nitrogênio e compostos de defesa que afetam positiva ou negativamente a performance de insetos herbívoros (AWMACK & LEATHER, 2002). SCHOONHOVEN et al. (2005) explicam que o nitrogênio, além de ser um importante elemento químico presente nas plantas, como base para formação de proteínas, é também constituinte elementar das estruturas dos tecidos moles e da invaginação do tegumento dos insetos.

Determinadas plantas com estresse intenso degradam enzimas ricas em nitrogênio, o que reduz a síntese de proteínas nas folhas, levando a uma maior concentração de aminoácidos e compostos de nitrogênio orgânico livres, tornando-as mais nutritivas e, muitas vezes, mais atrativas para insetos herbívoros (LARCHER, 1986; PRICE, 1991).

Outras espécies plantas, em condições de estresse lignificam suas estruturas tornando-as mais resistentes, o que, consequentemente, aumenta a biomassa da folha, tornando-a mais densa, sendo essa característica não muito atrativa para alguns insetos (KÖRNER & REINHARDT, 1987; PUGNAIRE & VALLADARES, 2007).

Em plantas com déficit hídrico, a biossíntese do ácido abscísico é induzida o que promove alterações no conteúdo de alguns compostos secundários, como os taninos (FONSECA et al., 2006), que são encontrados em todas as classes de plantas vasculares, em concentrações altas, e podem interferir na taxa de alimentação de herbívoros, uma vez que esses substratos alimentares tornam-se de certa forma impalatáveis (BALDWIN, 1994; ALLMANN & BALDWIN, 2010).

Em um estudo com couve-nabiça, determinados estágios fenológicos da planta com estresse hídrico afetaram as sementes, alterando tanto as porcentagens de óleo como as de proteína, em função da variação da quantidade de glucosinolatos (STROCHER et al., 1995). Em outras plantas, respostas diferentes foram encontradas devido à energia utilizada pela planta na tentativa de minimizar os efeitos de escassez de água ou no sentido de aumentar a sua taxa de absorção (MORISON et al., 2008).

De forma geral, a produção de defesas para as plantas em condições restritivas é elevada, sendo provável que plantas submetidas a condições de estresse sejam menos capazes de sintetizar defesas químicas e físicas contra herbívoros (PRICE, 1991); são variáveis as respostas das plantas à condição de estresse, sendo também variáveis os efeitos nos insetos herbívoros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e condições dos experimentos.

A produção de brássicas foi conduzida em vasos (com capacidade de 5 litros), em casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Biologia e Criação de Insetos (LBCI), Departamento de Fitossanidade, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. As criações dos insetos (*P. xylostella* e *T. pretiosum*) e os bioensaios conduzidos no LBCI, enquanto os bioensaios de semi campo foram realizados em casa-de-vegetação. As condições laboratoriais foram ajustadas a de temperatura 25 ± 1° C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, enquanto na casa de vegetação trabalhou-se com temperatura de 25 ± 3° C e umidade relativa de 70 ± 10%.

3.2. Solo.

O solo utilizado para o plantio das brássicas em vasos para utilização nos bioensaios foi obtido na área experimental da Universidade Estadual Paulista UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. Foi coletado subsolo de uma área classificada como latossolo vermelho, do qual foi retirada uma amostra encaminhada ao Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Solos e Adubos da mesma instituição, para análise química.

A partir dos resultados da análise química do solo amostrado (Tabela 1), foram determinadas as quantidades de elementos necessárias para correção e nutrição adequada para plantio de brássicas em vaso. Os elementos descritos na Tabela 2 foram calculados pela Profa. Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz (Departamento de Solos e Adubos da UNESP Campus de Jaboticabal, SP), de acordo com a recomendação de adubação básica para vasos, estabelecida por MALAVOLTA (1980).

A calagem do solo foi realizada 40 dias antes do transplantio das mudas para os vasos. Os macros e os micronutrientes foram diluídos em água e aplicados diretamente no solo, nos vasos, uma única vez durante ciclo da planta (5 dias após transplantio). Ureia e o cloreto de potássio foram aplicados a cada 15 dias na superfície do solo dos vasos, até o final do desenvolvimento das mudas, quando as folhas das plantas foram utilizadas nos experimentos em laboratório.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo, expressos por volume de terra fina seca ao ar.

Elementos	Descrição	Quantidade
P (resina mg/dm^3)	Fósforo	2
M. O. (g/dm^3)	Matéria orgânica	7
pH em $CaCl^2$	Acidez	6,3
K (mmolc/dcm^3)	Potássio	0,5
Ca (mmolc/dcm^3)	Cálcio	13
Mg (mmolc/dcm^3)	Magnésio	6
H+Al (mmolc/dcm^3)	Acidez potencial	15
S-SO_4 (mg/dcm^3)	Enxofre	34,5 (t) (V%)
B (mg/dcm^3)	Boro	0,007
Cu (mg/dcm^3)	Cobre	0,7
Fe (mg/dcm^3)	Ferro	2
Mn (mg/dcm^3)	Manganes	0,8
Zn (mg/dcm^3)	Zinco	0,1
SB (mg/dcm^3)	Soma de bases	19,5
CTC (mg/dcm^3)	Cap. De troca cationica	34,5
V (mg/dcm^3)	Saturação por bases	57

Tabela 2 - Recomendação de adubação para brássicas com base nos resultados da

análise química do solo.

Elementos	Descrição	Mg/dm^3	Mg/vaso	g/vaso	g/300 vasos
Calcário				2,63	789
N	DAP	100	500	3,13	938
P	Superfosfato simples em pó	75	375	4,69	1406
P	DAP	125	625	3,13	
K	Cloreto de potássio	100	500	1,04	311
S	Superfosfato simples em pó	94	470	4,70	
B	Ácido bórico	1	5	0,029	9
Cu	Sulfato de cobre	1	5	0,038	12
Mn	Sulfato de manganês	3	15	0,058	17
Mo	Molibdato de amônio	0,05	0.25	0,000	0,14
Zn	Sulfato de zinco	2	10	0,050	15
N	Ureia*	50	250	0,57	170
K	Cloreto de potássio*	50	250	0,52	155

*Aplicação a cada 15 dias.

3.3. Obtenção e transplantio das mudas.

As mudas de brássicas utilizadas foram obtidas da empresa Agrimonte Produtos Agrícolas – localizada na cidade de Monte Alto/SP após 25-30 dias de semeadura. Foram testadas três variedades de importância econômica para a região nordeste do estado de São Paulo: *B. oleracea* var. *acephala* (couve Manteiga hibrida HS-20), *B. oleracea* var. *italica* (couve brócolis Piracicaba) e *B. oleracea* var. *capitata* (repolho Bob Cat).

O transplantio das mudas foi realizado em vasos de 5 litros contendo solo e adubação de acordo com descrição no item 3.2. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação livres de pragas e doenças.

3.4. Efeito do estresse hídrico na composição química das plantas.

3.4.1. Determinação da capacidade de campo.

Com base na metodologia adaptada de ANDRADE et al. (1998), foi calculada a quantidade de água necessária para manter o solo do vaso em capacidade de campo (CC), contendo apenas solo (item 3.2) como substrato (Figura 6B). Após essa determinação do volume de água, foi calibrado o medidor de umidade de solo TRACON {modelo: mus20-tr (20 cm)} (Figura 6A) para mensurações diárias do teor de umidade de solo, usando uma escala de 0-10, sendo 0 equivalente ao solo seco e 10 ao solo em capacidade de campo.

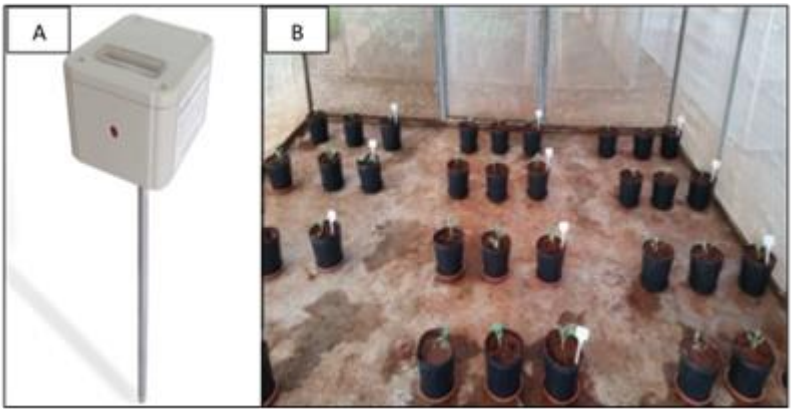

Figura 6 - A) aparelho medidor de umidade do solo (TRACON modelo mus20-tr); B) vasos com mudas de couve, brócolis e repolho utilizados para a determinação da capacidade de campo.

3.4.2. Determinação dos tratamentos com estresse hídrico.

Os tratamentos para investigação de níveis de estresse nas brássicas (couve, brócolis e repolho) foram estabelecidos a partir da capacidade de campo (item 3.4.1). Foram estabelecidos 4 tratamentos com os seguintes níveis água no solo: T50%, T70%, T80% e T90%, bem como tratamento T100% de água disponível (capacidade de campo), para as 3 variedades.

Todos os vasos foram condicionados aos tratamentos hídricos a partir do décimo quinto dia após o transplante das mudas (tempo para iniciar o enraizamento das mudas e o desenvolvimento de novas folhas), sendo monitorados com o medidor de umidade de solo diariamente e, quando necessário, a reposição de água evapo-transpirada para o respectivo tratamento era reposta, utilizando sempre o período da manhã para as aferições (entre 8 e 9 horas).

3.4.2.1. Teste de peroxidação lipídica (MDA).

As análises de peroxidação lipídica dos tratamentos foram realizadas no Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

Quando as plantas atingiram a idade de 50 dias após o transplantio, foram coletadas 10 amostras de folhas de cada tratamento (5 níveis de água e 3 variedades de couve). Imediatamente após a coleta, as folhas foram colocadas em envelopes de papel alumínio armazenadas caixa isopor contendo nitrogênio líquido para interromper o seu metabolismo. Na sequência foram envoltas por papel alumínio, separadas, devidamente identificadas e armazenadas em freezer, com temperatura de -80º C.

Posteriormente foram realizados os testes de peroxidação lipídica (MDA) e, com base nos resultados, foram selecionados os tratamentos T50% e T70% que se diferenciaram estatisticamente e o T100% de água disponível no solo para a planta (solo em capacidade de campo) (Tabela 3), como tratamentos paras as análises bromatológicas, para os testes com os insetos *P. xylostella* e *T. pretiosum* e também para a coleta de voláteis para determinação de metabólitos secundários.

O teste MDA foi realizado segundo a metodologia de HEATH & PACKER (1968).

3.4.3. Cultivo das plantas com estresse hídrico.

O delineamento para cultivar os vasos de brássicas com os tratamentos de déficit hídrico foram realizados como descrito no item 3.4.2.1. Foram plantadas 300 mudas (100 para cada variedade e 1 por vaso) (Figura 7B), sendo 30 vasos para cada tratamento. Foram mantidos 10 vasos reservas de cada variedade/tratamento.

Todos os vasos foram condicionados aos tratamentos hídricos a partir do décimo quinto dia após o transplantio das mudas, sendo eles monitorados diariamente com o medidor de umidade de solo e, quando necessário, a água evapo-transpirada era reposta, utilizando sempre o período da manhã para as aferições e reposições (entre 8 e 9 horas), mantendo-se o solo sempre na devida porcentagem de umidade.

Quando as plantas atingiram a idade de 50 dias após o transplantio (Figura 9), 1/3 dos vasos foram utilizados para testes em laboratório com *P. xylostella* e 2/3 para as análises bromatológicas.

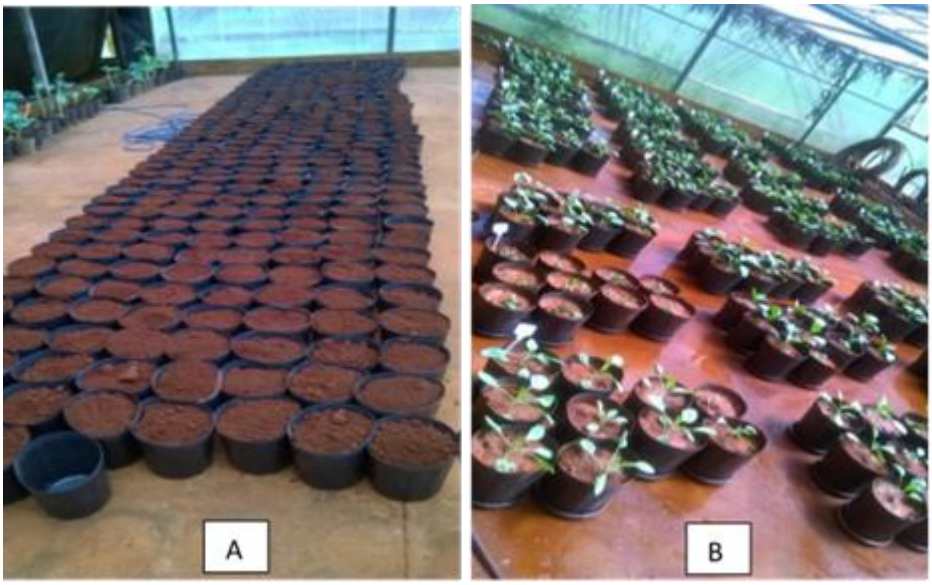

Figura 7 - Imagem da área e dos vasos utilizados para a realização do experimento com as variedades de couve, brócolis e repolho (blocos casualizados). A) vasos utilizados para os

experimentos; B) parcelas dispostas com as mudas transplantadas.

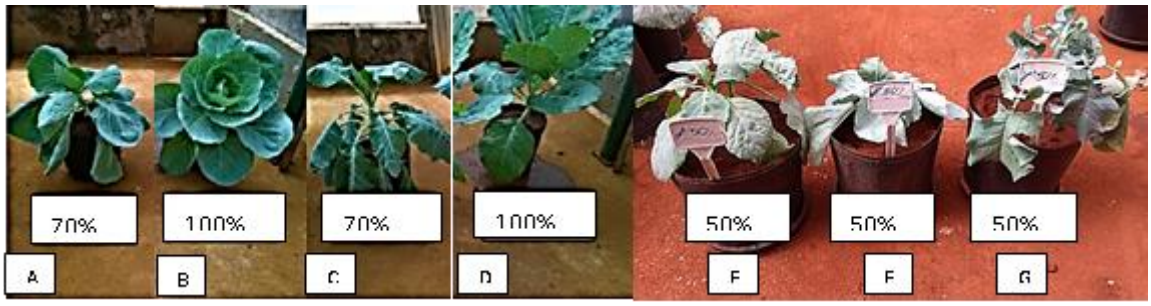

Figura 8 - Imagem de alguns vasos com déficit hídrico. A, B e F) repolho; C, D e E) couve; G) brócolis.

Figura 9 - Vasos de couve, brócolis e repolho com 50 dias de idade.

Em uma segunda fase do experimento foram plantados mais 300 vasos, nas mesmas condições dos primeiros plantios. Foram utilizados para testes biológicos e de preferência com *P. xylostella* em casa de vegetação (semi campo), para análises das folhas em relação aos glucosinolatos, e para testes de olfatometria com inimigo natural *T. pretiosum*.

3.4.4. Análises bromatológicas das plantas de couve, brócolis e repolho.

As análises químicas dos tratamentos definidos no item 3.4.2.1. foram realizadas no Departamento de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal, SP.

3.4.4.1. Coleta e secagem das folhas.

Foram coletadas folhas de plantas com idade de 50 dias. As folhas foram retiradas e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, sendo imediatamente levadas para secagem em estufa com circulação e renovação forçada de ar na temperatura de 50 $\pm$ 5°

C, até que o material apresentasse consistência quebradiça (período mínimo de 48h e máximo de 72h), para posterior moagem. Após esse período, as folhas coletadas e secas foram moídas em moinho do tipo ciclone, utilizando-se uma peneira com crivo de 1,0 mm. O material obtido foi armazenado e devidamente identificado para as análises posteriores.

3.4.4.2. Matéria seca e umidade.

A matéria seca foi determinada a partir da matéria pré-seca, de acordo com SILVA & QUEIRÓZ (2002). Cadinhos de cerâmica numerados foram lavados e secos em estufa a 105° C, por 24 horas. Após este período, os cadinhos foram retirados da estufa e colocados no dessecador até entrarem em equilíbrio com a temperatura ambiente, em seguida, foram pesados em balança analítica. Uma alíquota de 1g de matéria pré-seca foi adicionado por cadinho, sendo utilizados três cadinhos por amostra (triplicata). Foram então imediatamente levados para a estufa a 105° C durante 16h, e quando retirados, foram colocados no dessecador até entrarem em equilíbrio com a temperatura ambiente, sendo imediatamente após pesados. Dessa maneira calculou-se a umidade das amostras, segundo a equação:

$$MS\ (\%) = \text{peso da amostra seca/peso da amostra úmida X } 100$$

3.4.4.3. Determinação de proteínas totais.

A concentração de proteínas totais presentes nas amostras foi determinada pelo método semimicro-Kjeldahl, descrito pela (AOAC, 2000). Foi colocado 0,25g de cada amostra em tubos de vidro e adicionados 3g de uma mistura de catalisadores químicos (Na_2SO_4 e $CuSO_2$) e 10mL de H_2SO_4 95%. Cada tubo foi colocado no bloco digestor até atingir gradualmente temperatura final de 400 °C, mantido por 4h. Após a obtenção do material digerido, os tubos foram retirados do bloco e deixados em temperatura ambiente até a estabilização térmica. As amostras digeridas foram destiladas em destiladores de nitrogênio e a amônia liberada nesse processo foi recolhida em um Erlenmeyer de 125mL contendo 20mL de solução de ácido bórico 4%. O material recolhido foi titulado com HCl 0,01 N. O volume de HCl gasto na titulação foi registrado e utilizado para o cálculo da concentração de nitrogênio total da amostra. Para conversão da concentração de nitrogênio em proteínas foi utilizada a equação:

$$\%\ \text{Proteína Total} = Vg \times N \times 6{,}25 \times 0{,}014/P \times 100$$

Onde:

Vg = volume gasto de HCl.

N = Normalidade de HCl.

6,25 = fator de transformação do nitrogênio em proteína, considerando 16% nitrogênio.

0,014 = milequivalente grama do nitrogênio.

P = peso da amostra.

3.4.4.4. Fibra em detergente neutro (FDN).

Para essa análise foi utilizado um determinador de fibras (Tecnal®, modelo TE-149) e uma solução de detergente neutro (VAN SOEST et al., 1994). Saquinhos confeccionados com tecido TNT 100 foram numerados e secos em estufa a 105° C por 30 minutos e, em seguida, retirados e colocados no dessecador para esfriar. Para cada repetição três saquinhos foram pesados (triplicata) e 1g de amostra foi adicionado a cada um deles. Os saquinhos foram selados e novamente pesados para a constatação da ocorrência de perda de material durante o procedimento. As amostras foram lavadas por 1h no determinador de fibras contendo a solução de detergente neutro fervente (100° C). O detergente foi eliminado e as amostras foram submetidas a três lavagens consecutivas por 10 minutos, com água destilada a 100° C. Os saquinhos contendo as amostras foram, então, lavados com álcool etílico P.A. duas vezes consecutivas e levados para secar em estufa a 55° C por 16h. As amostras foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador até resfriarem completamente. Os saquinhos foram pesados e o valor da FDN foi calculado.

3.4.4.5. Fibra em detergente ácido (FDA).

Após a lavagem com detergente neutro, secagem e pesagem, as amostras (ainda nos saquinhos) foram colocadas no determinador de fibras contendo uma solução de detergente ácido (VAN SOEST et al., 1994) em ebulição (100° C), onde foram lavadas por uma hora. O detergente foi escoado e as amostras foram lavadas por três vezes consecutivas com água destilada a 100° C. Em seguida, os saquinhos contendo os resíduos foram lavados com álcool etílico P.A. e submetidos à secagem em estufa a 105° C, durante 16h. As amostras foram colocadas em dessecador até resfriarem para, na sequência, serem pesadas. O procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra. O conteúdo de hemicelulose foi obtido subtraindo-se o conteúdo de FDA do de FDN.

3.4.4.6. Proteínas indisponíveis, ligadas às fibras.

O conteúdo de proteína aderida à fibra foi determinado seguindo o procedimento descrito anteriormente (item 3.5.4.3.), utilizando os resíduos das lavagens com as soluções de detergente neutro (item 3.4.5.4.) e detergente ácido (item 3.5.4.5.). Aproximadamente 0,25g das amostras foram colocadas nos tubos de ensaio contendo catalisador e submetidas à digestão e destilação conforme descrito no item 3.5.4.3.

3.4.4.7. Proteínas disponíveis.

As proteínas consideradas disponíveis para a digestão do inseto foram aquelas que não se encontravam associadas às fibras. O cálculo é feito baseado na subtração da quantidade de proteínas associadas às fibras da quantidade de proteínas totais, fazendo-se as devidas correções de umidade e quantidades de amostras usadas nos saquinhos de FDN e de FDA.

3.4.4.8. Lipídios totais.

Para a quantificação de lipídios totais presentes nas folhas dos cultivares, um grama de amostra pré-seca foi colocado em papel de filtro qualitativo, previamente pesado e seco em estufa a 105° C, por 30 minutos. O papel foi dobrado de modo a se obter um cartucho para não haver perdas. Os conjuntos, papel de filtro e amostra, foram levados para a estufa a 105° C, por 2h. Os cartuchos foram colocados no equipamento determinador de gordura (Tecnal®, modelo TE-044), onde foram adicionados 50 mL de éter etílico P.A. em cada "reboiler". A extração ocorreu por um período de 4h, a 200° C. As amostras foram retiradas do equipamento e levadas para estufa a 105° C, por 2h. O éter de cada destilação realizada no sistema de reboiler foi recuperado. Os cartuchos foram, então, pesados para o cálculo do teor de gordura. Os cálculos para a concentração de gordura foram feitos de acordo com a seguinte equação proposta pela AOAC (2000):

$$\text{Lipídios Totais} = (A - B) / C \times 100$$

Onde:

A = peso do papel filtro + resíduo.

B = peso do papel filtro vazio (depois da estufa 105° C).

C = peso da amostra.

3.4.4.9. Matéria mineral.

Cadinhos de porcelana limpos foram previamente calcinados em mufla a 590° C, por 30 minutos. Depois de resfriarem em dessecador e seu peso anotado, cerca de 2g de cada amostra pré-seca foram pesadas e colocadas em cada cadinho (em triplicata). Os cadinhos com as amostras foram levados à mufla a 590° C por 5h. Posteriormente, foram colocados em dessecador e, em seguida, pesados. Os cálculos foram realizados seguindo a equação proposta pela AOAC (2000).

$$\text{Cinzas ou matéria mineral} = (A - B) / C \times 100$$

Onde:

A = peso do cadinho.

B = peso do cadinho vazio.

C = peso da amostra.

3.4.4.10. Carboidratos totais.

Os carboidratos totais expressam a quantidade de carboidratos estruturais e carboidratos solúveis. A concentração de carboidratos totais das amostras (CHT) foi obtida por diferença percentual, levando-se em conta os percentuais de proteína total (PT), matéria mineral (MM) e lipídeos totais (LT), segundo equação proposta por SNIFFEN et al. (1992).

$$CHT = 100 - (\% PT + \% MM + \% LT)$$

3.4.4.11. Determinação da cerosidade das folhas.

Para determinar a quantidade de cera nas folhas dos três tratamentos de cada um dos três cultivares, foram utilizados discos foliares com diâmetros de 60 mm, retirados de folhas completamente expandidas. Esses discos foram imersos, um de cada vez, por 15 segundos em 100 ml de clorofórmio, sendo o extrato filtrado a vácuo e em seguida levado para estufa por 24 horas a temperatura de 45° C. Os resíduos foram pesados e então calculados os teores de cera em $mg.cm^{-2}$ para cada cultivar (EBERCON et al., 1977).

3.5. Criação de *Plutella xylostella* (população estoque).

A criação de *P. xylostella* foi conduzida no LBCI, em condições controladas (temperatura de 25 ± 1° C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotoperíodo de 12 h de luz/12 h de escuro). Para manutenção da criação foi utilizada a metodologia descrita por THULER (2009) (Figura 10). As pupas foram obtidas da criação estoque do LBCI (Figura 11B) e, após a emergência, os adultos foram liberados em gaiolas de plástico transparente (15 cm x 13 cm) (Figura 11C) contendo um disco de 8 cm de folha de couve *B. oleracea* var. *acephala* (couve Manteiga hibrida HS-20), colocado sobre um disco de papel filtro do mesmo tamanho, levemente umedecido. Este papel com o disco foliar foi disposto sobre um copo plástico transparente com a abertura voltada para baixo, ficando a folha de couve elevada internamente no centro da gaiola, onde ocorreu a oviposição.

No ápice do recipiente (gaiola) foi feita uma abertura de 2,3 cm de diâmetro, utilizada para fixação de um pedaço de espuma embebida em solução aquosa de mel a 10% (alimentação dos adultos). Em cada gaiola foi feita também uma abertura lateral e quadrada (10 cm × 10 cm), coberta com tecido tipo “voile”.

Os discos de folha de couve com as posturas foram retirados e transferidos para placas de Petri (Figura 11D), onde ficaram até a eclosão das lagartas, que foram transferidas para caixas plásticas (30 cm × 15 cm × 10 cm) (Figura 11A) contendo folhas de couve, que eram repostas quando necessário, até que as lagartas atingissem a fase pupal. As pupas foram coletadas com o auxílio de pincel ou pinça e acondicionadas em tubos de ensaio de fundo chato (8 cm × 2 cm) vedados (Figura 11B) com filme plástico (PVC) contendo pequenos orifícios feitos com o auxílio de um estilete, para melhorar a aeração interna (THULER, 2009).

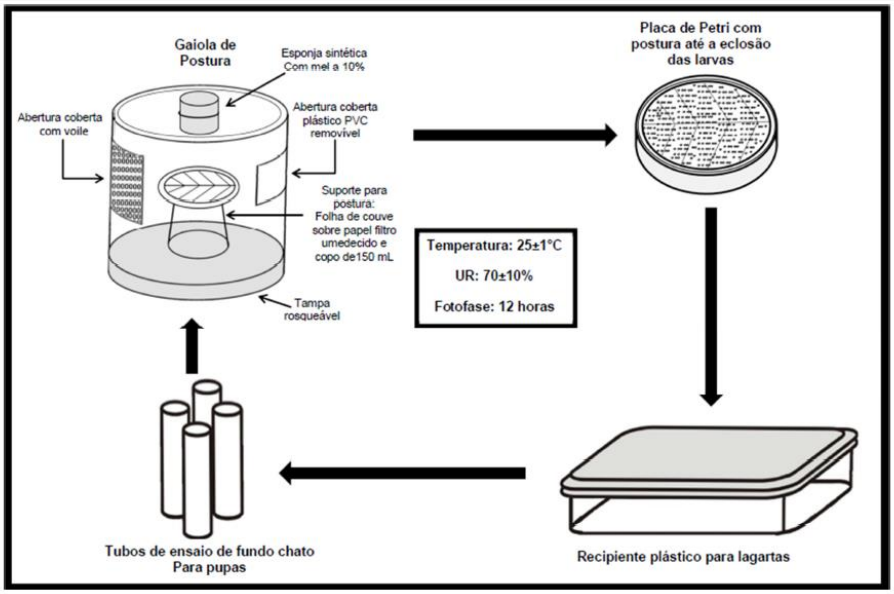

Figura 10 - Esquema da criação de *Plutella xylostella* no laboratório (THULER, 2009).

Figura 11 - A) potes para manutenção de lagartas; B) tubos para manutenção de pupas; C) gaiolas para manutenção de adultos e oviposição; D) disco foliar contendo ovos de *Plutella xylostella*, na criação de laboratório (THULER, 2009).

3.5.1. Populações de *Plutella xylostella* utilizadas nos bioensaios.

Os insetos para a realização dos bioensaios foram oriundos da população mantida no LBCI por 495 gerações consecutivas, conduzida de acordo com o item 3.5.

A partir desta população foram separados insetos para compor três novas populações isoladas de *P. xylostella*. Uma das populações foi alimentada apenas com folhas de couve

(PC), outra apenas com folhas de brócolis (PB) e outra apenas com folhas de repolho (PR). Para cada população (PC, PB e PR) foram realizados os bioensaios utilizando folhas de couve, brócolis e repolho, respectivamente, submetidas aos tratamentos definidos no item 3.4.2.1. O delineamento dos bioensaios com *P. xylostella* consistiu num fatorial 3x3x3 (variedades x índices hídricos x populações).

3.6. Criação de *Trichogramma pretiosum*.

A criação de *T. pretiosum* foi mantida no LBCI com temperatura de 25 ± 1° C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, sendo essa espécie conhecida por apresentar reprodução por partenogênese telítoca induzida pela bactéria *Wolbachia*, em que fêmeas não fecundadas dão origem a outras fêmeas (CÔNSOLI et al., 2010; SOUZA, 2011).

A criação do parasitoide foi conduzida com base na metodologia de PARRA (1997), modificada por GOULART (2009). A partir da criação da espécie *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) mantida no LBCI para fornecer os ovos hospedeiros à *T. pretiosum*, os ovos foram distribuídos sobre cartelas de cartolina azul celeste de tamanho (4 cm × 1 cm) previamente umedecidos com água deionizada.

Na parte superior das cartelas era anotado a data de oferecimento dos ovos aos parasitoides e a geração do inseto, data a partir do início da criação no laboratório. Na sequência, os ovos eram levados à luz germicida por 45 minutos para a inviabilização dos embriões de *C. cephalonica* (STEIN & PARRA,1987), sendo então oferecidos às fêmeas de *T. pretiosum* em tubos de ensaio de fundo chato de 8 cm × 2 cm, onde era colocada uma gotícula de mel (50% v/v) para a alimentação dos adultos, sendo posteriormente vedados com filme plástico de PVC. Os tubos de ensaio foram mantidos em sala de criação nas mesmas condições de temperatura, umidade e fotoperíodo citadas para o parasitoide.

3.7. Aspectos biológicos de *Plutella xylostella*, em laboratório.

3.7.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*.

Os bioensaios consistiram na avaliação de características biológicas de *P. xylostella* alimentanda com os substratos couve, brócolis e repolho oriundos dos diferentes percentuais de deficiência hídrica (T50%, T70%) e (T100%). Os insetos para a realização dos bioensaios foram oriundos das populações estabelecidas como descrito no item 3.5.1.. Os substratos de

alimentação e de postura foram padronizados conforme classificação de MOREIRA (2016), sendo utilizadas folhas com aproximadamente 50 dias de idade.

Em placas de Petri de 9 cm de diâmetro por 2 cm de altura foram colocados os discos foliares (8 cm de diâmetro) dos diferentes tratamentos, sendo colocados sobre os mesmos 10 lagartas de 1º ínstar, recém-eclodidas. As placas foram fechadas e vedadas com filme plástico (PVC), objetivando manter a umidade e evitar a fuga dos insetos. Cada placa de Petri foi considerada uma repetição, sendo 10 placas por tratamento. Devido ao hábito minador do inseto no primeiro ínstar, as avaliações começaram no 3º dia após a instalação do experimento, com as lagartas no 2º ínstar. A cada 2 dias realizou-se a mensuração do consumo, com um medidor de área foliar Laser CID® modelo CI- 202, e substituição do disco foliar, até a formação das pupas. Nesta etapa foi avaliado, além do consumo foliar, a viabilidade larval e o período larval. As pupas foram transferidas e individualizadas nas células de placas tipo ELISA®, que foram vedadas com filme plástico (PVC) contendo orifícios feitos com estilete, sendo observadas até a emergência dos adultos.

Nesta etapa determinou-se o peso das pupas, viabilidade de pupas, período pupal e razão sexual. Os adultos recém-emergidos foram retirados das células por meio de um sugador de insetos manual, separados por sexo, e transferidos para gaiolas de plástico transparente com descritas e manuseadas de acordo com o item 3.5.. Foram observadas cinco repetições (gaiolas) por substrato (couve, brócolis e repolho) contendo 2 casais por gaiola. As avaliações foram realizadas a cada 24 h, sendo repostos a alimentação para os adultos e substituídos os discos foliares diariamente, sendo contabilizado o número de ovos e determinada a longevidade dos adultos.

Dos três primeiros dias de oviposição foram retirados 100 ovos de cada tratamento (couve, brócolis, repolho) para a avaliação da viabilidade. Com o auxílio de um pincel, os ovos foram individualizados e aderidos com água em cartelas quadriculadas contendo 100 células de 8 mm de lados. As cartelas com os ovos foram colocadas sobre papel filtro levemente umedecidos com água destilada e acondicionadas em placas de Petri de 14,5 cm de diâmetro, vedadas com filme plástico (PVC), com o objetivo de manter a umidade e evitar a fuga dos insetos. No 3º e 4º dias após a instalação foi realizada a contagem das larvas eclodidas. Nesta etapa foi registrado o número de ovos por fêmea, nos três primeiros dias, longevidade de machos e de fêmeas e fertilidade dos ovos (viabilidade). A observação da fecundidade foi realizada até o terceiro dia devido o número de ovos por fêmea e a viabilidade diminuírem significativamente após o 3º dia de postura (VEIGA et al., 2010), sendo que esta queda inviabiliza a manutenção dos adultos na criação.

3.7.1.1. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella*.

Com os dados biológicos obtidos no item 3.6.1., foram estimados os parâmetros necessários para a construção de tabelas de vida de fertilidade, segundo BIRCH (1948), SILVEIRA NETO et al. (1976), SOUTHWOOD (1978) e PRICE (1984), sendo eles: x = ponto médio de cada idade das fêmeas parentais, idade esta considerada desde a fase de ovo; lx = expectativa de vida até a idade x, expressa como uma fração de uma fêmea; mx = fertilidade específica ou número de descendentes por fêmea produzidos na idade x e que originarão fêmeas; lx.mx = número total de fêmeas nascidas na idade x.

Por outro lado, os parâmetros de crescimento resultantes da tabela de vida são: R_0 = taxa líquida de aumento populacional; T = tempo médio de uma geração; r_m = taxa intrínseca de aumento; λ = razão finita de aumento. Além desses parâmetros, determinou-se também o TD, que é o tempo necessário para a população duplicar em número, segundo KREBS (1994)

3.8. Aspectos biológicos de *Plutella xylostella* em casa de vegetação.

3.8.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*.

Os bioensaios consistiram na avaliação de características biológicas de *P. xylostella* alimentada com folhas de couve, brócolis e repolho oriundas de plantas cultivadas com diferentes percentuais de água no solo. Os insetos para a realização desses bioensaios foram obtidos conforme descrito no item 3.5.1..

Para a biologia dos insetos da população couve foram utilizados vasos das plantas de couve nos três tratamentos hídricos T50%, T70% e T100% da capacidade de campo. Da mesma forma foram realizados os testes com a população brócolis e repolho e respectivas variedades e tratamentos.

Os bioensaios, com lagartas das três populações (couve, brócolis e repolho), foram realizados 50 dias após o transplantio, quando as plantas já possuíam tamanho suficiente para suportar a infestação, e com três níveis de água no solo (T50%, T70% e T100%). Para tanto, 105 lagartas de 1º ínstar foram confinadas em gaiolas plásticas de 12 cm de diâmetro, presas em folhas sem danos aparentes, sendo 21 lagartas por planta e divididas em três folhas. Essas gaiolas continham um orifício circular coberto com tecido do tipo “voile”, para melhorar a aeração interna das gaiolas, sendo elas presas interpondo-se uma folha aos dois lados da

gaiola, ficando pressionada contra a folha por gomas elásticas presas a varetas finas de madeira (Figura 12).

As lagartas foram confinadas nas plantas até a pupação (Figura 12B), determinando-se a duração e viabilidade larval. Posteriormente, as pupas foram retiradas e individualizadas em tubo de ensaio e mantidas na mesma casa de vegetação (Figura 12C). Para a determinação do peso pupal, as placas foram levadas ao laboratório e pesadas em balança de precisão, voltando logo após para casa de vegetação, onde ficaram até emergência dos adultos.

Foram determinados: a viabilidade pupal, a duração do período de pupa e a razão sexual. Os adultos emergidos foram separados em casais e colocados nas mesmas gaiolas utilizadas para larvas (2 casais por gaiola), onde foram determinados a longevidade dos insetos, a fecundidade das fêmeas e a viabilidade dos ovos.

Diariamente, as gaiolas eram trocadas de folhas nas plantas, permitindo dessa forma, a contagem dos ovos. Os adultos foram mantidos nos vasos até a morte.

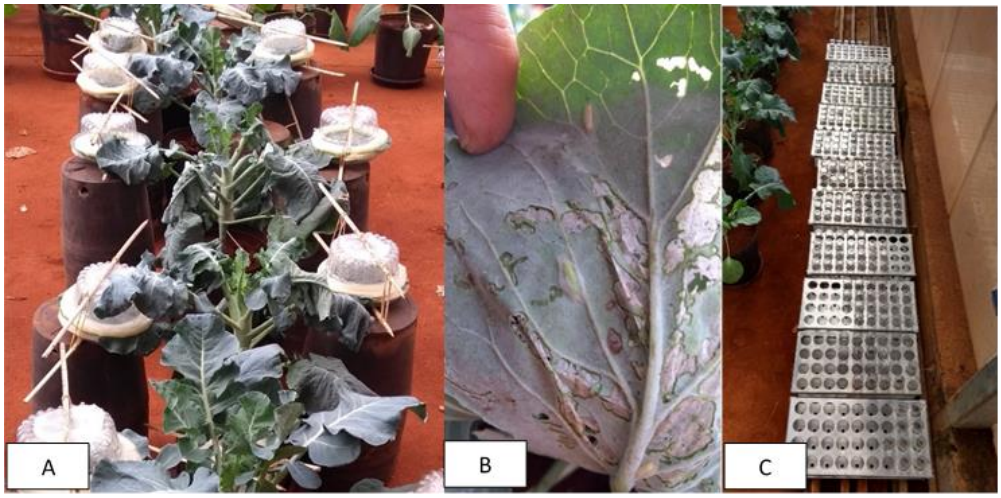

Figura 12 – A) plantas de brócolis com as gaiolas de avaliação no tratamento T70% B) pupas de *Plutella xylostella* nas plantas; C) suportes contendo os tubos com as pupas de *P. xylostella* obtidas nos diferentes tratamentos.

3.8.1.1. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella*.

Com os dados biológicos obtidos conforme descrito no item 3.7.1., foram estimados os parâmetros necessários para a construção de tabelas de vida de fertilidade, como descrito no item 3.6.1.1.

3.9. Efeito do estresse hídrico em plantas de couve, brócolis e repolho e sua influência em *Plutella xylostella* e *Trichogramma pretiosum*.

3.9.1. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella*, com chance de escolha, em casa de vegetação.

Os testes de dupla chance de escolha para oviposição de *P. xylostella* foram realizados em casa de vegetação utilizando as variedades couve, brócolis e repolho nos tratamentos hídricos T50%, T70% e T100% da capacidade de campo. Foram utilizadas gaiolas com armações de ferro (115 cm x 94 cm x 48 cm) (Figura 13A) cobertas por um tecido tipo "voile" com aberturas laterais e superiores.

Em cada ensaio foram utilizados 10 casais de *P. xylostella* com no máximo 24 horas de idades e 1 vaso de cada tratamento de mesma cultivar comparando-se T50%, T70% e T100% em testes com dupla chance de escolha, dispostos nos cantos da gaiola e distantes diagonalmente (Figura 13B). Foram realizadas 15 repetições.

Figura 13 - Gaiolas utilizadas para o teste de preferência para a oviposição (dupla chance de escolha) de *Plutella xylostella*. A) vista externa da gaiola. A) vista interna da gaiola.

No centro da gaiola foi colocado um recipiente contendo um pedaço de espuma embebida em mel diluído a 10%, como fonte alimentar para os adultos. Os insetos foram liberados no centro da gaiola e retirados após 24 horas, sendo os ovos contabilizados por tratamento e discriminados os locais onde foram encontrados (folhas jovens, folhas senescentes, prato do vaso, vaso e caule da planta) (Figura 14).

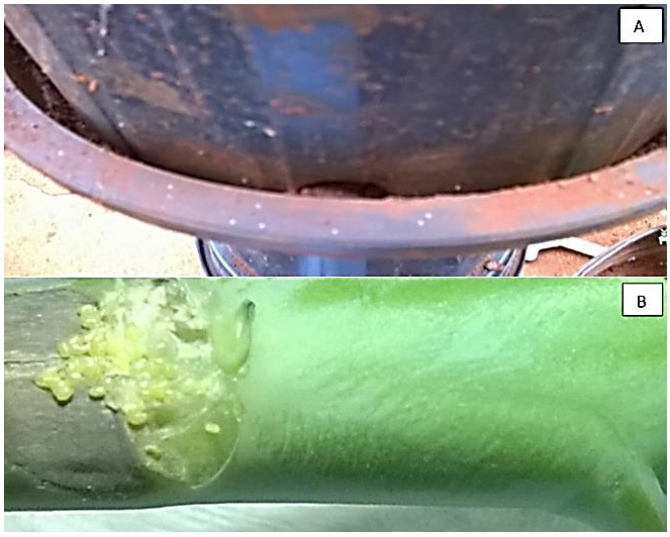

Figura 14 - Oviposição de *Plutella xylostella* em: A) prato e vasos da planta B) caule da planta.

3.9.2. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella*, sem chance de escolha, em casa de vegetação.

Os testes sem chance de escolha para oviposição de *P. xylostella* foram realizados em casa de vegetação utilizando as variedades de couve, brócolis e repolho nos tratamentos hídricos T50% e T70% (deficiência hídrica) e T100% (capacidade de campo). Foram utilizadas gaiolas plásticas de 12 cm de diâmetro, presas nas folhas, sendo presa 1 folha por gaiola, 3 gaiolas por planta e 5 vasos por tratamento (15 repetições). Essas gaiolas continham um orifício circular coberto com tecido do tipo "voile", para permitir melhorar as trocas gasosas para os insetos e para as folhas, sendo presas mantendo-se uma folha da planta entre aos dois lados da gaiola, com os dois lados pressionados e seguros por gomas elásticas por varetas de madeira fina (ver item 3.8.1.). Em cada gaiola foram utilizados 5 casais de *P. xylostella* com no máximo 24 horas de idades.

No centro da gaiola foi disposto um recipiente contendo um pedaço de espuma embebida em mel diluído a 10%, como fonte alimentar para os insetos. Os insetos foram liberados na gaiola e retirados após 24 horas. Os ovos foram contabilizados por folha/vaso/tratamento.

3.9.3. Bioensaios de olfatometria com *Trichogramma pretiosum* em laboratório.

Adultos de *P. xylostella*, oriundos das populações couve, brócolis e repolho, foram separados por sexo emergência (idade máxima de 24 horas) e formados casais que foram liberados em gaiolas (item 3.8.1.). Para cada vaso dos tratamentos T50%, T70% e T100%

(por variedade), foi infestada uma folha com 5 casais de *P. xylostella* e deixados para oviposição por 24 horas, observando-se uma média de 110 ovos por folha.

Também foi colocado um pedaço de espuma umedecida em mel a 10% para alimentação dos adultos durante a infestação, confrontando-se os tratamentos dentro da mesma variedade, bem como dois a dois (Figura 15). Cada folha infestada foi isolada com saco plástico e suas extremidades conectadas a uma mangueira, com um lado a mangueira recebendo a entrada de ar puro e o outro o ar (ar puro + odor) que passava no interior do olfatômetro, num fluxo médio de 1ml/min, o que permitia o saco plástico ficar inflado.

Uma fêmea de *T. pretiosum* recém-emergida foi liberada no centro do olfatômetro. Após 30 segundos, as observações de escolha do inseto entre as arenas correspondentes a cada tratamento foram iniciadas. Para determinar a área de cada tratamento foram tracejadas, na parte externa do olfatômetro, linhas transversais delimitando as arenas correspondentes de cada tratamento, dessa forma, quando o inseto se movimentava apenas no centro do olfatômetro era anotado como sem resposta de preferência e, quando o inseto entrava em alguma arena era anotado como preferência do inseto e o tempo de permanência.

Os testes de olfatometria iniciavam-se por volta de 9:00 horas, se prolongando até as 16:00 horas, obedecendo as 24 horas precedentes com infestação de *P. xylostella*. A sala era mantida com temperatura de 24 ± 1° C e umidade relativa de 70 ± 10%.

As observações foram realizadas por 10 minutos por inseto. A cada repetição as posições dos vasos foram alternadas, trocando-se as mangueiras de posição. A cada 10 insetos testados as plantas foram trocadas e o olfatômetro lavado com álcool 98%. Cinco minutos após a lavagem o experimento foi reiniciado, totalizando 30 repetições para cada combinação de tratamento (50% x 70%; 50% x 100%; 70% x 100%) por variedade.

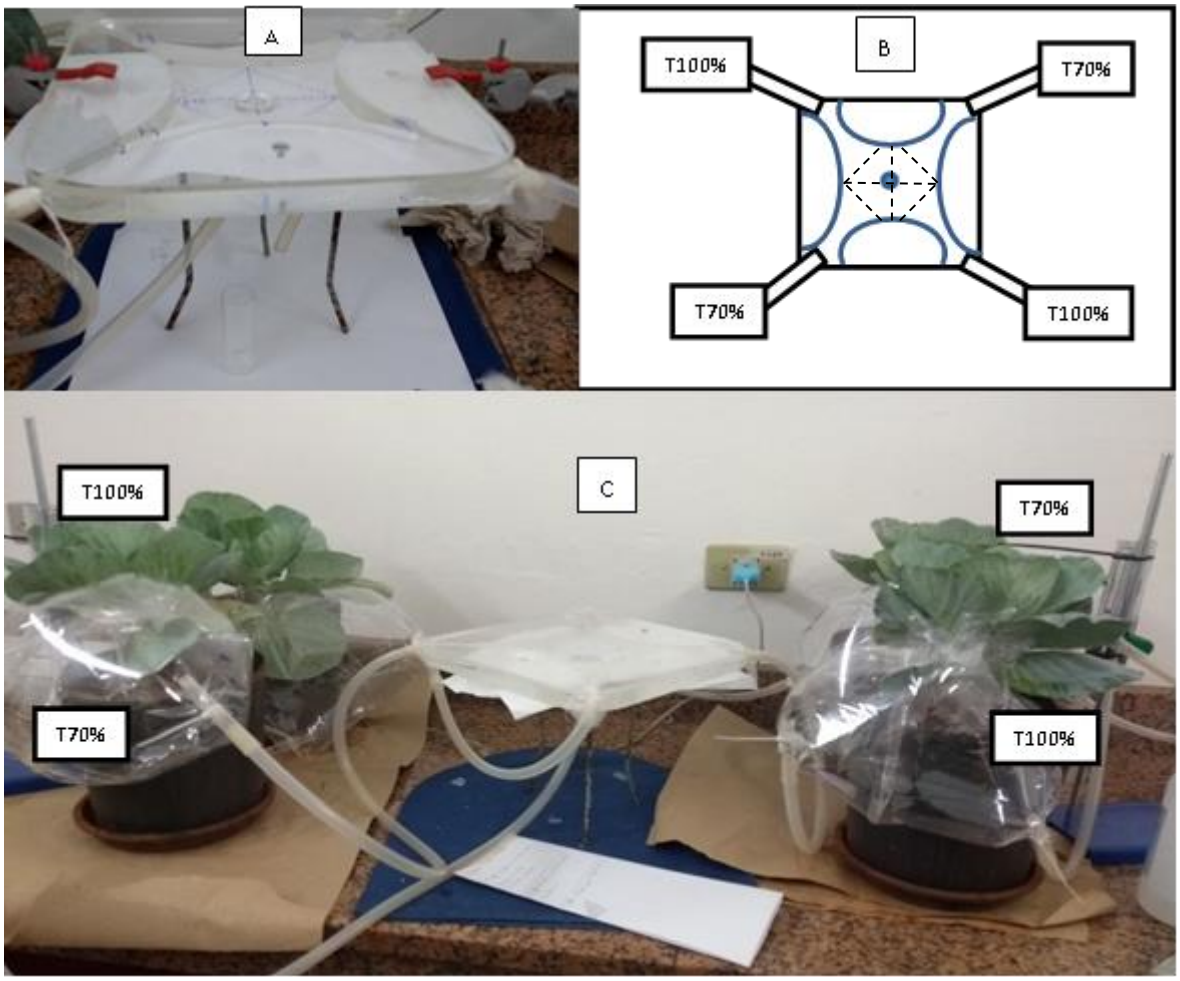

Figura 15 - Olfatômetro utilizado no teste de preferência com *Trichogramma pretiosum*. A) arena teste; B) desenho da arena e vias com tratamentos; C) folhas-teste isoladas em saco plástico.

3.9.4. Coleta e análise de voláteis nas plantas em laboaratório.

Voláteis de plantas de couve, brócolis e repolho desenvolvidas conforme descrito no item 3.4.3. e sacos de poliéster vazios (branco) foram coletados em condições de laboratório a 24 ± 1° C, 70 ± 10% de umidade relativa, em um sistema de coleta volátil "push-pull" (ARS, Gainesville, FL, EUA), com fluxo de entrada de 1,1 L/min. Para o bombeamento de ar no interior do sistema foi utilizada uma bomba a vácuo com fluxo 0,8 L/min, conectada aos filtros de coleta dos voláteis acoplados às câmaras contendo as plantas. Os filtros consistiram de tubos de vidro fino com 25 mg de polímero adsorvente Super-Q® em seu interior. Os filtros de Super-Q®, expostos aos odores das plantas, foram lavados com 150 µl de solvente hexano (Merck, Kenilworth, NJ, USA) e os extratos foram armazenados em frascos de vidro vedados mantidos em freezer a -80° C, até a análise. A cada amostra foram adicionados 10

ng/µl de uma solução de 30 µl de nonil acetato n (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, USA), como padrão interno.

Antes da coleta, as plantas foram cuidadosamente ensacadas em saco de poliéster, sendo as coletas distribuídas aleatoriamente entre tratamentos. Sete plantas por tratamento foram amostradas durante 8h.

As análises de "headspace" foram realizadas por cromatografia gasosa (Shimadzu, GC-2010 Gas Chromatograph), com detecção de ionização de chama GC-FID operando a 280° C. A quantificação foi baseada na comparação da área de Pico do GC-FID com o padrão externo. Resumidamente, uma alíquota de 2 µl de cada amostra foi injetada no sistema "splitless" em uma coluna capilar HP-1 (Agilent J & W GC Colunas, Santa Clara, CA, EUA - 30 m, 0,25 mm DI, 0,25 µm de espessura). Foi utilizado hélio de alta pureza como gás de arraste, com vazão de 0,9 mL/min. O forno foi programado com uma temperatura inicial de 40° C por 5 min, aumentando a 5° C/min até 150° C, mantido por 1 min e subsequentemente aumento até 200° C a 20° C/min, seguido de uma corrida posterior de 5 min a 250° C. GCsolution (versão 2.32.00, Shimadzu) foi usado para aquisição de sinal e integração de pico.

As amostras mais representativas de cada tratamento, selecionada com base na média da quantidade de compostos e que apresentou menos contaminantes em comparação com amostras do tratamento branco, também foram analisadas por um cromatógrafo a gás (Agilent Sistema G90 da Série 6890 GC) acoplado a um espectrômetro de massa. O GC-MS operou no modo de impacto de elétrons (Agilent Detector seletivo de massa de rede 5973; linha de transferência 230° C, potencial de ionização 70 e V e faixa de varredura 33– 280 amu). Resumidamente, uma alíquota de 2 µl de cada amostra foi injetada no modo pulsado sem divisão em uma coluna capilar HP-1 (Alltech Associates, Deerfield, IL, EUA - 30 m, 0,25 mm ID, de 0,25 µm de diâmetro). Hélio (0,9 mL / min) foi usado como gás de arraste. Temperatura do forno do GC foi inicialmente mantida a 40° C por 3 min, elevado para 100° C a 8° C/min e subsequentemente para 200° C a 5° C/min, seguido de uma corrida posterior de 5 min a 250° C. Os voláteis detectados foram identificados comparando sua massa de espectros com os da biblioteca NIST 11. Além disso, a injeção de padrões e o cálculo do índice de retenção linear (LRI) de cada composto foram utilizados como critério adicional para a identificação dos compostos.

4. Análises estatísticas.

Os resultados bromatológicos (matéria seca e umidade, proteínas totais, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, proteínas indisponíveis, ligadas às fibras, proteínas disponíveis, lipídeos totais, matéria mineral e carboidratos totais) das plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas de solo foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para verificar a normalidade e a homogeneidade da variância, respectivamente.

Posteriormente, para os dados que atenderam aos requisitos citados, foi realizada análise de variância (ANOVA) para verificar as diferenças entre os efeitos principais (níveis hídrico e cultivares) e a interação dos fatores (níveis hídricos x cultivares) em esquema fatorial 3x3 (BARBIN, 2013). Quando ocorreu diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo todas as análises realizadas utilizando-se o software SAS versão 9.0 (SAS INSTITUTE, 2002).

Os dados das características biológicas de *P. xylostella* nas diferentes cultivares/variedades de brássicas e níveis de água foram submetidos aos testes de Kolmogorov e Bartlett para verificar a normalidade e homogeneidade da variância, respectivamente. Posteriormente foi realizada a análise de variância (ANOVA) para verificar as diferenças entre os efeitos principais. Os parâmetros populacionais de tabela de vida de fertilidade foram estimados de acordo com o procedimento descrito por MAIA et al. (2000), usando o software SAS versão 9.0 (SAS INSTITUTE, 2002), que se baseia no método Jackknife para estimar os parâmetros, intervalos de confiança e permitir a comparação entre tratamentos.

As frequências dos dados de escolha foram analisadas usando o Proc FREQ e interpretadas pelo teste χ^2, em que a razão 1:1 foi assumida quando o herbívoro não apresentou preferência, comparando-se tanto os cultivares quanto os níveis hídricos. Todas as análises foram conduzidas utilizando o software SAS versão 9.0 (SAS INSTITUTE, 2002).

A emissão dos compostos voláteis (quantidades relativas de compostos individuais) foi testada quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias usando os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Como as distribuições, mesmo após a transformação logarítmica, não atenderam às premissas para os testes paramétricos, os dados de emissão volátil foram analisados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$ e $P < 0,01$), seguido pela análise post-hoc de Monte Carlo.

5. RESULTADOS

5.1. Teste de peroxidação lipídica (MDA).

A fim de facilitar a compreensão dos resultados bromatológicos para as variedades de couve, brócolis e repolho, a determinação da peroxidação lipídica, como medida do estresse nas plantas, foi estabelecido por meio da análise do conteúdo de malondialdeído (MDA) (em nMol/g) nas plantas submetidas às diferentes condições hídricas, sendo que os resultados estão especificados na Tabela 3 e Figura 16.

Em couve, o maior teor de MDA (nmol/g) foi observado nas plantas do tratamento T50% (6,80 ± 1,41 nMol/g), e o menor em plantas do T100% (1,79 ± 1,41 nMol/g). Nas plantas do tratamento T70% os resultados foram semelhantes aos demais tratamentos, com valor médio de 4,20 ± 0,10 nMol/g. No brócolis, T50% (8,90 ± 1,13 nMol/g) resultou num incremento acima de 71% no conteúdo de MDA quando comparado ao T70% (2,25 ± 0,05 nMol/g) e T100% (2,66 ± 0,02 nMol/g), sendo todos diferentes entre si. Em relação ao repolho, o incremento no conteúdo de MDA em plantas do tratamento T50% (5,30 ± 0,38 nMol/g) foi o dobro do encontrado em T70% (2,61 ± 0,08 nMol/g), tendo este último 54% a mais de MDA que T100% (1,18 ± 0,14 nMol/g).

Comparando os diferentes percentuais de deficiência hídrica, entre as variedades de couve, brócolis e repolho, os tratamentos T50% e T100% não apresentaram diferenças entre as variedades, enquanto T70% induziu o aumento no conteúdo de MDA em couve, seguido por brócolis e repolho.

Tabela 3 – Resultados médios da peroxidação lipídica (MDA) expressos em nMol/g.

Variedades	T50%	T70%	T%100
Couve	6,80 ± 1,41aA	4,20 ± 0,10abA	1,79 ± 1,41bA
Brócolis	8,90 ± 1,13aA	2,25 ± 0,05cC	2,66 ± 0,02bA
Repolho	5,30 ± 0,38aA	2,61 ± 0,08bB	1,18 ± 0,14cA

[1] Médias ± erro padrão seguidas de letras minúsculas diferentes nas linhas e de maiúsculas nas colunas diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

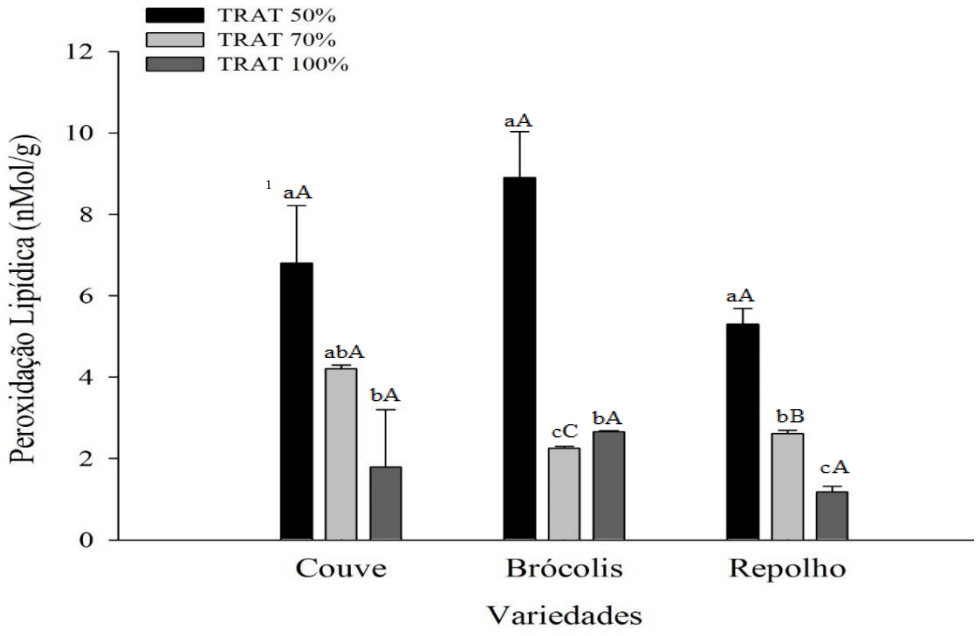

Figura 16 – Resultados médios da peroxidação lipídica (nMol/g) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúscula diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).

5.2. Análises bromatológicas das plantas de couve, brócolis e repolho.

Os teores de proteína bruta nas brassicáceas (couve, brócolis e repolho) cultivadas em diferentes condições hídricas encontram-se na Figura 17 e Tabela 4. Em couve os valores foram semelhantes nos tratamentos T50% e T70% (24,22 ± 1,50 %MS e 24,03 ± 1,47 %MS, respectivamente), sendo maiores do que o encontrado em plantas submetidas à CC (T100%) (13,37 ± 0,96 %MS). Com brócolis todos os tratamentos diferiram entre si, com maior teor de proteína bruta para T50% (31,60 ± 2,07 % MS), seguido de T70% (25,50 ± 1,24 %MS) e T100% (20,63 ± 0,77 %MS). Nas plantas de repolho T50% (20,10 ± 1,08 %MS) e T100% (17,48 ± 1,06 %MS) foram semelhantes e menores do que T70% (24,82 ± 1,34 %MS).

Quanto à interação entre tratamentos e variedades, T50% em couve e repolho foi semelhante, havendo efeito significativo para o brócolis, o que resultou em maior teor de proteína bruta; quando se comparou as variedades no tratamento T70%, não foi observada diferença significativa. Já, para T100%, ocorreu efeito nas variedades, com maior teor de proteína bruta em brócolis, seguido de repolho, com couve apresentando a menor porcentagem.

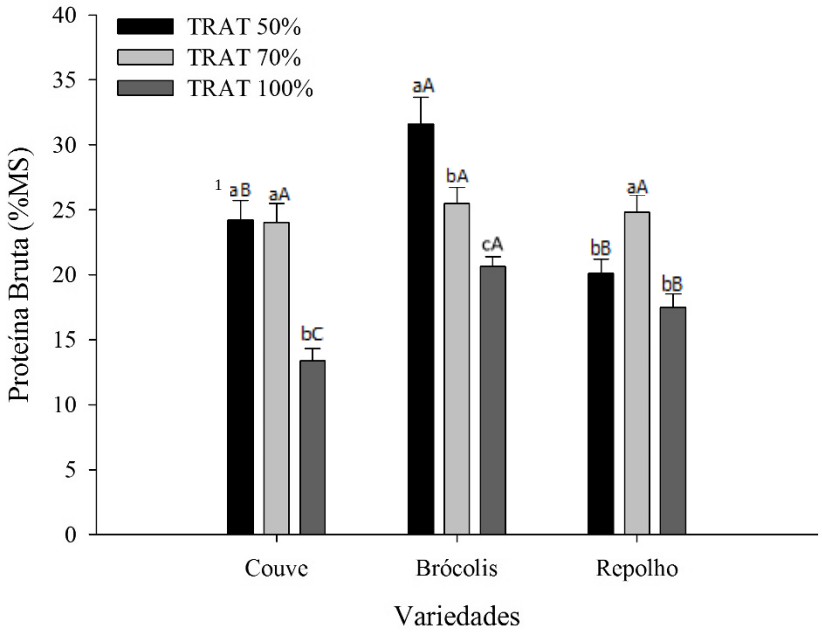

Figura 17 – Resultados médios de proteína bruta (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey ($P < 0,05$).

Os teores médios de fibra em detergente neutro (FDN) encontrado nas vabriedades de couve, brócolis e repolho cultivadas em diferentes condições hídricas, expressos em porcentagem de matéria seca (%M), encontram-se na Figura 18 e Tabela 4. Em couve, o tratamento T50% (28,02 ± 0,50 %MS) foi semelhante ao T70% (26,95 ± 0,53 %MS), sendo ambos menores do que T100% (29,78 ± 1,09 %MS). Nas variedades brócolis e repolho não houve diferença significativa entre os níveis de deficiência hídrica.

Na interação entre tratamentos e variedades, T50% resultou em maior teor de FDN na couve, quando comparado a brócolis e repolho, sendo estes semelhantes entre si. Para T70% não houve diferença estatística, enquanto no T100% o teor de FDN foi maior em couve, com T70% e T100% semelhantes entre si.

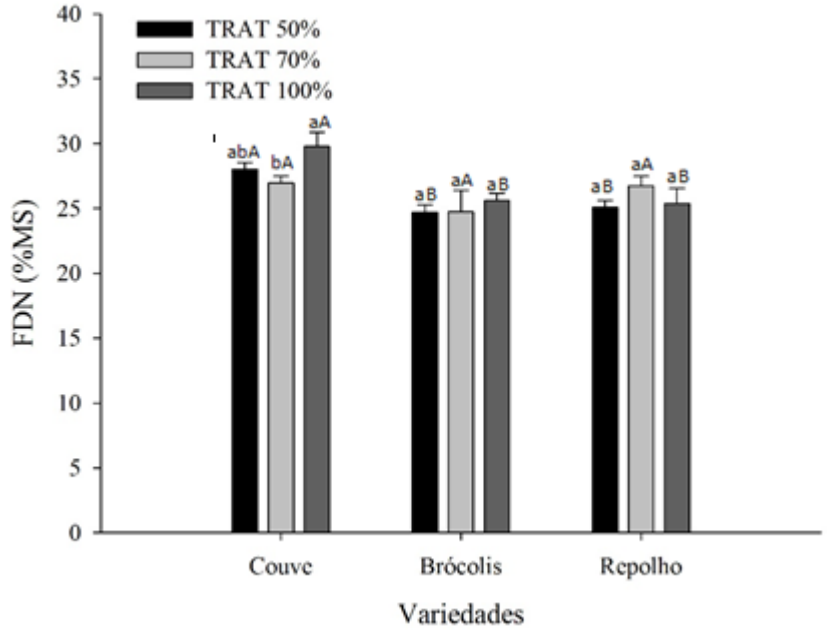

Figura 18 – Resultados médios de fibra em detergente neutro (FDN) (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Os valores médios para o teor de fibra em detergente ácido (FDA), expressos em %MS, obtidos neste trabalho encontram-se especificados na Figura 19 e na Tabela 4. Na variedade de couve não houve diferença entre os tratamentos, enquanto que em brócolis T50% resultou no valor de 9,99 ± 0,77% MS, valor este, em média, 26% menor do que o que foi encontrado em T70%, e 29% menor do que aquele obtido em T100%. T70% e T100% apresentaram valores semelhantes, sendo 13,53 ± 1,26% MS e 14,16 ± 0,52% MS, respectivamente. Quanto ao teor de FDA em repolho, no tratamento T50% (12,73 ± 0,24%) foi significativamente menor do que em T70% e T100%, com estes semelhantes (15,14 ± 0,73% e 16,26 ± 0,60 %, respectivamente).

Na interação tratamentos e variedades verifica-se que T50% não induziu diferença entre couve e repolho, mas em brócolis resultou em um menor teor de FDA. No T70% houve efeito entre as variedades de brócolis e de repolho, o que resultou em maior teor de FDA para repolho, sendo couve semelhante a ambos. Já, no tratamento T100%, apenas repolho apresentou maior valor para FDA, comparado a couve e ao brócolis, sendo estes semelhantes entre si.

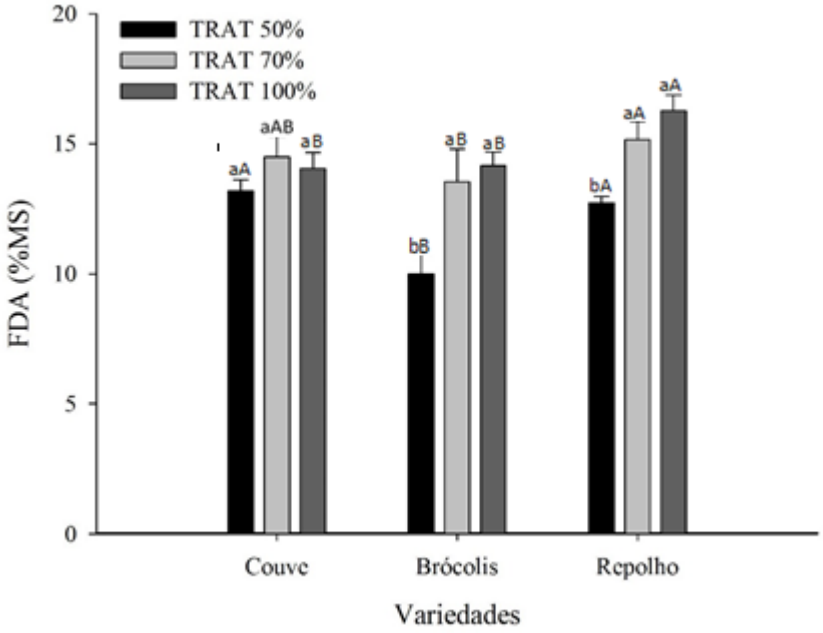

Figura 19 – Resultados de fibra em detergente ácido (FDA) (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre variedades no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Os resultados médios encontrados para os teores de hemicelulose, expressos em porcentagem de matéria seca (%MS), estão especificados na Figura 20 e Tabela 4. Na couve os tratamentos T50% (15,24 ± 0,68% MS) e T100% (14,71 ± 1,017% MS) foram semelhantes, sendo diferentes do determinado para T70% (12,43 ± 0,23% MS). Para brócolis o maior teor de hemicelulose foi obtido em T50% (14,47 ± 0,82% MS), sendo T70% (11,28 ± 0,85% MS) e T100% (11,84 ± 0,37% MS) diferentes de T50% e semelhantes entre si. Para repolho não ocorreu diferença entre os diferentes níveis de água no solo.

Quanto à interação tratamentos e variedades, T50% não mostrou diferença entre couve e brócolis, porém com efeito significativo para repolho que apresentou menor teor de hemicelulose. Em T70% não houve efeito do tratamento entre as variedades, o mesmo não acontecendo com T100%, onde o efeito das condições hídricas do solo para a couve resultou em maior teor de hemicelulose, comparado a brócolis e repolho.

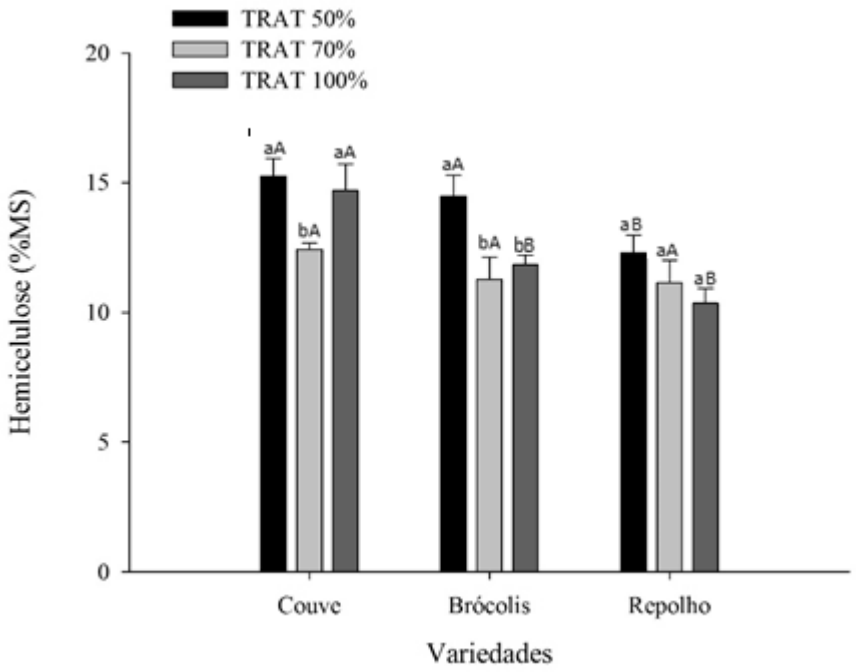

Figura 20 – Resultados de teor de hemicelulose (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Os valores médios de lipídios, expressos em porcentagem de matéria seca (%MS), estão apresentados na Figura 21 e Tabela 4. Para couve não houve diferença entre os tratamentos, enquanto em brócolis T50% provocou maior teor de lipídeos (4,64 ± 0,21%) e T100% resultou no menor valor para o parâmetro (3,96 ± 0,23%); T70% (3,56 ± 0,17%) não diferiu dos outros dois tratamentos (3,56 ± 0,17%). No repolho T70% (5,70 ± 0,35%) provocou aumento de 36% no teor de lipídeos do que T50% e T100%, estes com resultados semelhantes (3,54 ± 0,25% e 3,66 ± 0,24%, respectivamente).

Quanto ao efeito dos tratamentos entre as variedades, em T50% foi encontrado maior teor de lipídeos em brócolis e menor em repolho, com a couve semelhante a ambos. Em T70% ocorreu em maior teor de lipídeos em repolho, quando comparado com couve e brócolis, ambos semelhantes. Na capacidade de campo (T100%) não houve diferença entre as variedades.

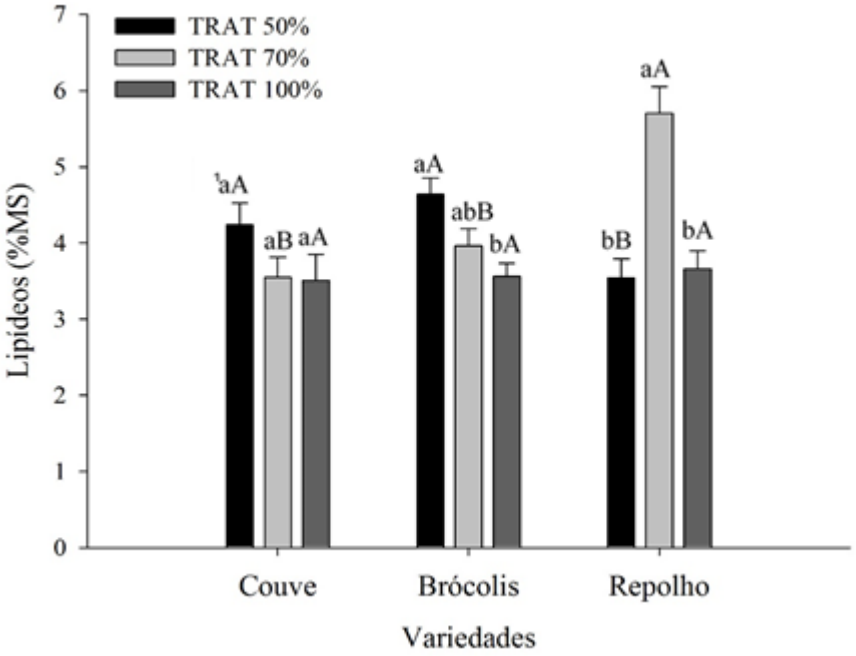

Figura 21 – Resultados médios da porcentagem de lipídeos (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Os resultados médios obtidos para o teor de cera na superfície das folhas de couve, brócolis e repolho, expressos em porcentagem, encontram-se na Figura 22 e Tabela 4. Na couve e no repolho não ocorreu diferença entre os tratamentos, enquanto para brócolis T50% e T100%, semelhantes entre si, promoveram maior cerosidade das folhas (0,028 ± 0,0001% e 0,024 ± 0,001%, respectivamente), enquanto T70% reduziu a porcentagem de cera das folhas (0,018 ± 0,00008%).

Analisando-se a interação tratamentos x variedades observou-se que nenhuma das condições hídricas do solo influiu no teor de cera das folhas de couve, brócolis e repolho.

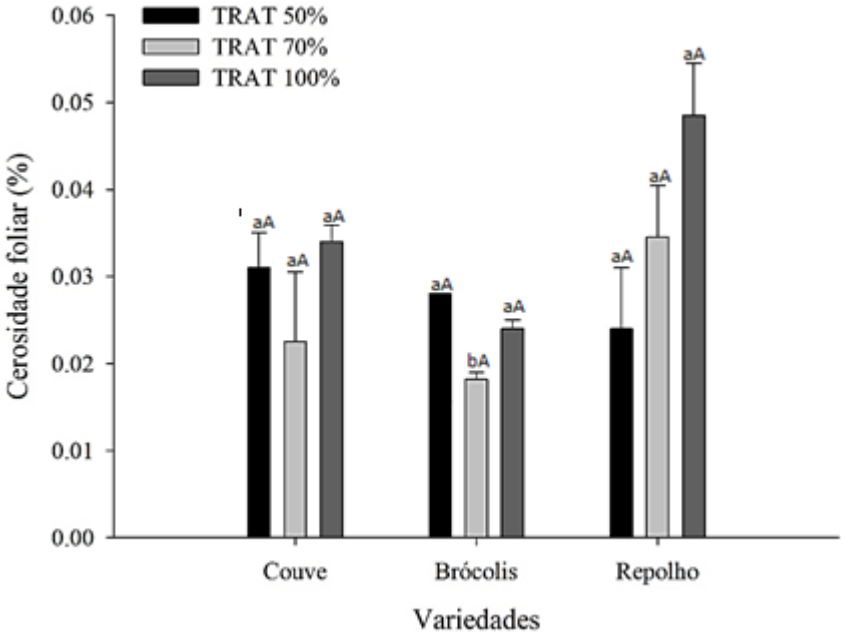

Figura 22 – Resultados da porcentagem de cera nas folhas em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Os resultados médios do teor de proteína insolúvel em detergente neutro (FDN), expressos em % de matéria seca (%MS), encontram-se na Figura 23 e Tabela 4. Em couve houve um maior acúmulo de proteína FDN nas plantas dos tratamentos T50% (1,70 ± 0,16% MS) e T70% (1,86 ± 0,11% MS), que foram semelhantes entre si, e em média 42% superiores ao T100% (1,02 ± 0,15% MS). Para brócolis as condições hídricas do solo de T50% resultaram em um teor de proteína FDN de 3,09 ± 0,25% MS, 76% maior do que o encontrado em T70% e 49% maior do que em T100%; entre brócolis e repolho não houve diferença, resultando teores de proteína FDN de 0,73 ± 0,21% MS e 1,26 ± 0,18% MS, respectivamente). Os resultados de repolho mostram que T50% e T100% foram semelhantes (0,93 ± 0,05% MS e 0,78 ± 0,07% MS, respectivamente) para o parâmetro em análise e menores do que aquele encontrado em T70% (1,28 ± 0,11% MS).

A interação dos tratamentos entre as variedades resultou em um efeito maior de T50% em brócolis, seguido de couve, com menor valor em repolho. Para T70% houve maior efeito em couve, seguido de repolho e ficando com o menor valor de proteína FDN em brócolis; e para o tratamento T100% houve maior efeito na variedade brócolis, seguido de couve e repolho com porcentuais menores.

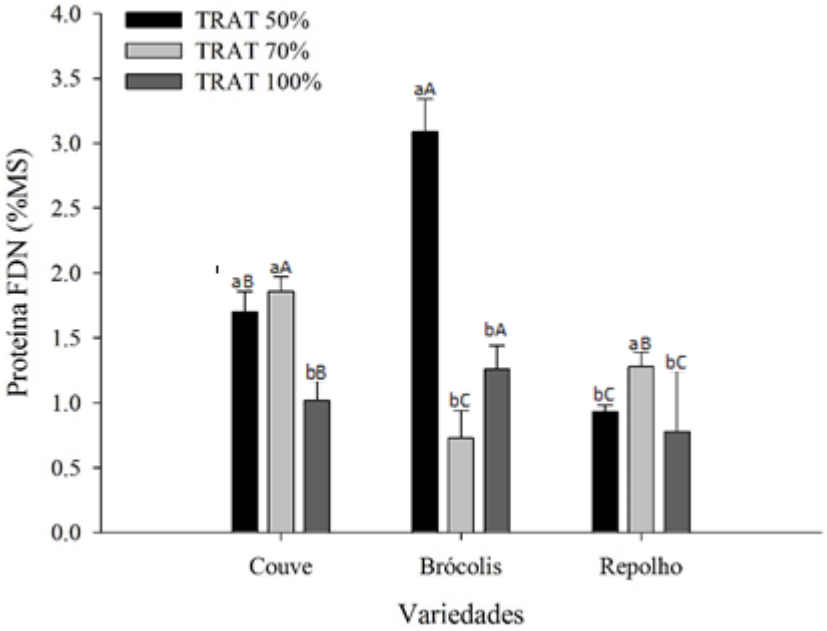

Figura 23 – Resultados médios de proteína insolúvel em detergente neutro (FDN) (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).

Para as proteínas insolúveis em detergente ácido, com valores expressos em (%MS), os resultados da Figura 24 e Tabela 4 mostram para couve menores teores em T50% e em T100% (0,087 ± 0,01 %MS e 0,11 ± 0,01% MS, respectivamente), semelhantes entre si, enquanto que T70% resultou em valor mais elevado para proteínas ligadas ao FDA (0,18 ± 0,02% MS). Com brócolis não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, enquanto com repolho T50%, com média de 0,07 ± 0,01% MS, diferiu de T100% (0,14 ± 0,02% MS), sendo ambos semelhantes a T70% (0,10 ± 0,01% MS).

Na interação tratamento x variedade, T50% e T100% foram semelhantes para as três variedades, enquanto com T70% houve efeito do tratamento na couve, o que resultou em maior teor de proteína ligada a FDA; em brócolis e repolho não houve interação.

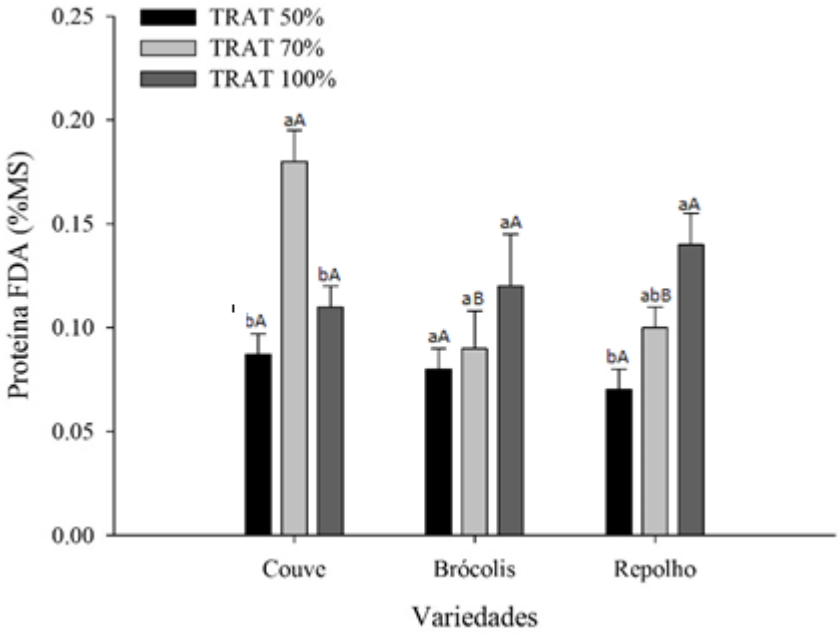

Figura 24 – Resultados médios de proteína insolúvel em detergente ácido FDA (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as cultivares no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Os resultados médios obtidos para proteínas disponíveis nos diferentes tratamentos e variedades encontram-se na Figura 25 e Tabela 4. Na couve T50% e T70% não diferiram, tendo valores médios de 22,44 ± 1,77 %MS e 22,46 ± 2,44% MS, respectivamente, enquanto T100% resultou em menor teor de proteína disponível (14,06 ± 1,53% MS), cerca de 37% menor os dois primeiros; para brócolis o maior teor foi encontrado em T50% (30,36 ± 0,79% MS), valor este aproximadamente 40% maior do que T70% e T100% (18,00 ± 3,15% MS e 16,76 ± 1,01% MS, respectivamente), estes semelhantes entre si. Já no repolho, T50% e T70% foram semelhantes apresentando 19,62 ± 1,10% MS e 23,74 ± 1,75% MS, respectivamente, enquanto no T100% teve o valor foi mais baixo (16,02 ± 0,95% MS).

Quanto ao efeito dos tratamentos x variedades, para T50% brócolis diferiu de couve e repolho, apresentando maior teor de proteína disponível; em T70% e T100% não houve efeito significativo dos tratamentos nas variedades.

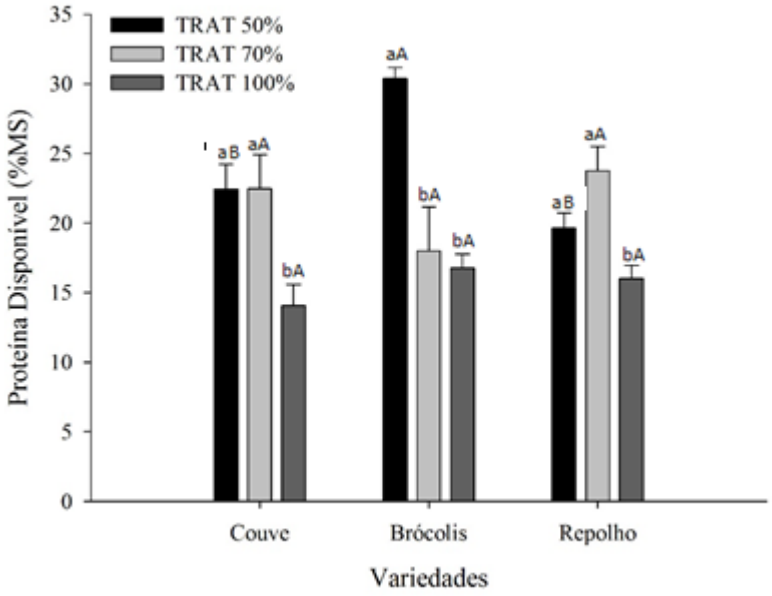

Figura 25 – Resultados médios de proteína disponível (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).

Os valores percentuais da quantidade de matéria mineral foram expressos também em em função da matéria (%MS) e encontram-se discriminados na Figura 26 e Tabela 4. Em couve o tratamento T50% resultou num maior valor para matéria mineral (15,11 ± 0,36% MS), seguido de T70% (11,45 ± 0,61% MS) e T100% (9,29 ± 0,36% MS), todos diferentes entre si. Em brócolis T50% (16,33 ± 0,23% MS) apresentou, em média, 42% mais matéria mineral do que T70% e 50% a mais do que T100%, estes com valores semelhantes (9,34 ± 0,59% MS e 8,08 ± 0,28% MS, respectivamente). Com o repolho não ocorreu diferença estatística nos diferentes índices de água no solo.

Considerando a interação tratamentos x variedades, em T50% ocorreu efeito do tratamento entre brócolis e repolho, com brócolis apresentando maior porcentual de material mineral, enquanto couve não diferiu de repolho e brócolis. Para T100% e T70% houve efeito entre as três variedades, sendo que repolho apresentou maior teor de matéria mineral, seguido de couve e brócolis.

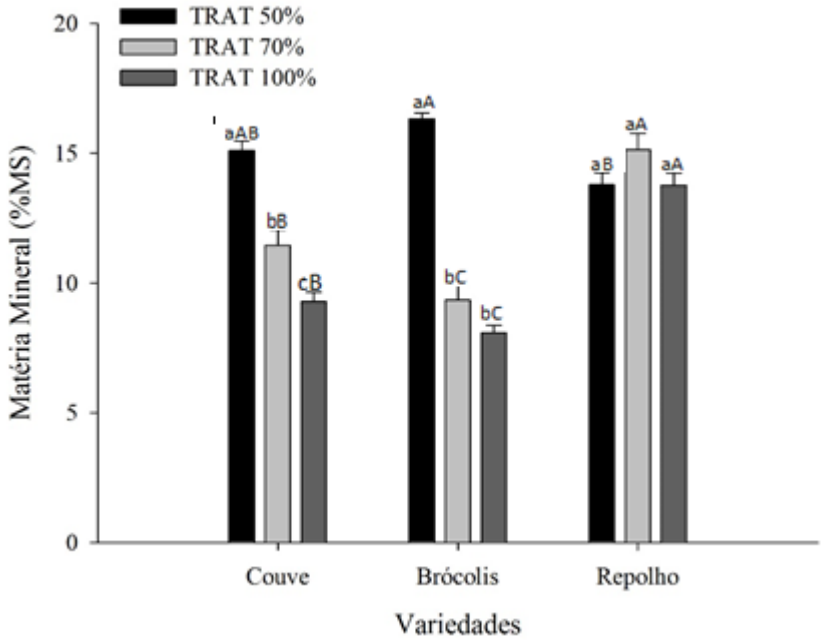

Figura 26 – Resultados médios de matéria mineral (%MS) em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Os valores médios para carboidratos totais quantificados em porcentagem de matéria seca (%MS) encontram-se expressos na Figura 27 e Tabela 4. Comparando-se os tratamentos na couve observa-se que não houve diferença estatística, sendo os valores de 64,86 ± 4,42% MS, 63,22 ± 1,69% MS e 71,92 ± 1,49% MS, respectivamente para T50%, T70% e T100%. Em brócolis os tratamentos diferiram, com T50% (48,45 ± 2,13% MS) apresentando 33% menos carboidratos totais que T70% (64,51 ± 1,95% MS), enquanto este foi 9% menor que T100% que produziu o maior porcentual, 70,96 ± 1,14% MS. No repolho, T50% e T100% tiveram comportamentos semelhantes, apresentando valores médios de 63,01 ± 1,19% MS e 65,42 ± 1,47% MS, respectivamente, enquanto T70% proporcionou a menor porcentagem de carboidratots totais (55,25 ± 1,48% MS).

Em relação à interação entre os tratamentos e variedades, T50% foi semelhante em couve e repolho, com brócolis tendo o menor teor de carboidratos totais dentre as variedades. Para T100% e T70% couve e brócolis foram semelhantes, diferindo de repolho que apresentou os menores valores para o parâmetro analisado.

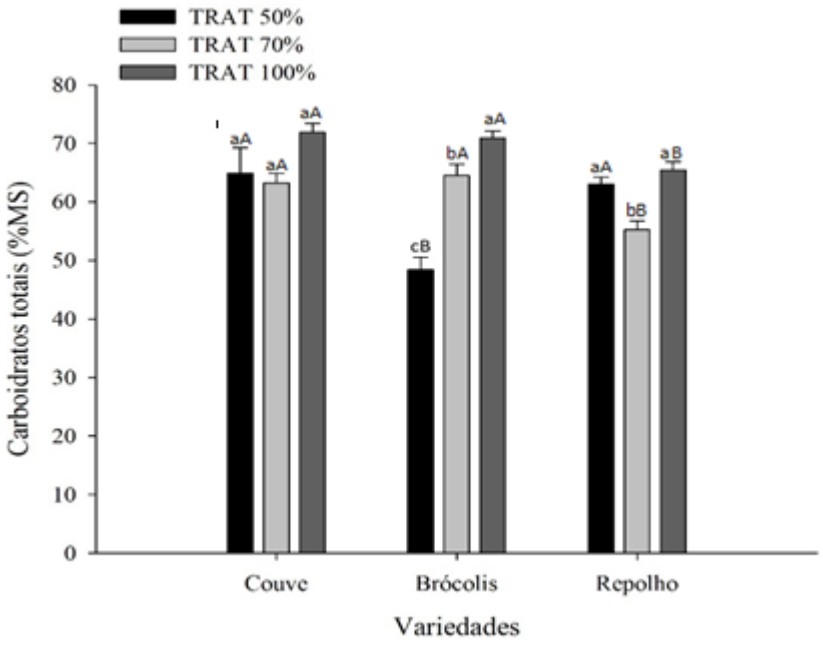

Figura 27 – Resultados médios da porcentagem de carboidratos totais em plantas de couve, brócolis e repolho submetidas a diferentes condições hídricas. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos na mesma variedade e maiúsculas entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey $P < 0,05$).

Tabela 4 – Resultados das análises bromatológicas de folhas de couve, brócolis e repolho.

		Tratamentos		
		T50%	T70%	T100%
Proteína Bruta (%MS)	Couve	[1]24,22 ± 1,50aB	24,03 ± 1,47aA	13,37 ± 0,96bC
	Brócolis	31,60 ± 2,07aA	25,50 ± 1,24bA	20,63 ± 0,77cA
	Repolho	20,10 ± 1,08bB	24,82 ± 1,34aA	17,48 ± 1,06bB
FDN (%MS)	Couve	28,02 ± 0,50abA	26,95 ± 0,53bA	29,78 ± 1,09aA
	Brócolis	24,71 ± 0,54aB	24,74 ± 1,64aA	25,60 ± 0,58aB
	Repolho	25,07 ± 0,54aB	26,72 ± 0,76aA	25,40 ± 1,16aB
FDA (%MS)	Couve	13,17 ± 0,43aA	14,49 ± 0,79aAB	14,04 ± 0,63aB
	Brócolis	9,99 ± 0,77bB	13,53 ±1,26aB	14,16 ± 0,52aB
	Repolho	12,73 ± 0,24bA	15,14 ± 0,73aA	16,26 ± 0,60aA
Hemicelulose (%MS)	Couve	15,24 ± 0,68 aA	12,43 ± 0,23 bA	14,71 ± 1,017 aA
	Brócolis	14,47 ± 0,82 aA	11,28 ± 0,85 bA	11,84 ± 0,37 bB
	Repolho	12,30 ± 0,67aB	11,15 ± 0,86aA	10,35 ± 0,56aB
Lipídeos (%MS)	Couve	4,24 ± 0,28aAB	3,55 ± 0,26aB	3,51 ± 0,34aA
	Brócolis	4,64 ± 0,21aA	3,96 ± 0,23abB	3,56 ± 0,17bA
	Repolho	3,54 ± 0,25bB	5,92 ± 0,31aA	3,66 ± 0,24bA
Cerosidade (%)	Couve	0,027 ± 0,006aA	0,030 ± 0,0167aA	0,034 ± 0,003aA
	Brócolis	0,028 ± 0,0001aA	0,018 ± 0,00008bA	0,024 ± 0,001aA
	Repolho	0,024 ± 0,007aA	0,034 ± 0,0061aA	0,040 ± 0,013aA
Proteína FDN (%MS)	Couve	1,70 ± 0,16aB	1,86 ± 0,11aA	1,02 ± 0,15bB
	Brócolis	3,09 ± 0,25aA	0,73 ± 0,21bC	1,26 ± 0,18bA
	Repolho	0,93 ± 0,05bC	1,28 ± 0,16aB	0,78 ± 0,07bC
Proteína FDA (%MS)	Couve	0,087 ± 0,01bA	0,18 ± 0,02aA	0,11 ± 0,01bA
	Brócolis	0,08 ± 0,01aA	0,09 ± 0,02aB	0,12 ± 0,03aA
	Repolho	0,07 ± 0,01bA	0,10 ± 0,01abB	0,14 ± 0,02aA
Proteína Disponível(%MS)	Couve	22,44 ± 1,77aB	22,46 ± 2,44aA	14,06 ± 1,53bA
	Brócolis	30,36 ± 0,79aA	18,00 ± 3,15bA	16,76 ± 1,01bA
	Repolho	19,62 ± 1,10aB	23,74 ± 1,75aA	16,02 ± 0,95bA
Material Mineral (%MS)	Couve	15,11 ± 0.36aAB	11,45 ± 0,61bB	9,29 ± 0,36cB
	Brócolis	16,33 ± 0,23aA	9,34 ± 0,59bC	8,08 ± 0,28bC
	Repolho	13,78 ± 0,47aB	15,15 ± 0,62aA	13,77 ± 0,47aA
Carboidratos totais (%MS)	Couve	64,86 ± 4,42aA	63,22 ± 1,69aA	71,92 ± 1,49aA
	Brócolis	48,45 ± 2,13cB	64,51 ± 1,95bA	70,96 ± 1,14aA
	Repolho	63,01 ± 1,19aA	55,25 ± 1,48bB	65,42 ± 1,47aB

[1]Médias ± erro padrão seguidas de mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Porcentagem em Matéria seca (%MS), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Proteína FDN (Proteína ligada ao Detergente Neutro), Proteína FDA (Proteína ligada ao Detergente Ácido).

5.3. Aspectos biológicos de *Plutella xylostella* em laboratório.

5.3.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*.

Os resultados médios relativos aos parâmetros biológicos de *P. xylostella*, cujas larvas foram alimentadas com folhas de couve, brócolis e repolho cultivados em diferentes condições hídricas encontram-se na Tabela 5, 6 e 7.

O consumo foliar (Tabela 5) pelas lagartas mostra que as larvas consumiram áreas foliares semelhantes nas três condições hídricas (T50%, T70% e T100%), com o consumo variando de 3,05 ± 0,41 a 4,50 ± 0,66 cm^2 em couve, 1,46 ± 0,27 a 2,99 ± 0,29 cm^2 em brócolis e 1,84 ± 0,51 a 2,77 ± 0,33 cm^2 em repolho. Quando se compara as variedades nos diferentes índices de água no solo, verifica-se que apenas em T50% houve diferença entre elas, com a couve mostrando maior índice de consumo (3,36 ± 0,44 cm^2) em relação a brócolis (1,46 ± 0,27 cm^2) e a repolho (2,14 ± 0,21 cm^2).

No período larval (Tabela 5) somente foi observada alteração na couve, sendo maior em T50% (7,6 ± 0,40 dias) e menores em T70% (6,61 ± 0,09 dias) e T100% (6,75 ± 0,14 dias). Dentro dos três níveis hídricos houve diferença entre as variedades, com o período larval mais longo no repolho e no brócolis em T70% (8,93 ± 0,33 e 9,04 ± 0,65 dias) e em T100% (10,35 ± 0,88 e 7,39 ± 0,16 dias). A viabilidade das larvas (Tabela 5) somente teve alteração no repolho, com significativo aumento em T50% (84,00 ± 4,00%) contra 52,00 ± 10,67% e 76,00 ± 10,29% para T70% e T100%.

O peso de pupas, período pupal e viabilidade de pupas (Tabela 6) não mostraram qualquer reflexo significativo provocado pelos diferentes índices de água no solo nas três variedades, sendo que apenas para o período pupal em T50% e para a viabilidade de pupas em T100% as variedades comportaram-se diferentemente. Nesses casos, em T50% o período pupal em repolho (3,14 ± 0,24 dias) foi maior que em couve e brócolis (4,29 ± 0,24 e 4,02 ± 0,18 dias), e em T100%, a viabilidade pupal foi significativamente menor em repolho (58,00 ± 8,60%) e couve (48,00 ± 8,60%), sendo 84,0 ± 2,44% em brócolis.

Na Tabela 7 encontram-se os resultados para razão sexual, número de ovos por fêmea, viabilidade de ovos, longevidade de fêmeas e longevidade de machos de *P. xylostella*, cujas larvas foram criadas em couve, brócolis e repolho cultivados nas diferentes condições hídricas. Desses parâmetros apenas o número de ovos por fêmea na variedade de couve foi influenciado pelas condições hídricas de cultivo das plantas, com as fêmeas colocando 218,60 ± 20,71 ovos em T100%, 187,60 ± 23,79 em T50% e 65,80 ± 8,16 em T70%. Comparando-se as variedades dentro dos níveis de água no solo, verifica-se também que o parâmetro ovos por

fêmea foi afetado, com a couve proporcionando maior valor em T50% (187,60 ± 23,79) e T100% (218,60 ± 20,71), enquanto brócolis (186,10 ± 26,34) e repolho (159,50 ± 24,19) se destacaram em T70%. Ainda, nota-se uma pequena redução na viabilidade de ovos em repolho (81,80 ± 3,10%) quando se compara com couve (95,20 ± 2,59%) e brócolis (94,20 ± 2,63%) em T70%.

Tabela 5 - Consumo foliar (cm^2), período larval (dias) e viabilidade larval (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
		T50%	**T70%**	**T100%**
Consumo foliar (cm^2)	Couve	[1]3,36 ± 0,44aA	3,05 ± 0,41aA	4,50 ± 0,66aA
	Brócolis	1,46 ± 0,27aB	2,99 ± 0,29aA	2,49 ± 0,69aA
	Repolho	2,14 ± 0,21aB	1,84 ± 0,51aA	2,77 ± 0,33aA
Período Larval (dias)	Couve	7,60 ± 0,40aB	6,61 ± 0,09bB	6,75 ± 0,14bB
	Brócolis	8,14 ± 0,65aAB	9,04 ± 0,65aA	7,39 ± 0,16aB
	Repolho	9,80 ± 0,57aA	8,93 ± 0,33aA	10,35 ± 0,88aA
Viabilidade Larval (%)	Couve	78,00 ± 6,63aA	74,00 ± 8,12aA	54,00 ± 9,27aA
	Brócolis	48,00 ± 14,60aA	80,00 ± 17,60aA	66,00 ± 5,09aA
	Repolho	84,00 ± 4,00aA	52,00 ± 10,67bA	76,00 ±10,29abA

[1]Médias ± erro padrão seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Tabela 6 - Peso de pupa (mg), período pupal (dias) e viabilidade pupal (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
		T50%	**T70%**	**T100%**
Peso de Pupa (mg)	Couve	[1]4,80 ± 0,37aA	5,51 ± 0,28aA	6,12 ± 0,32aA
	Brócolis	6,09 ± 0,71aA	5,87 ± 0,48aA	6,01 ± 0,11aA
	Repolho	5,07 ± 0,49aA	5,48 ± 0,28aA	5,93 ± 0,40aA
Período Pupal (dias)	Couve	4,29 ± 0,24aA	3,66 ± 0,18aA	3,60 ± 0,24aA
	Brócolis	4,02 ± 0,18aA	3,74 ± 0,26aA	3,68 ± 0,35aA
	Repolho	3,14 ± 0,24aB	4,19 ± 0,51aA	4,22 ± 0,20aA
Viabilidade Pupal (%)	Couve	72,0 ± 3,74aA	74,0 ± 8,71aA	48,0 ± 8,60aB
	Brócolis	44,0 ± 15,03aA	74,0 ± 16,91aA	84,0 ± 2,44aA
	Repolho	72,0 ± 5,83aA	48,00 ± 10,19aA	58,0 ± 8,60aB

[1]Médias ± erro padrão seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Tabela 7 - Razão sexual, número de ovos/fêmea, viabilidade dos ovos, longevidade de fêmeas e de machos (dias) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
		T50%	**T70%**	**T100%**
Razão Sexual	Couve	[1]0,36 ± 0,06aA	0,42 ± 0,06aA	0,57 ± 0,06aA
	Brócolis	0,50 ± 0,13aA	0,50 ± 0,12aA	0,40 ± 0,11aA
	Repolho	0,31 ± 0,10aA	0,44 ± 0,14aA	0,40 ± 0,11aA
Ovos/Fêmea	Couve	187,60 ± 23,79aA	65,80 ± 8,16bB	218,60 ± 20,71aA
	Brócolis	124,40 ± 11,87aB	186,10 ± 26,34aA	178,60 ± 21,07aAB
	Repolho	110,20 ± 14,65aB	159,50 ± 24,19aA	143,50 ± 18,66aB
Viabilidade de ovos	Couve	89,00 ± 3,34aA	95,20 ± 2,59aA	97,40 ± 1,28aA
	Brócolis	91,60 ± 3,07aA	94,20 ± 2,63aA	91,50 ± 4,66aA
	Repolho	78,00 ± 6,89aA	81,80 ± 3,10aB	84,00 ± 8,20aA
Longevidade Fêmea	Couve	10,30 ± 0,88aB	9,40 ± 1,26aA	9,20 ± 9,40aA
	Brócolis	10,00 ± 0,69aB	9,11 ± 1,63aA	10,70 ± 1,70aA
	Repolho	14,70 ± 1,34aA	11,83 ± 1,13aA	12,20 ± 1,41aA
Longevidade Macho	Couve	11,30 ± 1,47aA	11,50 ± 1,28aA	10,10 ± 1,55aA
	Brócolis	15,80 ± 1,37aA	11,80 ± 2,26aA	10,20 ± 1,10aA
	Repolho	15,00 ± 1,15aA	12,60 ± 0,84aA	14,20 ± 0,72aA

[1]Médias ± erro padrão seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

5.3.2. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella*.

O período reprodutivo de *P. xylostella* na variedade de couve variou entre 10 a 25 dias, iniciando com 10 dias de idade nos tratamentos T70% e T100%, e com 12 dias em T50% (Figura 28).

A curva de sobrevivência (lx) observada para *P. xylostella* em T50% foi do tipo 2, indicando que a taxa de mortalidade foi constante ao longo do tempo, morrendo proporcionalmente menor número de indivíduos com o decorrer do tempo. Em T70% e T100% a curva foi do tipo 1, mostrando alta sobrevivência no início de vida e mortalidade acentuada posteriormente, com a mortalidade sendo mais relevante com cerca de 18 dias. A fecundidade máxima (mx) observada em T50% ocorreu entre o 16º e o 18° dia, enquanto que em T70% ocorreu no 13° dia, com T100% provocando um primeiro pico no 12° dia e outro segundo entre o 16° e o 17º dia (Figura 28).

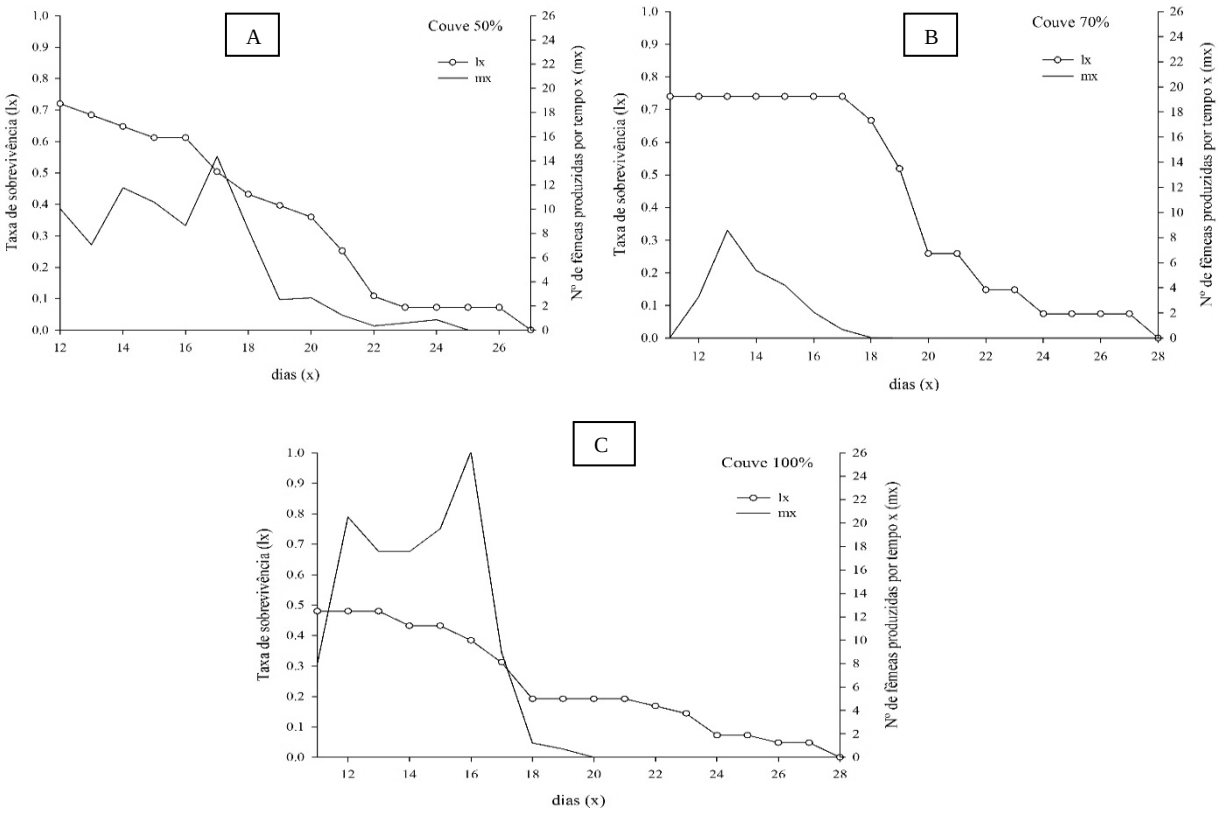

Figura 28 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx), em couve.

Na variedade de brócolis, o período reprodutivo de *P. xylostella* variou entre 10 e 12 dias, com curva de sobrevivência (lx) observada para os tratamentos T50% e T70% do tipo 1, evidenciando mortalidade mais relevante com 20 e 19 dias, respectivamente. Em T100%, a curva foi do tipo 2, indicando taxa de mortalidade constante no tempo. As fecundidades máximas (mx) observadas em T50% e T100% foram no primeiro e segundo dia de oviposição, respectivamente, mas com um segundo pico, menos expressivo, no 15º dia para T50% e no 17º dia para T100%, enquanto que para T70% o pico de oviposição foi entre o 13º e 15º dia (Figura 29).

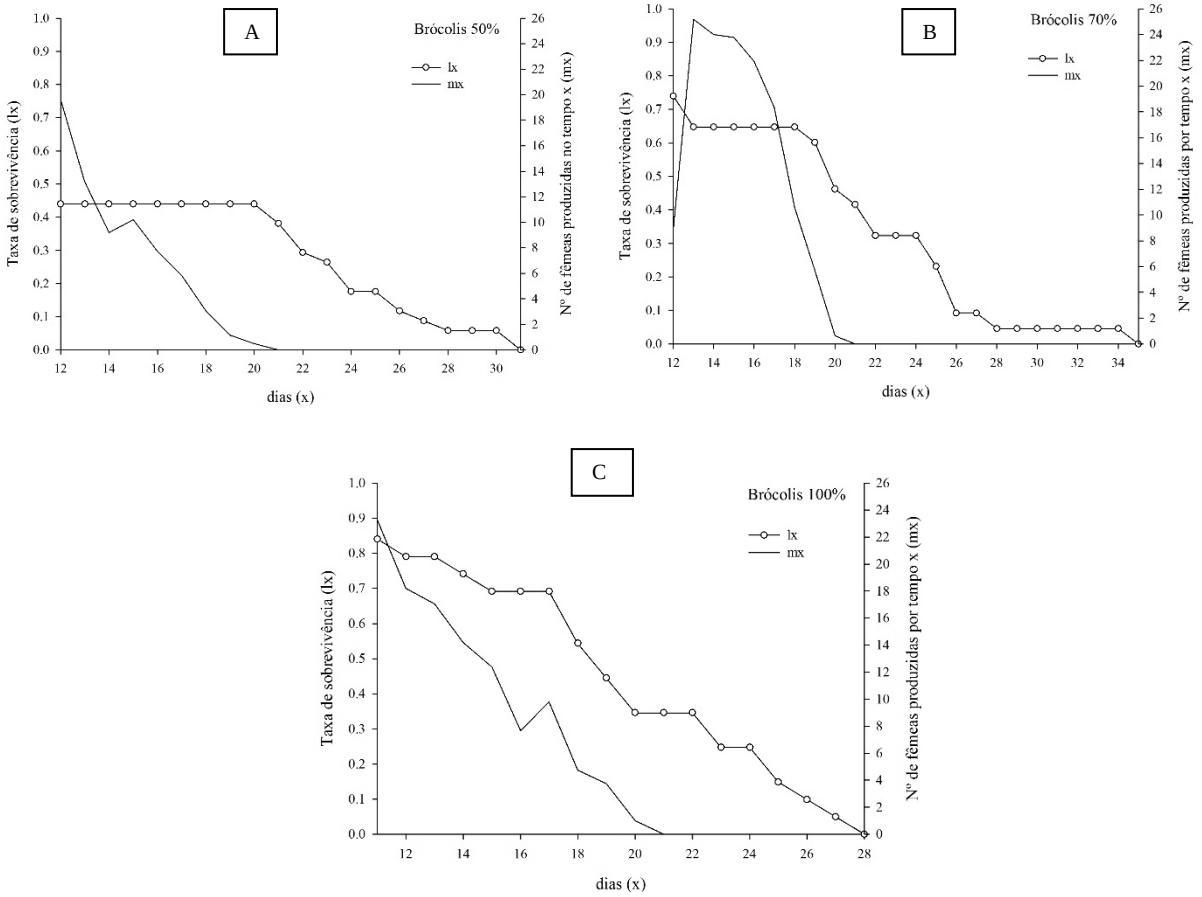

Figura 29 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em brócolis.

O período reprodutivo de *P. xylostella* na variedade de repolho foi de 12 dias nos três tratamentos (T50%, T70% e T100%), com curvas de sobrevivência (lx) do tipo 1, o que indica alta sobrevivência no início de vida e mortalidade acentuada posteriormente, sendo relevante com cerca de 19, 21 e 22 dias, respectivamente. A fecundidade máxima (mx) observada ocorreu em T50% no primeiro dia de oviposição (12° dia), com um segundo pico no 16° dia de vida da fêmea e um terceiro, menos expressivo no 20° dia (Figura 30).

Em T70% a fecundidade máxima ocorreu nos dois primeiros dias de oviposição, enquanto que em T100% ocorreram 3 picos, sendo o primeiro pico de oviposição já no primeiro dia da fase adulta (14º dia), o segundo no 17° dia e um terceiro, menos expressivo, no 20° dia (Figura 30).

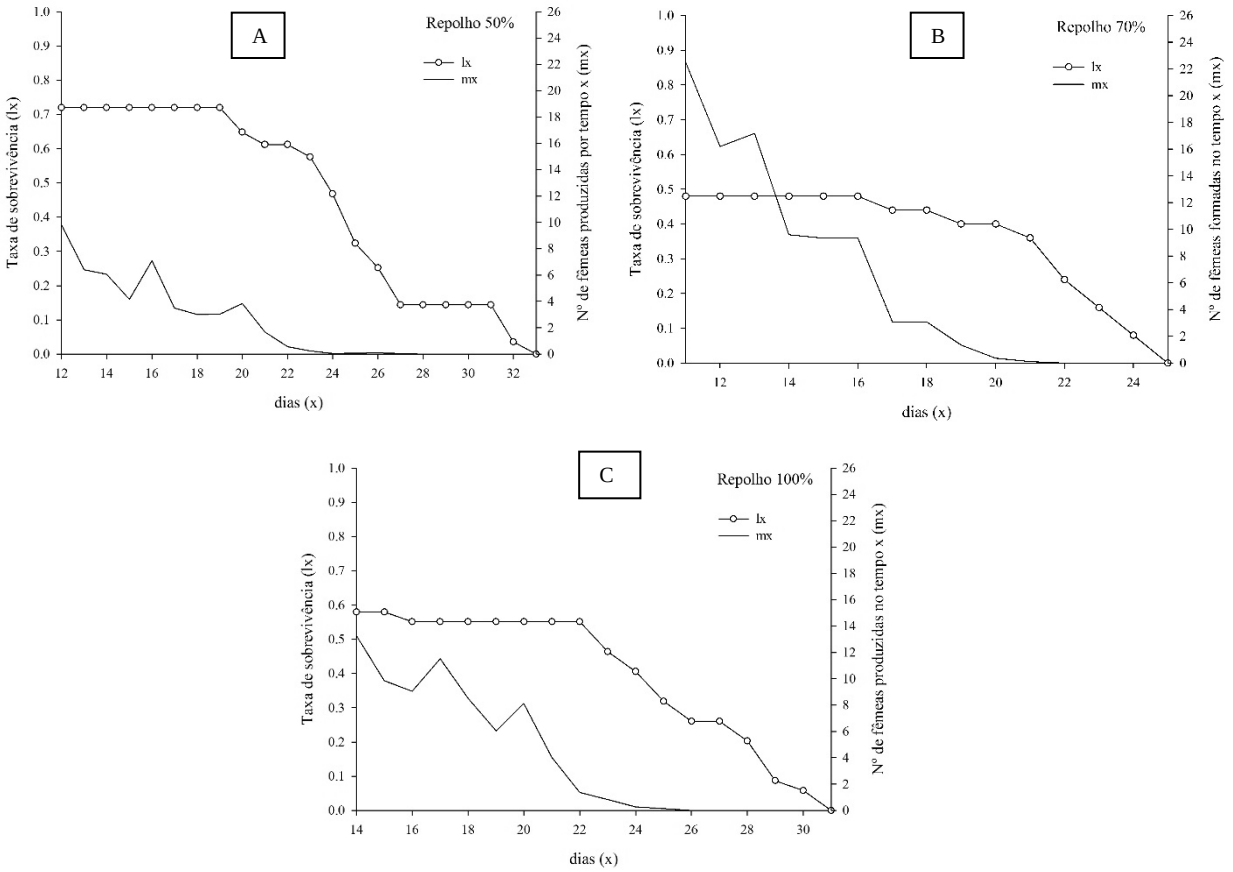

Figura 30 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em repolho.

As taxas líquidas de aumento populacional (R_0) observadas para couve foram semelhantes para T50% e T100% (58,1 e 60,8), sendo, em média, 68% maiores do que a taxa gerada em T70% (18,7). Para brócolis, o tratamento T50% (25,6) resultou numa taxa líquida de reprodução, em média 65%, menor do que em T70% e T100%, com estes dois últimos semelhantes (68,8, e 76,1, respectivamente). Na variedade de repolho a taxa líquida de reprodução em T50% foi 25,4, sendo, em média, 25% menor do que as taxas em T70% e T100%, que foram semelhantes (34,0 e 36,8, respectivamente) (Tabela 8).

Diferenças foram observadas quando se compara o efeito dos tratamentos entre as variedades, com maior valor de R_0 em couve, comparado a brócolis e repolho que não diferiram entre si. Em T70% as três cultivares tiveram comportamentos diferentes, com o maior efeito na variedade de brócolis e o menor em couve. Para T100% não foi observado efeito entre as variedades de couve e de brócolis, porém, o repolho apresentou menor valor de taxa líquida de reprodução (Tabela 8).

A taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) na variedade de couve foi significativamente diferente entre os tratamentos, resultando num maior valor em T100% (0,36), seguido de T50% (0,31), sendo em T70% a menor r_m (0,24). Para brócolis os menores valores foram encontrados em T50% e T70%, semelhantes entre si, com respectivos valores de 0,28 e 0,34, sendo o maior em T100% (0,36) (Tabela 8). No repolho, o maior valor de r_m foi em T70% (0,29), seguido de T100% (0,24), sendo o menor em T100% (0,24), todos diferentes estatisticamente (Tabela 8).

Comparando-se a interação tratamentos e variedades, observou-se efeito de T50% em couve, o que resultou em maior valor de r_m, seguido de brócolis, com repolho proporcionando o menor valor. Em T70% o efeito do tratamento levou a um menor valor de r_m em couve, e maior em brócolis. Para o tratamento T100%, embora o valor de r_m tenha sido semelhante em couve e brócolis, observou-se efeito significativo na variedade repolho, resultando na menor taxa intrínseca de crescimento (Tabela 8).

A razão finita de aumento populacional (λ), que é o fator de multiplicação da população original a cada intervalo unitário de tempo, na variedade de couve T100% foi maior (1,43), seguido de T50% (1,37) e T70% (1,28). Para brócolis, T70% e T100% foram semelhantes (1,40 e 1,44), sendo em média 6% maiores do que o encontrado em T50% (1,32). Para a variedade de repolho o maior valor de λ foi obtido foi em T70% (1,34), seguido de T100% (1,28) e de T50% (1,26) (Tabela 8).

O intervalo médio de uma geração (T), ou seja, a duração média do período entre o nascimento dos indivíduos de uma geração e da geração seguinte, foi significativo entre os tratamentos para a couve, com maior valor em T50% (12,9 dias), seguido de T70% (11,9 dias) e T100% (11,5 dias) (Tabela 8). Em brócolis não foi constatada diferença estatística entre os tratamentos, enquanto no repolho T50% e T100% não diferiram entre si (14,20 e 14,70 dias, respectivamente), sendo seus intervalos (T) em média 17% maiores do que o obtido no tratamento T70% (11,90 dias) (Tabela 8).

Comparando a interação tratamento x variedade, T50% resultou em maior valor para T em couve, seguido de repolho e em brócolis; T70% não houve diferença estatística, enquanto em T100% ocorreu efeito do tratamento em repolho, o que proporcionou maior valor T, em relação a couve e brócolis, semelhantes entre si (Tabela 8).

Para o TD, que é o tempo necessário para que a população duplique em número de indivíduos, na variedade de couve todos os tratamentos diferiram estatisticamente, com maior TD em T70% (2,80 dias), seguido de T50% (2,20 dias) e T100% (1,91 dias) (Tabela 8).Em brócolis, T50% e T100% resultaram em TDs semelhantes (2,50 e 2,04 dias, respectivamente),

enquanto em T70% esse período foi menor (1,91 dias), diferindo dos outros dois. Em repolho, os TDs em T50% e T100% foram semelhantes (3,04 e 2,80 dias) e maiores do que o encontrado em T70% (2,35) (Tabela 8).

Tabela 8 - Parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
		T50%	**T70%**	**T100%**
R_0	Couve	[1]58,10 (41,41-74,74) aA	18,70 (12,48-24,93) bC	60,80 (47,80-73,90) aA
	Brócolis	25,6 (17,87-33,48) bB	68,8 (46,37-91,34) aA	76,1 (55,85-96,34) aA
	Repolho	25,4 (17,73-33,09) bB	34,0 (20,20-47,87) aB	36,8 (26,00-47,76) aB
r_m	Couve	0,31 (0,27-0,34) bA	0,24 (0,20-0,28) cC	0,36 (0,34-0,36) aA
	Brócolis	0,28 (0,24-0,31) bB	0,34 (0,30-0,36) bA	0,36 (0,34-0,37) aA
	Repolho	0,23 (0,20-0,25 cC	0,29 (0,24-0,34) aB	0,24 (0,22-0,26) bB
λ	Couve	1,37 (1,32-1,41) bA	1,28 (1,23-1,32) cB	1,43 (1,41-1,44) aA
	Brócolis	1,32 (1,27-1,36) bA	1,40 (1,36-1,44) aA	1,44 (1,41-1,45) aA
	Repolho	1,26 (1,22-1,28) cB	1,34 (1,28-1,40) aC	1,28 (1,24-1,30) bB
T	Couve	12,9 (11,94-14,01) aB	11,9 (11,40-12,50) bA	11,5 (11,27-11,77) cB
	Brócolis	11,71 (10,78-12,64) aC	12,49 (12,01-12,97) aA	11,95 (11,40-12,54) aB
	Repolho	14,20 (13,02-15,47) aA	11,90 (10,98-12,94) bA	14,70 (14,00-15,56) aA
TD	Couve	2,20 (1,96-2,45) bA	2,80 (2,36-3,24) aA	1,90 (1,87-2,01) bA
	Brócolis	2,50 (2,19-2,79) aA	2,04 (1,85-2,22) aB	1,91 (1,83-1,98) bA
	Repolho	3,04 (2,72-3,35) aB	2,35 (1,96-2,70) bB	2,80 (2,55-3,10) aB

[1]Médias (Intervalo de Confiança). Letras minúsculas indicam diferença entre os tratamentos. Letras maiúsculas indicam diferença entre as variedades. As médias foram comparadas aos pares pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

R_o - taxa líquida de aumento populacional; r_m – taxa intrínseca de aumento populacional; λ - razão finita de aumento; T – tempo médio de uma geração; TD – tempo para a população duplicar em número.

5.4. Aspectos biológicos de *Plutella xylostella* em casa de vegetação.

5.4.1. Biologia comparada de *Plutella xylostella*.

Os resultados médios relativos aos parâmetros biológicos de *P. xylostella*, cujas larvas foram alimentadas com folhas de couve, brócolis e repolho cultivados em diferentes condições hídricas encontram-se na Tabela 9, 10 e 11.

Não ocorreu diferença significativa no consumo foliar com as variedades de couve, brócolis e repolhos, bem como entre as variedades nas três condições hídricas trabalhadas, com índices de consumo foliar variando de 2,19 ± 0,14 a 2,71 ± 0,16 cm^2 (Tabela 9).

O período larval na variedade de couve foi menor em T50% e T70% (12,80 ± 0,84 e 12,4 ± 0,26 dias, respectivamente), comparado com T100% onde ala lagartas demoraram 15,17 ± 0,23 dias para atingirem a fase de pupa (Tabela 9). Em brócolis, os menores períodos larvais foram em T50% e T70% (10,80 ± 0,13 e 11,44 ± 0,35 dias), diferindo de T100% que foi de 13,19 ± 0,59 dias. Com repolho, T50% resultou em período larval mais curto (14,80 ± 0,09 dias) comparado com T70% com (15,9 ± 0,75 dias), enquanto T100% foi semelhante aos demais, com período larval de 14,89 ± 0,72 dias (Tabela 9).

Quanto a viabilidade das lagartas, na variedade de brócolis ocorreu maior porcentagem de indivíduos viáveis em T100% (62,24%), comparado a T50% e T70%, que não diferiram entre si, proporcionando 44,00 % e 53,33 % de viabilidade larval, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 - Consumo foliar (cm^2), período larval (dias) e viabilidade larval (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
		T50%	**T70%**	**T100%**
Consumo foliar	Couve	[1]2,50 ± 0,29aA	2,57 ± 0,11aA	2,68 ± 0,20aA
	Brócolis	2,19 ± 0,14aA	2,33 ± 0,05aA	2,71 ± 0,16aA
	Repolho	2,26 ± 0,22aA	2,42 ± 0,08aA	2,33 ± 0,08aA
Período larval	Couve	12,80 ± 0,84bB	12,4 ± 0,26bB	15,17 ± 0,23aA
	Brócolis	10,80 ± 0,13bC	11,44 ± 0,35bB	13,19 ± 0,59aA
	Repolho	14,80 ± 0,09bA	15,9 ± 0,75aA	14,89 ± 0,72abA
Viabilidade larval	Couve	66,3 ± 3,01aA	62,2 ± 9,18aA	48,0 ± 2,0aA
	Brócolis	47,0 ± 2,0bB	46,0 ± 2,91bAB	65,3 ± 3,95aA
	Repolho	44,0 ± 2,44bB	53,53 ± 4,54abB	62,24 ± 5,97aA

[1]Médias ± erro padrão seguidas de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

O peso de pupas de *P. xylostella* em couve não diferiu entre os tratamentos. Em brócolis o maior peso de pupas foi em T70% (7,40 ± 0,18 mg) e o menor peso foi T100% (6,50 ± 0,15 mg), sendo que T50% não diferiu de T70% e T100%, (7,00 ± 0,18 mg para o parâmetro. Na variedade de repolho os tratamentos diferiram, com maior peso pupal em

T70% (7,8 ± 0,15 mg), seguido por T50% (7,11 ± 0,12 mg), enquanto T100% resultou no menor peso de pupas (6,42 ± 0,14 mg) (Tabela 10).

Quando se compara a interação tratamentos e variedades, verifica-se que T50% em couve proporcionou maior peso de pupas e brócolis o menor, enquanto que a variedade repolho foi semelhante à couve e repolho. Em T70% a couve resultou em menor peso de pupas, enquanto repolho proporcionou o maior peso pupal, enquanto em brócolis foi semelhante à couve e repolho. Para T100% não houve diferença estatística (Tabela 10).

A duração do período pupal foi semelhante entre os tratamentos na couve, sendo que em brócolis o período pupal foi semelhante em T50% e T70% (4,85 ± 0,21 dias e 4,75 ± 0,26 dias, respectivamente), e mais longo do que o período encontrado em T100% (3,72 ± 0,22 dias). Para a variedade de repolho, o período mais longo da fase pupal foi em T70% (4,90 ± 0,2 dias) diferindo de T100% que resultou no menor período pupal (3,90 ± 0,39 dias) (Tabela 10).

A interação tratamentos e variedade para T50% levou a um período mais longo na couve e mais curto em brócolis, sendo no repolho semelhante aos dois. Em T70%, couve e brócolis foram semelhantes, diferindo significativamente do repolho que proporcionou período pupal mais longo (Tabela 10).

A viabilidade das pupas em couve foi maior em T50% com (62,20 ± 5,33%) e menor em T100% com (44,00 ± 4,84%), com T70% (57,10 ± 10,33%) semelhante a T50% e T100%. Na variedade de brócolis T50% (47,00 ± 2,00%) e T70% (44,00 ± 2,91%) foram semelhantes e menores do que a viabilidade encontrada T100% (60,20 ± 3,72%). Em repolho não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 10).

A interação tratamentos e variedades no parâmetro biológico viabilidade pupal em T50% resultou em uma maior viabilidade em couve (62,20 ± 5,53%), com brócolis e repolho apresentando valores entre 44,0 e 47,0%. Na condição hídrica T70% repetiu-se o resultado de T50% com couve, brócolis e repolho mostrando, respectivamente, 57,10 ± 10,33%, 44,00 ± 2,99% e 50,50 ± 7,10%. Em T100% não houve efeito dos diferentes níveis de água nas variedades (Tabela 10).

Tabela 10 - Peso de pupa (mg), período pupal (dias) e viabilidade pupal (%) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
		T50%	**T70%**	**T100%**
Peso de Pupa	Couve	[1]7,75 ± 0,26aA	6,70 ± 0,37aB	6,60 ± 0,18aA
	Brócolis	7,00 ± 0,18abA	7,40 ± 0,18aAB	6,50 ± 0,15bA
	Repolho	7,11 ± 0,12bA	7,8 ± 0,15aA	6,42 ± 0,14cA
Período pupal	Couve	5,70 ± 0,90a A	3,90 ± 0,66aB	3,60 ± 0,52aA
	Brócolis	4,85 ± 0,21aB	4,75 ± 0,26aAB	3,72 ± 0,22bA
	Repolho	4,30 ± 0,28abAB	4,90 ± 0,20aA	3,90 ± 0,39bA
Viabilidade pupal	Couve	62,2 ± 5,33aA	57,10 ± 10,33abA	44,00 ± 4,84bA
	Brócolis	47,00 ± 2,00bB	44,00 ± 2,91bB	60,20 ± 3,77aA
	Repolho	44,00 ± 2,44aB	50,50 ± 7,11aAB	60,25 ± 5,58aA

[1]Médias ± erro padrão seguidas de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A razão sexual apresentou diferença estatística apenas quando comparado o efeito do tratamento nas variedades em T70%, tendo o número de fêmeas sido maior em couve (0,56 ± 0,05), diferindo de brócolis (0,55 ± 0,06) e repolho (0,40 ± 0,04) que foram semelhantes entre si (Tabela 11).

A quantidade de ovos por fêmea diferiu apenas quando comparado o efeito do tratamento T100% sobre as variedades, encontrando-se um maior número de ovos em repolho (90,00 ± 11,63) quando comparado a brócolis (38,00 ± 9,37) e couve (64,80 ± 11,63), esta estatisticamente semelhante tanto à couve como ao repolho (Tabela 11).

A viabilidade dos ovos de *P. xylostella* nos 3 primeiros dias de oviposição foi semelhante quando se compara os tratamentos dentro de uma mesma variedade. Porém, quando comparado o efeito do tratamento T100% entre as variedades observa-se valores maiores em couve 98,66 ± 0,33%) e brócolis (96,00 ± 0,57%) (Tabela 11).

A longevidade das fêmeas foi semelhante nos três níveis de condição hídrica do solo, para couve, brócolis e repolho. Quando se analisa as variedades dentro dos níveis de condição hídrica verifica-se que em T70% não ocorreu diferença dentro das variedades, enquanto em T50% e T70% no repolho as fêmeas de *P. xylostella* viveram mais, sendo 13,30 ± 1,08 dias e 14,60 ± 0,90 dias, respectivamente, com os menores valores ocorrendo em couve (9,12 ± 1,11 dias) e brócolis (8,80 ± 0,93 dias) (Tabela 11).

Quanto à longevidade de machos, na couve e no brócolis as condições hídricas do solo provocaram alterações no período de vida dos machos, sendo 8,80 ± 1,06 dias em T70%, 12,90 ± 1,34% em T100% e 15,10 ± 2,15 dias em T50% para couve, enquanto que para brócolis foram 9,30 ± 0,96 dias (T100%), 11,50 ± 1,07 dias (T70%) e 14, 50 ± 1,34 dias (T50%). Para o repolho não ocorreu diferença entre os três níveis de água testados. Foi

verificado também que, dentro de um mesmo nível de quantidade de água no solo, não houve diferença entre as cultivares (Tabela 11).

Tabela 11 - Razão sexual, número de ovos/fêmea, longevidade de fêmeas e de machos (dias) de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
		T50%	**T70%**	**T100%**
Razão sexual	Couve	[1]0,43 ± 0,06aA	0,56 ± 0,05aA	0,35 ± 0,07aA
	Brócolis	0,36 ± 0,10aA	0,55 ± 0,06aAB	0,37 ± 0,06aA
	Repolho	0,40 ± 0,05aA	0,40 ± 0,045aB	0,38 ± 0,07aA
Ovos/Fêmea	Couve	48,20 ± 10,96aA	53,50 ± 12,27aA	64,80 ± 11,63aAB
	Brócolis	39,20 ± 7,54aA	55,10 ± 15,22aA	38,00 ± 9,37aB
	Repolho	64,80 ± 17,28aA	91,70 ± 5,62aA	90,00 ± 3,57aA
Viabilidade de ovos	Couve	94,33 ± 1,76aA	94,00 ± 0,57aA	98,66 ± 0,33aAB
	Brócolis	98,00 ± 1,00aA	92,33 ± 5,36aA	96,00 ± 0,57aB
	Repolho	90,66 ± 4,33aA	94,66 ± 1,85aA	89,33 ± 3,52aA
Longevidade de fêmeas	Couve	9,12 ± 1,11aA	10,33 ± 1,43aA	10,40 ± 0,73aB
	Brócolis	10,8 ± 1,39aAB	10,80 ± 1,52aA	8,80 ± 0,93aB
	Repolho	13,3 ± 1,08aB	11,80 ± 1,58aA	14,60 ± 0,9aA
Longevidade de machos	Couve	15,10 ± 2,15aA	8,80 ± 1,06bA	12,90 ± 1,34abA
	Brócolis	14,50 ± 1,34aA	11,50 ± 1,07abA	9,30 ± 0,96bA
	Repolho	13,10 ± 1,42aA	11,20 ± 1,52aA	9,40 ± 1,10aA

[1]Médias ± erro padrão seguidas de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.4.2. Tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella*.

O período reprodutivo de *P. xylostella* na variedade couve variou entre 8 a 14 dias, iniciando aos 18, 17 e 20 dias de idade das fêmeas nas condições hídricas T50%, T70% e T100%, respectivamente. A curva de sobrevivência (lx) observada para *P. xylostella* em T50% foi do tipo 2, indicando ser a taxa de mortalidade constante ao longo do tempo. Em T70% a curva foi do tipo 1, com mortalidade acentuada após o 23º dia de vida, enquanto para T100% a curva de sobrevivência voltou a ser do tipo 2, havendo próximo ao 6º dia uma redução na mortalidade (Figura 31).

A fecundidade máxima (mx) observada ocorreu entre o 18º e o 19º dia em couve e na condição T50%, enquanto que em T70% ocorreu 5 picos de fertilidade, sendo que os mais expressivos aconteceram no 13° dia e entre o 20º e 22º dia. Para T100% a máxima fecundidade foi no primeiro dia de oviposição (20º dia) (Figura 31).

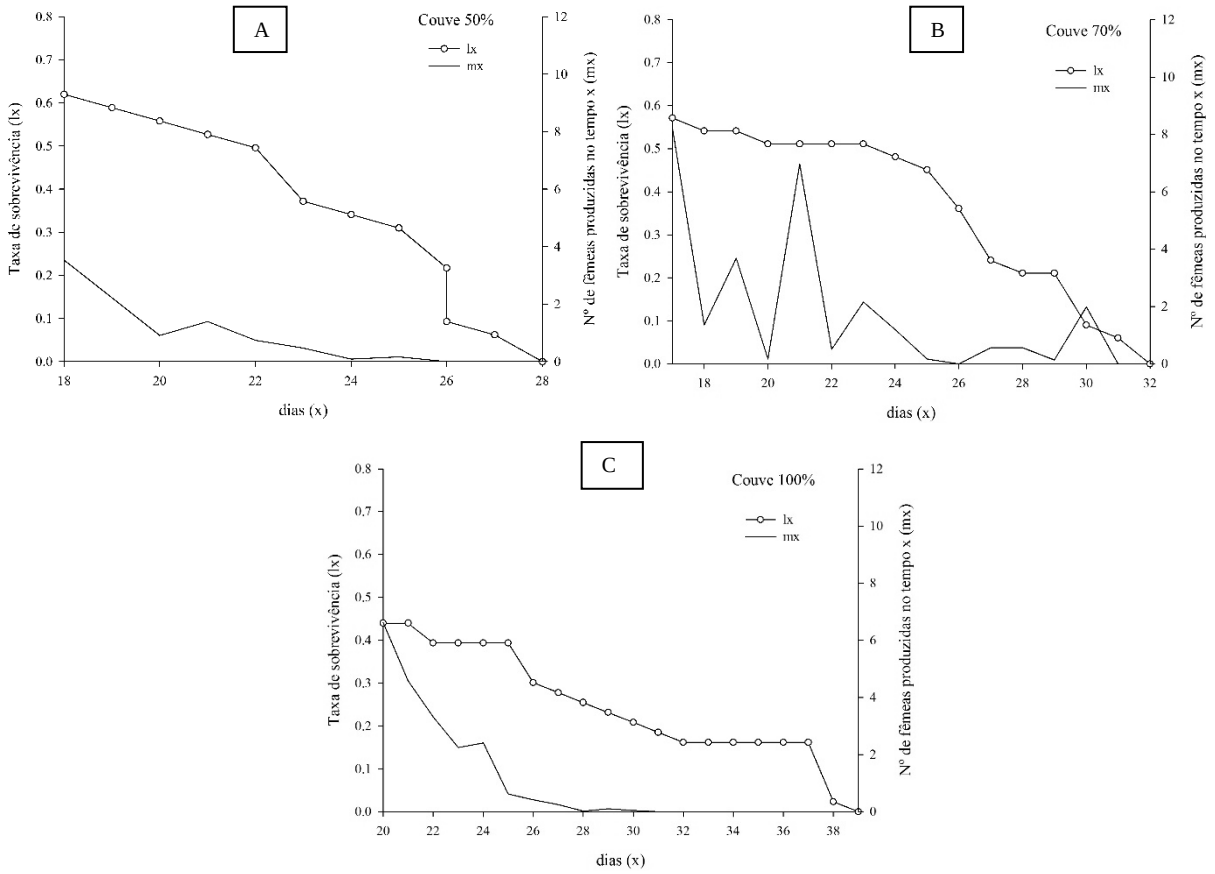

Figura 31 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em couve.

O período reprodutivo de *P. xylostella* na variedade brócolis teve intervalo de variação de 11 a 20 dias, iniciando com 13, 11 e 20 dias de idade nos tratamentos T50%, T70% e T100%, respectivamente. A curva de sobrevivência (lx) observada para *P. xylostella* nos tratamentos T50% e T100% foi do tipo 2, ambas com taxa de mortalidade constante no tempo, mas com 3 períodos de estabilidade seguidos de mortalidade. No tratamento T70% a curva foi do tipo 1, caracterizada pela sobrevivência longa e acentuada queda aos 27 dias (Figura 32).

A fecundidade máxima (mx) encontrada se deu em couve no T50% no 17° dia, enquanto que em T70% aconteceram dois picos de máxima fecundidade, sendo o primeiro no 20º dia e o segundo, maior, no 23º dia. Para T100% a fecundidade foi relativamente uniforme ao longo da sobrevivência dos adultos, mas com dois picos de máxima fecundidade, sendo o primeiro no 19º dia de vida da fêmea e o segundo no 34º dia (Figura 32).

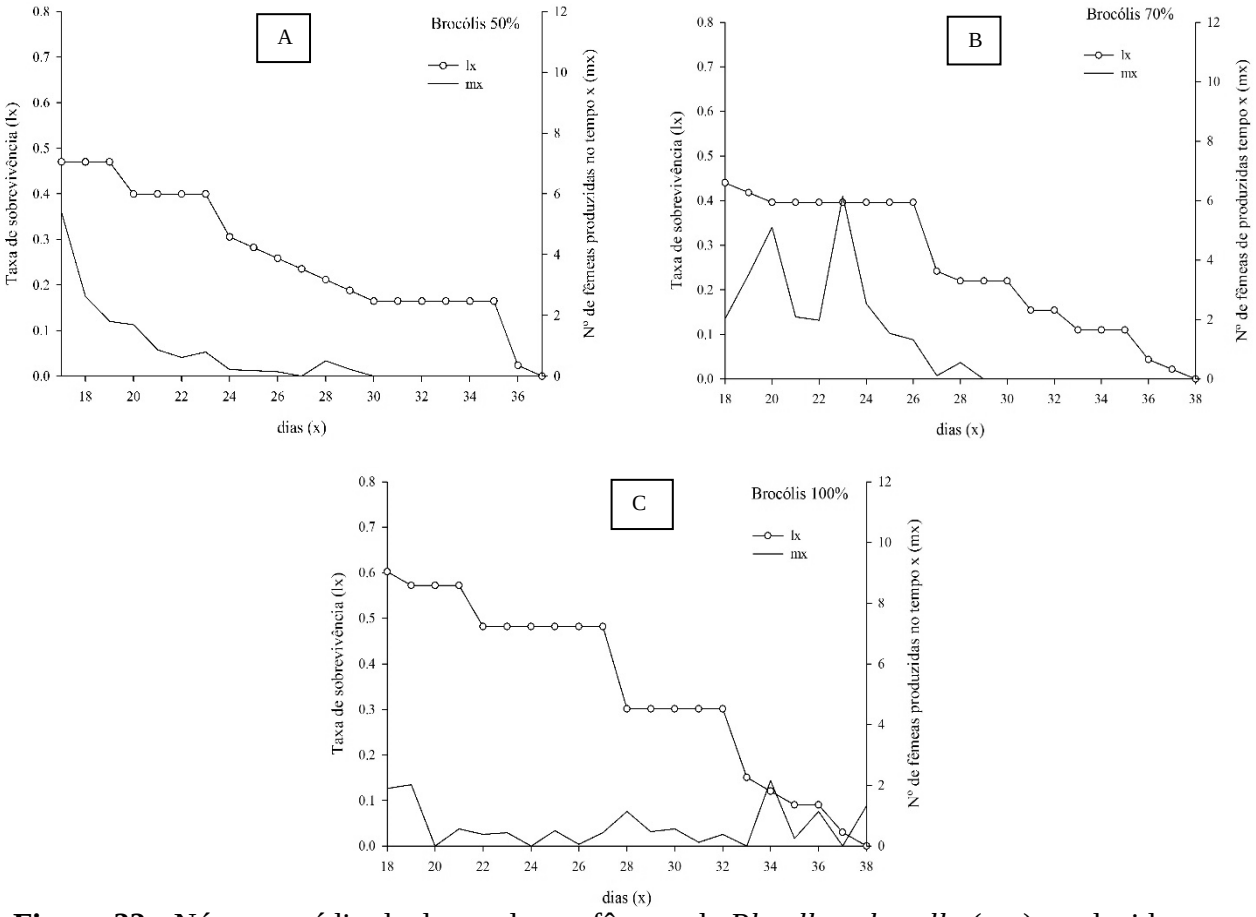

Figura 32 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em brócolis.

O período reprodutivo de *P. xylostella* na variedade de repolho variou entre 9 e 13 dias, iniciando com 22, 22 e 20 dias de idade no tratamentos T50%, T70% e T100%, respectivamente (Figura 33). A curva de sobrevivência (lx) observada para o inseto nos 3 tratamentos (T50%, T70% e T100%) foi do tipo 2, ambas com taxa de mortalidade constante no tempo, mas com 3 períodos de estabilidade seguidos de mortalidade (Figura 33).

A fecundidade máxima (mx) observada ocorreu em couve no T50% e no segundo dia de oviposição (23° dia), enquanto em T70% a máxima fecundidade foi alcançada aos 27º dia de oviposição. Para T100% foram observados picos expressivos de fecundidade, sendo o primeiro e menor aos 22 dias, o segundo e maior aos 24 dias e o terceiro aos 27 dias de idade da fêmea (Figura 33).

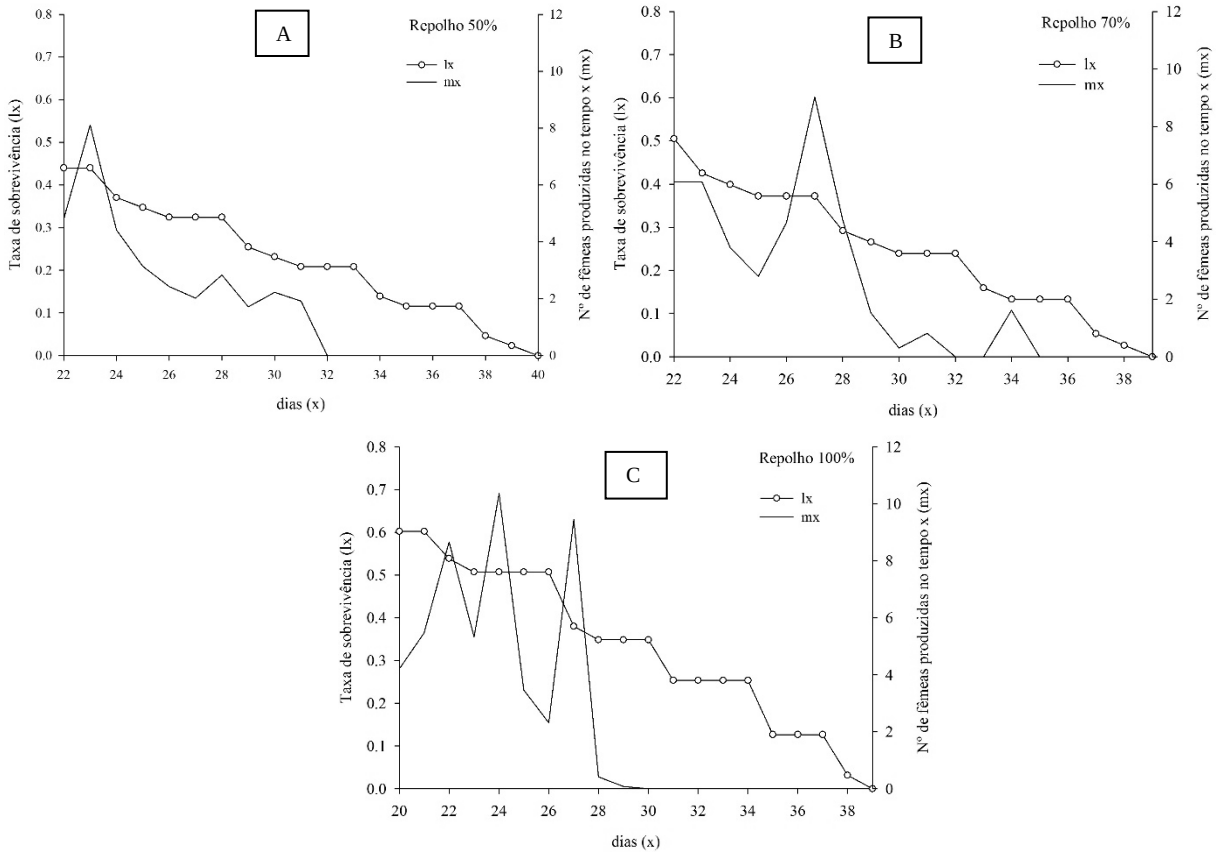

Figura 33 - Número médio de descendentes fêmeas de *Plutella xylostella* (mx) produzidas no tempo (x) nos tratamentos T50% (A), T70% (B) e T100% (C), considerando a taxa de sobrevivência (lx) em repolho.

A Tabela 12 contém os parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *P. xylostella* em couve, brócolis e repolho e nas diferentes condições de água no solo, em casa de vegetação. A taxa líquida de reprodução (R_0) observada na variedade de couve foi maior em T70% (16,87), diferindo estatisticamente de T50% (5,45) e T100% (10,18). Para a variedade brócolis T50% (6,54) diferiu de T70% (14,27), e ambos foram semelhantes a T100% (8,66). No repolho não houve diferença entre os tratamentos com valores de 18,40, 16,73 e 29,45, respectivamente para T50%, T70% e T100%.

Em relação ao efeito das condições hídricas entre as variedades, obteve-se maior valor de R_0 em repolho, comparado a couve e brócolis, que não diferiram entre si. Para T70% não houve efeito de tratamento nas 3 variedades, enquanto em T100%, não houve diferença entre as variedades de couve e de brócolis (10,18 e 8,66), com diferença para o repolho (29,45), valor este aproximadamente 69% superior (Tabela 12).

A taxa intrínseca de crescimento (r_m) na variedade de couve foi semelhante entre T50% e T100%, sendo significativamente diferente de T70%, com os valores de 0,10, 0,12 e 0,16, respectivamente. No brócolis, T50% (0,11) e T100% (0,10) foram semelhantes e diferentes de T70% (015). Na variedade repolho não houve diferença entre os tratamentos T50% (0,13) e T70% (0,13), porém T100% (0,17) diferiu dos demais tratamentos (Tabela 12). Comparando-se o efeito do tratamento T70% entre as variedades, couve se destacou com maior r_m em relação ao repolho, sendo que brócolis foi semelhante a couve e a repolho. Para o tratamento T100% couve e repolho foram semelhantes e diferiram de brócolis (Tabela 12).

A razão finita de aumento (λ), que é o fator de multiplicação da população original em cada intervalo unitário de tempo, encontrada para *P. xylostella* foi semelhante em T50% e T100% para couve, e ambos diferiram de T70% com valores respectivos de 1,10, 1,34 e 1,18. Para brócolis, o tratamento T50% e T100% foram semelhantes entre si (1,12 e 1,11), e T70% diferiu dos demais tratamentos com maior valor de λ em 1,16. No entanto, para a variedade repolho, o maior valor de λ foi para o tratamento T100% (1,18), enquanto que T50% e T70% foram semelhantes com valores de 1,13 e 1,14 respectivamente (Tabela 12).

Quanto ao efeito do tratamento T70% entre as variedades, couve obteve o maior valor de λ, diferindo de repolho e brócolis. Para T100% a variedade repolho diferenciou-se de couve e brócolis que foram semelhantes entre si (Tabela 12).

O intervalo médio entre as gerações (T), ou seja, a duração média de uma geração foi significativa entre os tratamentos para couve, onde T70% (17,09) diferiu de T50% (16,53) e T100% (18,40). Para brócolis, os três tratamentos foram diferentes, com maior tempo (T) para T100% (20,35) e menor T50% (16,60), ficando T70% (17,09) em posição intermediária. O efeito do tratamento T50% nas variedades de couve e de brócolis foi semelhante, diferindo do repolho (Tabela 12). Na condição hídrica de T70%, couve e repolho deram resultados semelhantes e diferentes de brócolis. No tratamento T100%, o tempo (T) em brócolis foi semelhante ao do repolho e ambos diferentes daquele obtido na couve (Tabela 12).

Para o tempo necessário para a população duplicar (TD), na variedade de couve T50% e T100% foram semelhantes, com valores 6,75 e 5,50, respectivamente, diferindo de T70% (4,17). Com brócolis, T70% e T100% foram diferentes entre si, porém semelhantes a T50%, tendo eles, respectivamente, os valores 4,57, 6,37 e 5,97. Para o repolho não houve diferença entre T50% (5,22), T70% (5,18) e T100% (4,02).

Tabela 12 - Parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *Plutella xylostella* criada em diferentes cultivares com diferentes quantidades de água.

		Tratamentos		
	Variedades	**T50%**	**T70%**	**T100%**
R_0	Couve	[1]5,45	16,87	10,18
		(1,26-9,64) bA	(3,44-30,29) aA	(5,86-14,49) bB
	Brócolis	6,54	14,27	8,66
		(2,92-10,17) bA	(4,98-23,56) aA	(2,72-14,59) abB
	Repolho	18,40	16,73	29,45
		(6,06-42,87) aA	(13,42-20,04) aA	(11,81-47,09) aA
r_m	Couve	0,10	0,16	0,12
		(0,06-0,15) bA	(0,12-0,21) aA	(0,10-0,15) bA
	Brócolis	0,11	0,15	0,10
		(0,07-0,15) bA	(0,11-0,18) aAB	(0,07-0,13) bB
	Repolho	0,13	0,13	0,17
		(0,08-0,17) bA	(0,11-0,14) bB	(0,13-0,21) aA
λ	Couve	1,10	1,18	1,34
		(1,05-1,16) bA	(1,12-1,23) bA	(1,10-1,16) aA
	Brócolis	1,12	1,16	1,11
		(1,07-1,16) bA	(1,11-1,20) aAB	(1,07-1,14) bA
	Repolho	1,13	1,14	1,18
		(1,08-1,19) bA	(1,12-1,15) bB	(1,13-1,23) aB
T	Couve	16,53	17,09	18,40
		(14,88-18,16) aA	(15,61-18,56) bA	(17,99-18,81) aB
	Brócolis	16,60	17,87	20,35
		(15,57-17,63) bA	(17,01-18,73) cB	(17,47-23,22) aA
	Repolho	23,09	21,11	19,81
		(18,48-27,71) aB	(19,49-22,73) aA	(16,51-23,10) aA
TD	Couve	6,75	4,17	5,50
		(3,05-9,64) aA	(2,86-5,30) bA	(4,33-6,51) aA
	Brócolis	5,97	4,57	6,37
		(3,86-8,09) abA	(3,34-5,79) bAB	(4,53-8,21) aA
	Repolho	5,22	5,18	4,02
		(3,28-7,15) aB	(4,59-5,77) aB	(3,01-5,03) aB

[1]Médias ± erro padrão seguidas de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.5. Influência do estresse hídrico em plantas de couve, brócolis e repolho na produção de metabólitos secundários e efeito em *Plutella xylostella* e *Trichogramma pretiosum*.

5.5.1. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella,* com chance de escolha em casa de vegetação.

A preferência hospedeira de *P. xylostella* variou em função da variedade (couve, brócolis e repolho). Quando foi confrontado os tratamentos T50% *vs* T70% de água disponível no solo, fêmeas de *P. xylostella* preferiram ovipositar em plantas de couve (53,11 ± 3,18%) e brócolis (51,32 ± 3,19%) em condições de 50% de água disponível no solo, enquanto que 53,20 ± 5,80% das mariposas preferiram ovipositar em plantas de repolho com 70% de água disponível (Figura 34) (Tabela 13).

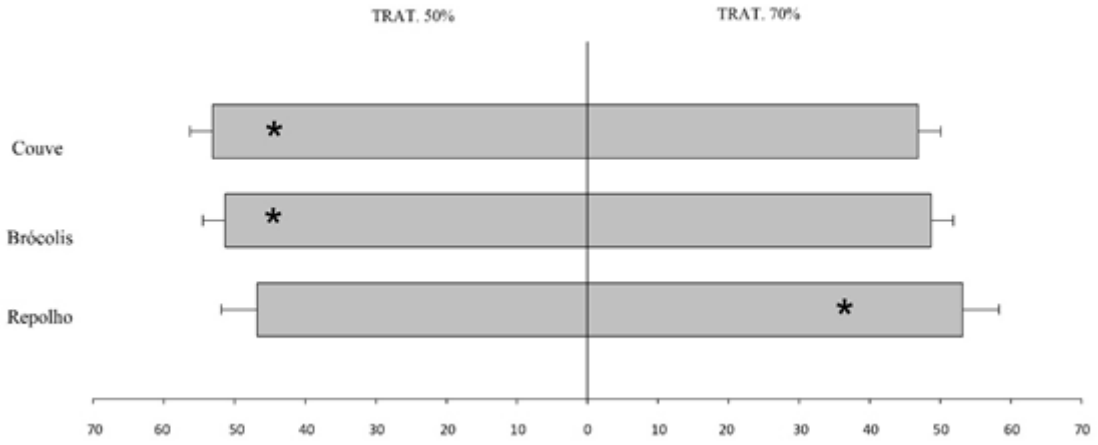

Figura 34 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nos tratamentos T50% e T70%, em teste de preferência para oviposição.

Tabela 13 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, repolho e brócolis nos tratamentos T50% e T70%, em teste de preferência para oviposição.

	Tratamentos	
Variedades	**T50%**	**T70%**
Couve	[1]53,11 ± 3,18a	46,89 ± 3,18b
Brócolis	51,32 ± 3,19a	48,68 ± 3,19b
Repolho	47,80 ± 5,086b	53,20 ± 5,08a

[1]Médias±erro padrão seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste do qui-quadrado χ^2 (P > 0,05).

Na comparação T70% *vs* T100%, *P. xylostella* preferiu ovipositar em plantas com 100% de água disponível no solo em todas variedades, sendo couve com 54,47 ± 2,03% dos ovos, brócolis 53,08 ± 2,75% e repolho com 52,08 ± 3,11% (Figura 35) (Tabela 14).

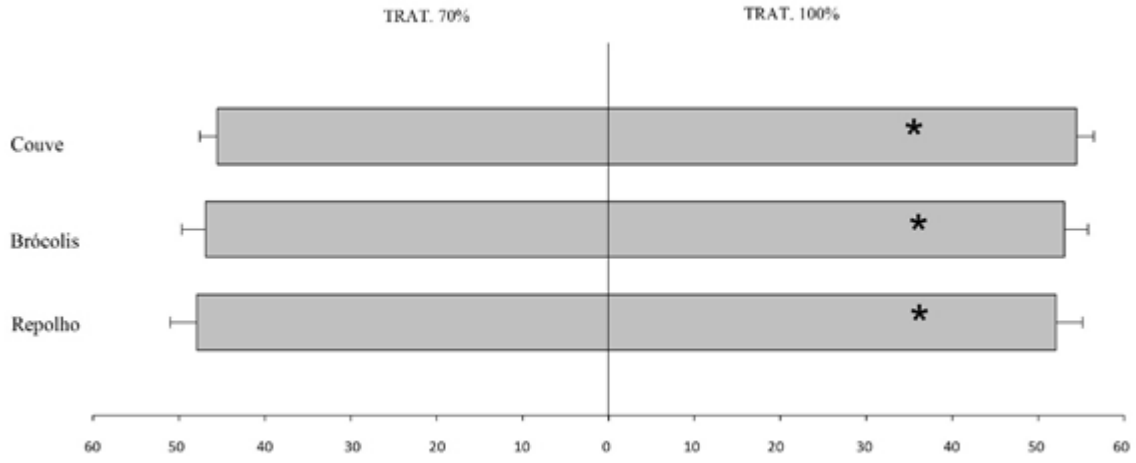

Figura 35- Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nos tratamentos T70% e T100%, em teste de preferência para oviposição.

Tabela 14 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em variedades couve, repolho e brócolis em plantas com 70% e 100%, em teste de preferência para oviposição.

	Tratamentos	
Variedades	**T70%**	**T100%**
Couve	[1]45,53 ± 2,03a	54,47 ± 2,03b
Brócolis	46,92 ± 2,75a	53,08 ± 2,75b
Repolho	47,92 ± 3,11a	52,08 ± 3,11b

[1]Médias±erro padrão seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste do qui-quadrado χ^2 (P > 0,05)..

Na comparação T50% *vs* T100% não houve preferência de *P. xylostella* na variedade de couve, porém brócolis, com 100% de água disponível, recebeu 53,01 ± 2,42% dos ovos, enquanto repolho em T50% teve 55,29 ± 2,76% da oviposição (Figura 36) (Tabela 15).

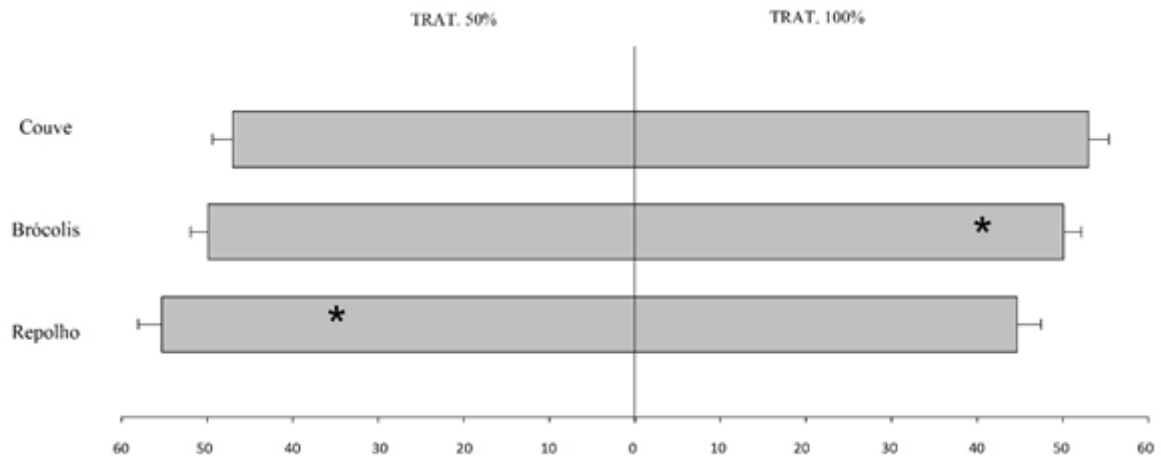

Figura 36 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nos tratamentos T50% e T100%, em teste de preferência para oviposição.

Tabela 15 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em variedades couve, repolho e brócolis em plantas com 50% e 100% de água disponível no solo, em casa de vegetação.

	Tratamentos	
Variedades	**T50%**	**T100%**
Brócolis	[1]49,90 ± 2,06a	50,10 ± 2,06a
Couve	46,99 ± 2,42a	53,01 ± 2,42b
Repolho	55,29 ± 2,76b	44,71 ± 2,76a

[1]Médias±erro padrão seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste do qui-quadrado χ^2 (P > 0,05).

As Tabelas 16, 17 e 18 apresentam os resultados discriminando os locais em que as fêmeas de *P. xylostella* preferiram ovipositar nos testes de preferência hospedeira com chance de escolha.

Quando confrontado T50% *vs* T100% em plantas de couve, verifica-se que houve preferência pela oviposição em folhas e caule no tratamento T50% (38,63 ± 19,11 ovos e 40,33 ± 10,85 ovos, respectivamente), enquanto em T100% houve diferença entre os três substratos de oviposição, com as folhas sendo preferidas (54,87 ± 7,31%), seguidas do caule e dos vasos (23,60 ± 5,23 e 21,53 ± 3,09%, respectivamente) (Tabela 16). Nos testes de preferência para oviposição em brócolis, os locais onde foram depositados mais ovos, comparando-se T50% e T100%, foram folhas (55,73 ± 10,66% e 56,30 ± 7,88%), seguidos dos caules (25,11 ± 10,12% e 23,83 ± 6,24%) e dos vasos (19,16 ± 2,29% e 19,87 ± 2,94%) (Tabela 16). E em relação ao repolho, os locais de preferência para oviposição foram semelhantes aos relatados para brócolis e para os mesmos tratamentos, com maior preferência pelas folhas, seguido dos caules e vasos, sendo os valores respectivos para T50% e T100%

nas folhas (46,37 ± 11,06% e 44,44 ± 11,47%), nos caules (34,29 ± 11,03% e 35,57 ± 11,47%) e nos vasos (19,16 ± 2,29% e 19,87 ± 2,94%) (Tabela 16).

Tabela 16 – Locais de postura de *Plutella xylostella* em variedades couve, brócolis e repolho cultivados com 50% e 100% de água disponível no solo, em casa de vegetação.

		Tratamentos	
	Variedades	**T50%**	**T100%**
Couve	Caule	[1]40,33 ± 10,85a	23,60 ± 5,23b
	Folha	38,63 ± 19,11a	54,87 ± 7,31a
	Vaso	21,04 ± 3,05b	21,53 ± 3,09c
Brócolis	Caule	25,11 ± 10,12b	23,83 ± 6,24b
	Folha	55,73 ± 10,66a	56,30 ± 7,88a
	Vaso	19,16 ± 2,29c	19,87 ± 2,94c
Repolho	Caule	34,29 ± 11,03b	35,57 ± 11,47b
	Folha	46,37 ± 11,06a	44,44 ± 11,47a
	Vaso	19,34 ± 2,36c	19,98 ± 3,06c

[1]Médias±erro padrão seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste do qui-quadrado χ^2 (P > 0,05).

Comparando T50% *vs* T70% na couve observa-se diferença entre os três substratos de oviposição, sendo as folhas as mais preferidas (55,90 ± 14,11% e 59,84 ± 9,12%), seguidas dos caules (23,56 ± 10,95 e 20,16 ± 4,05) e por último os vasos (20,54 ± 4,56% e 20,01 ± 6,23%). Com brócolis, os locais onde foram depositados mais ovos de *P. xylostella*, comparando-se T50% *vs* T70% foram as folhas maior porcentagem (56,08 ± 4,82%), seguidas dos vasos (25,71 ± 5,07%) e dos caules (18,21 ± 0,56%) (Tabela 17). Em T70% as folhas continuaram a ser as mais preferidas (53,05 ± 5,75%), seguidas dos caules (26,26 ± 4,23%) e dos vasos (20,69 ± 1,80%). E em relação ao repolho, os tratamentos T50% *vs* T70% diferiram estatisticamente. As folhas foram as preferidas (45,62 ± 16,23% e 50,81 ± 12,35%), seguidas das folhas (33,55 ± 18,09% e 31,97 ± 13,01%) e caules (20,83 ± 6,95% e 17,22 ± 1,25%) respectivamente para T50% e T100% (Tabela 17).

Tabela 17 - Locais de postura de *Plutella xylostella* em variedades couve, brócolis e repolho cultivados com 50% e 70% de água disponível no solo, em casa de vegetação.

		Tratamentos	
	Variedades	**T50%**	**T70%**
Couve	Caule	[1]23,56 ± 10,95b	20,16 ± 4,05b
	Folha	55,90 ± 14,11a	59,84 ± 9,12a
	Vaso	20,54 ± 4,56c	20,01 ± 6,23b
Brócolis	Caule	18,21 ± 0,56c	26,26 ± 4,23b
	Folha	56,08 ± 4,82a	53,05 ± 5,75a
	Vaso	25,71 ± 5,07b	20,69 ± 1,80c
Repolho	Caule	33,55 ± 18,09b	31,97 ± 13,01b
	Folha	45,62 ± 16,23a	50,81 ± 12,35a
	Vaso	20,83 ± 6,95c	17,22 ± 1,25c

[1]Médias±erro padrão seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste do qui-quadrado χ^2 (P > 0,05).

Na comparação T70% *vs* T100% fêmeas de *P. xylostella* ovipositaram mais nas folhas (45,40 ± 6,11), seguidos do caule e vaso, com valores semelhantes (27,86 ± 12,20% e 26,74 ± 11,67%, respectivamente) para T70%. Em T100% o local mais preferido também foi a folha (42,36 ± 12,54%), seguida de vaso (33,90 ± 14,68%) e de caule (23,74 ± 4,38%) (Tabela 18).

Em brócolis nas condições T70% *vs* T100% as folhas foram preferidas para a deposição dos ovos (50,20 ± 13,02% e 47,69 ± 14,09%), seguido dos caules (29,19 ± 13,14% e 33,90 ± 14,68%) e vasos (20,62 ± 2,48% e 24,10 ± 6,15%), valores respectivos para T70% e T100% (Tabela 18). Em repolho e em T70% *vs* T100%, folhas e vasos foram semelhantes (42,17 ± 15,93% e 38,62 ± 16,78%), seguidos do caule (19,21 ± 2,62%), para T70%. Em T100% o local com maior oviposição foi a folha (53,28 ± 6,07%), seguida de vaso (25,08 ± 4,97%) e caule (21,63 ± 6,47%) (Tabela 18).

Tabela 18 - Locais de postura de *Plutella xylostella* em variedades couve, brócolis e repolho cultivados com 70% e 100% de água disponível no solo, em casa de vegetação.

		Tratamentos	
	Variedades	**T70%**	**T100%**
Couve	Caule	[1]27,86 ± 12,20b	23,74 ± 4,38c
	Folha	45,40 ± 6,11a	42,36 ± 12,54a
	Vaso	26,74 ± 11,67b	33,90 ± 14,68b
Brócolis	Caule	29,19 ± 13,14b	28,21 ± 8,86b
	Folha	50,20 ± 13,02a	47,69 ± 14,09a
	Vaso	20,62 ± 2,48c	24,10 ± 6,15c
Repolho	Caule	19,21 ± 2,62b	21,63 ± 6,47c
	Folha	42,17 ± 15,93a	53,28 ± 6,07a
	Vaso	38,62 ± 16,78a	25,08 ± 4,97b

[1]Médias±erro padrão seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste do qui-quadrado χ^2 (P > 0,05).

5.5.2. Teste de preferência para oviposição de *Plutella xylostella,* sem chance de escolha em casa de vegetação.

Nos testes sem chance de escolha para oviposição de *P. xylostella* foram comparados os tratamentos dentro de cada variedade e os tratamentos entre as variedades. Na variedade couve a maior porcentagem de ovos foi encontrada em T100% (37,29 ± 4,69%), diferindo dos tratamentos T50% (31,63 ± 3,92) e T70% (31,08 ± 2,72) que foram semelhantes entre si (Figura 37 e Tabela 19).

Na variedade de brócolis a menor porcentagem de oviposição foi encontrada em T70% (30,75 ± 3,54%) diferindo de T50% (34,22 ± 2,72%) e de T100% (35,03 ± 4,21%) que foram semelhantes entre si. E em repolho houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo que a maior porcentagem de ovos foi verificada em T100% (35,1± 4,12%), seguida de T50% (34,21± 4,9%) e T70% (30,69 ± 5,23%) com a menor porcentagem (Figura 37 e Tabela 19).

Mas, quando é comparado o efeito dos tratamentos entre as variedades, para T50% foi verificado que brócolis e repolho foram semelhantes e com maior porcentagem de ovos em relação à couve. Em T70% não houve efeito do tratamento entre as variedades, enquanto que em T100% a maior porcentagem de ovos foi observada em couve, diferindo de brócolis e repolho que foram semelhantes entre si (Figura 37 e Tabela 19).

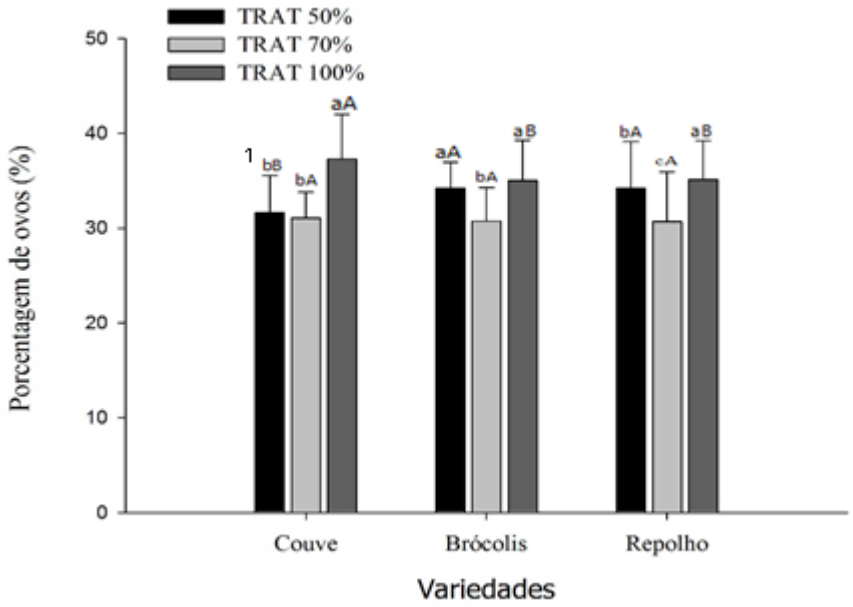

Figura 37 - Porcentagem de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nas diferentes condições hídricas, em teste sem chance de escolha para oviposição e em condição de casa de vegetação. [1]Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos da mesma variedade e letras maiúsculas diferença entre as variedades no mesmo tratamento (Tukey P < 0,05).

Tabela 19 - Porcentagem [1] de ovos de *Plutella xylostella* em couve, brócolis e repolho nas diferentes condições hídricas, em teste sem chance de escolha, em casa de vegetação.

	Tratamentos		
Variedades	**T50%**	**T70%**	**T100%**
Couve	[1]31,63 ± 3,92bB	31,08 ± 2,72bA	37,29 ± 4,69aA
Brócolis	34,22 ± 2,72 aA	30,75 ± 3,54 bA	35,03 ± 4,21aB
Repolho	34,21 ± 4,9bA	30,69 ± 5,23cA	35,11 ± 4,12aB

[1]Médias±erro padrão seguidas de mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste do qui-quadrado χ^2 (P > 0,05).

5.5.3. Bioensaios de olfatometria de *Trichogramma pretiosum* em laboratório.

Nos testes de preferência hospedeira com *T. Pretiosum* em olfatômetro foram comparados os tratamentos T50%, T70% e T100% (com as folhas infestadas com ovos de *P. xylostella*), dois a dois por variedade, sendo encontrados resultados significativos com couve, brócolis e repolho apenas quando se confrontou T50% *vs* T100%, onde em todos os três testes o parasitoide preferiu os voláteis das plantas dos tratamentos T50% (Figura 38).

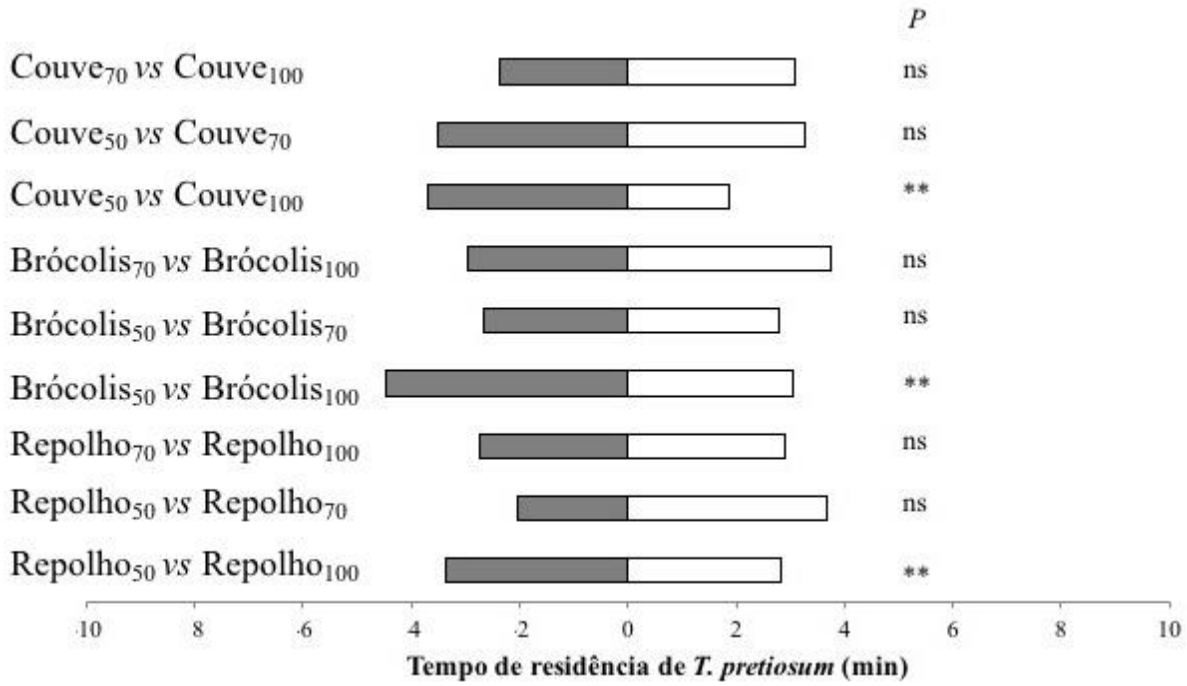

Figura 38 – Tempo, em minutos, de residência de *Trichogramma pretiosum* em variedades de brássicas cultivadas em diferentes condições hídricas e na presença de ovos *de Plutella xylostella*, em teste com chance de escolha para oviposição.

5.5.4. Análise dos voláteis das plantas em laboaratório.

Foram encontrados 19 compostos orgânicos voláteis nas variedades de brássicas (couve, brócolis e repolho) submetidas a estresses hídrico de 50% e 70% da capacidade de campo (CC), comparando-se com plantas cultivadas com 100% da CC. Todos os compostos encontrados estavam presentes em couve, independente de ter ou não estresse hídrico; já em brócolis 17 compostos foram encontrados em pelo menos um dos tratamentos, enquanto somente 9 compostos foram observados em repolho, em pelo menos um tratamento (Tabela 20). A maior diferença qualitativa entre as variedades está relacionada com voláteis de folhas verdes (VFV), (E)-2-hexenal, (Z)-3-hexen-1-ol e (Z) 3 hexenyl acetate, presentes em couve e ausentes em repolho (Tabela 20).

As principais diferenças quantitativas foram encontradas em plantas com 50% de estresse, comparadas com plantas com 100% da capacidade de campo. Na variedade de couve, 89% dos compostos foram emitidos em maior quantidade em plantas com 50% de estresse hídrico (Kruskal Wallis test; $P < 0,001$). Somente dois monoterpenos, o limoneno emitido em maior quantidade em plantas com 100% de água, e o beta ocimeno, emitido em quantidades semelhantes, diferiram dos demais compostos (Tabela 20). A emissão de compostos voláteis em plantas de brócolis, também diferiu de acordo com o tratamento.

Plantas com 50% de déficit hídrico apresentaram aumento de 47% na quantidade de voláteis liberados comparado com plantas com 100% de água (Kruskal Wallis test; $P < 0,001$). Além disso, houve também ocorreu variabilidade na presença dos compostos entre os tratamentos, sendo eucalipitol, cariofileno e canfora presentes somente quando a planta foi cultivada com 100% de água, ou seja, na capacidade de campo (Tabela 20). Já, na variedade de repolho 88% dos compostos foram emitidos em maior quantidade em plantas com estresse de 50% (Kruskal Wallis test; $P < 0,001$) (Tabela 20).

A análise de componentes principais para couve apresentou três componentes principais, sendo que os dois primeiros explicam 61,2% e 27,9% da variância total. A plotagem dos dois primeiros componentes principais revela uma clara separação dos voláteis das três condições hídricas da planta (50%, 70% e 100% de água disponível no solo) (Figura 39A).

Para brócolis, PC1 e PC2 somam 90,5 % da variância dos dados, com 74,4% e 16,1%, respectivamente. No PC1 apenas T50% foi selecionado positivamente, enquanto que T70% e T100% ficaram na região negativa. Porém, para PC2 apenas T70% teve correlação com os voláteis (Figura 39B).

E na variedade de repolho, a porcentagem total da variância foi semelhante à do brócolis, com 90,7%, sendo 73,5% para PC1 e 17,1% para PC2, selecionando na região positiva de PC1 os tratamentos T100% e T70%, enquanto que T50% foi relacionado negativamente a PC1. Porém, em PC2 T50% e T100% relacionaram-se positivamente (Figura 39C).

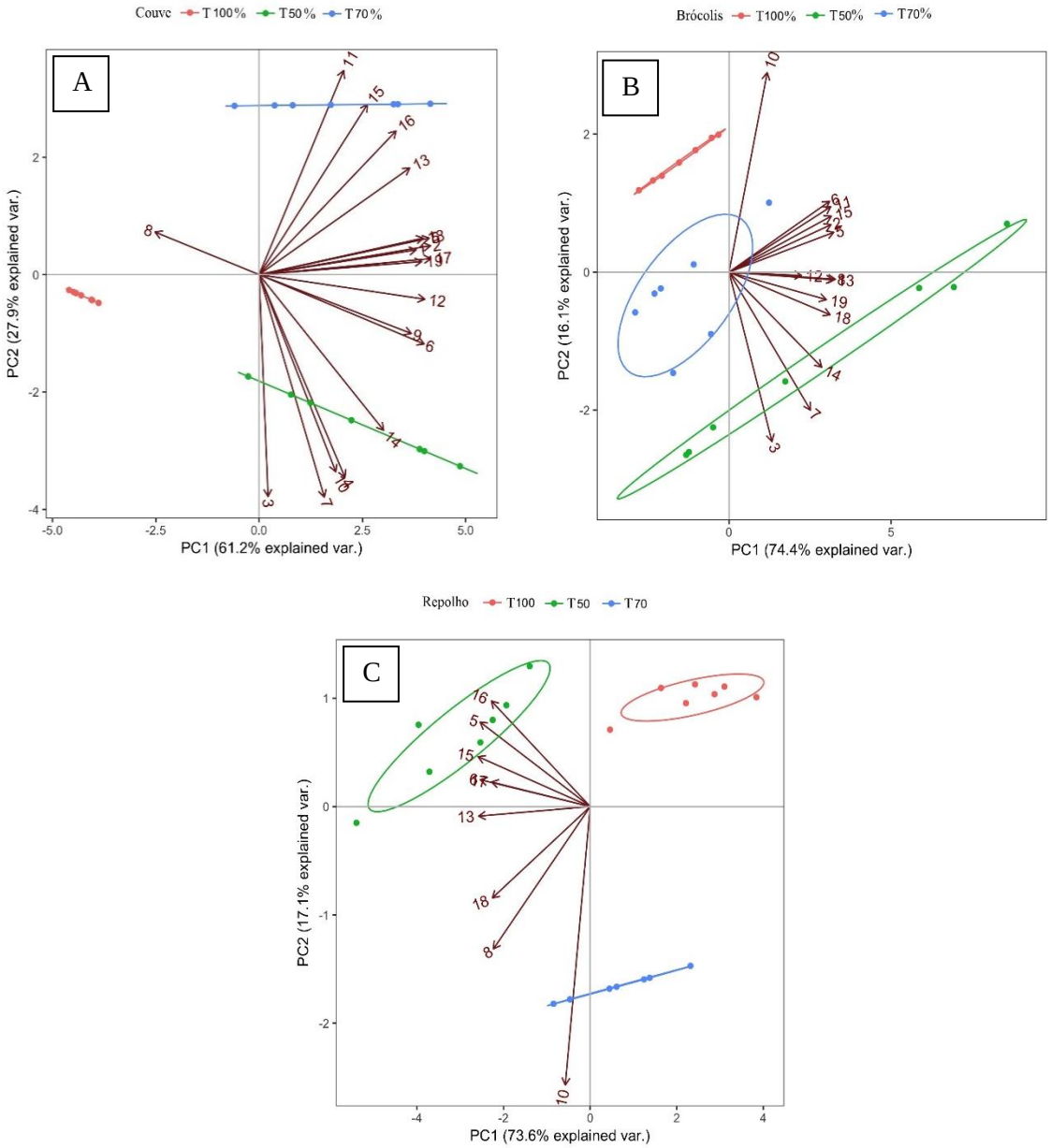

Figura 39 - Gráfico bidimensional PC1 x PC2 dos "scores" para as diferentes condições hídricas de solo. A) Couve B) Brócolis e C) Repolho.

Tabela 20 - Quantidade de emissão de compostos voláteis (media ± EP ng.g-1) emitido por couve, brócolis e repolho nas diferentes condições hídricas de solo. A quantificação foi baseada na área do pico em relação ao padrão interno.

N	Composto	Classe química	Couve (N=7)			Brócolis (N=7)			Repolho (N=7)		
			[1]50%	70%	100%	50%	70%	100%	50%	70%	100%
1	(*E*)-2-hexenal	Aldeído	[2]0,257±0,09a	0,257±0,02a	0,186±0,02b	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	(*Z*)-3-hexen-1-ol	Álcool	0,252±0,10a	0,264±0,02a	0,025±0,003b	0,120±0,08a	0,048±0,02a	0,08±0,03[a]	NA	NA	NA
3	(*Z*) 3 hexenyl acetate	Éster	0,137±0,02a	0,00±0,00b	0,095±0,006b	1,412±0,9a	1,40±0,10a	0,938±0,003b	NA	NA	NA
4	alpha thujene	Monoterpeno	0,154±0,03a	0,00±0,00c	0,022±0,011b	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5	alpha pinene	Monoterpeno	0,289±0,18a	0,309±0,13a	0,058±0,013b	0,135±0,03a	0,06±0,01b	0,07±0,007ab	0,152±0,01a	0,05±0,008b	0,056±0,009b
6	Sabinene	Monoterpeno	0,302±0,22a	0,215±0,19a	0,077±0,014c	0,115±0,03a	0,05±0,01a	0,078±0,02[a]	0,190±0,00a7	0,051±0,007b	0,00±0,00c
7	Myrcene	Monoterpeno	0,182±0,06a	0,00±0,00c	0,052±0,009b	0,713±0,22a	0,323±0,20b	0,214±0,09b	NA	NA	NA
8	Limonene	Monoterpeno	0,201±0,10a	0,279±0,12a	0,417±0,19b	0,194±0,02a	0,104±0,01b	0,09±0,007b	0,103±0,07a	0,09±0,007a	0,049±0,015b
9	eucalipitol	Monoterpeno	0,162±0,09a	0,120±0,06ab	0,051±0,008b	NA	NA	0,02±0,008	NA	NA	NA
10	Terpinene	Monoterpeno	2,154±0,18a	0,123±0,03b	0,238±0,013b	0,128±0,04a	0,164±0,01a	0,19±0,005[a]	0,05±0,08b	0,161±0,018a	0,00±0,00c
11	beta ocimene	Monoterpeno	0,108±0,08b	0,382±0,07a	0,115±0,03b	0,113±0,04a	0,04±0,01a	0,06±0,009[a]	NA	NA	NA
12	terpinolene	Monoterpeno	0,174±0,02a	0,149±0,08ab	0,037±0,003b	0,103±0,06a	0,09±0,03a	0,05±0,007[a]	NA	NA	NA
13	Benzaldehyde	Aldeído	0,173±0,10a	0,259±0,11a	0,080±0,02b	0,154±0,07a	0,03±0,01b	0,04±0,02b	0,08±0,009a	0,028±0,006b	0,00±0,00c
14	(E)–DMNT	Sesquiterpeno	0,528±0,18a	0,155±0,02b	0,039±0,003c	0,277±0,05a	0,10±0,01b	0,02±0,008c	NA	NA	NA
15	Nonanal	Aldeído	0,885±0,42a	2,09±0,27b	0,148±0,02c	0,122±0,03a	0,04±0,01ab	0,06±0,013b	0,111±0,07a	0,077±0,008ab	0,040±0,014b
16	caryophyllene	Sesquiterpeno	0,258±0,09a	0,504±0,06b	0,033±0,011c	-	-	0,02±0,008	0,309±0,08a	0,097±0,03b	0,072±0,043b
17	Camphor	Monoterpeno	0,293±0,09a	0,289±0,11a	0,058±0,023b	-	-	0,02±0,009	0,08±0,01a	0,056±0,009b	0,046±0,009b
18	Unknow 1	NA	0,418±0,31a	0,437±0,09a	0,054±0,015b	0,248±0,1a	0,08±0,01b	0,09±0,005b	0,812±0,24a	0,775±0,013a	0,71±0,09a
19	Unknow 2	NA	0,137±0,08a	0,144±0,06a	0,024±0,009b	0,193±0,03a	0,011±0,02ab	0,09±0,007b	-	-	-

[1]condições hídricas em relação à capacidade de campo
[2]Médias seguidas por letras diferentes por espécie de brássica indicam diferença significativa entre os tratamentos, de acordo com o teste não paramétrico de Kruskal Wallis (P <0,05) e comparações pareadas subsequentes pelo teste de Monte Carlo.
(*E*)-DMNT: (*E*) 4,8 dimethyl-1,3,7-nonatriene
NA: Não Aplicável

6. DISCUSSÃO

A água é incontestavelmente a substância mais importante para a ocorrência de vida na terra, sendo que a capacidade dela de ser um solvente a possibilita dissolver várias substâncias, sendo importante, por exemplo, na dissociação de nutrientes minerais presentes no solo, que por sua vez, através da diferença de potencial, leva esse nutriente para o interior das plantas. A água também participa de reações como condensação e hidrólise, sendo fornecedora de íons H+ e OH-, sendo que ela é o meio onde se processa várias reações bioquímicas, muitas das quais necessitam que os reagentes estejam na forma iônica (NOBEL, 1999; COSTA, 2001).

A deficiência ou o excesso de água no solo provoca o estresse hídrico que pode levar, inclusive, à morte da planta, além, evidentemente, de várias intercorrências na fisiologia da planta. Considerando-se o déficit de umidade no solo, essa circunstância pode ser causada pela baixa pluviosidade e pela falta ou problemas com a irrigação, o que impede a manutenção das condições hídricas ideais no solo para que planta desenvolva normalmente suas atividades biológicas. Normalmente o estresse por déficit tem se mostrado mais importante e preocupante, com a deficiência hídrica sendo caracterizada quando a quantidade de água disponível no solo é menor do que a quantidade necessária para que a planta possa expressar seu potencial fisiológico máximo, uma vez que na medida em que o solo seca torna-se mais difícil para as plantas absorverem água (BERGAMASCHI, 1992).

De forma simplista pode-se dizer que o estresse hídrico corresponde ao desequilíbrio entre a entrada de água na planta, pelas raízes, e a saída devido à evapotranspiração. Quando a água que entra não é em quantidade superior ou igual aquela que foi perdida, a planta entra então em estresse hídrico. Este déficit pode ocorrer por um pequeno período de tempo, sendo depois reposta a água necessária à planta, ou então pode ser um déficit que se mantém por um período de tempo demasiado longo. Sendo longo ou curto poderá provocar efeitos negativos para o vegetal, repercutindo na sua produção final (COSTA, 2001).

Como consequências do estresse hídrico na planta podem ser citadas: diminuição da velocidade de germinação; diminuição do crescimento embrião; diminuição do volume celular; diminuição da produção de área foliar; alongamento inicial das raízes (após o alongamento inicial, se não encontrar água, as raízes atrofiam); redução da atividade fotossintética; fechamento dos estômatos; redução da perda de água (diminuição da transpiração); espessamento da cutícula; entre outros (KRAMER & BOYER, 1995).

Além de problemas provocados na planta, o estresse hídrico também pode comprometer o desenvolvimento dos herbívoros que se alimentam dessas plantas, além de

prejudicar também o comportamento de busca desses indivíduos, bem como afetar o parasitismo e a predação, com a ação de predadores e de parasitoides que participam das diferentes relações tróficas. Existem várias formas de se medir o estresse provocado pelo déficit hídrico em uma planta, bem como sua intensidade, sendo que um desses métodos é o teste de peroxidação lipídica, com a quantificação do malondialdeído (MDA) na planta, que foi utilizado neste trabalho.

6.1. Teste de Peroxidação lipídica (MDA).

Para as variedades de couve, brócolis e repolho estudadas, as condições de deficiência hídrica impostas não levaram as plantas à morte, porém, diferenças nas estruturas físicas foram visualmente perceptíveis. As plantas submetidas ao tratamento de menor disponibilidade hídrica (T50%) atingiram porte mais baixo, com menor espessura de caule e produziram menor área por planta, com exceção ao repolho, que mostrou pouca alteração na estrutura, quando comparado à couve e brócolis.

As alterações fisiológicas, mensuradas por meio de análises bromatológicas, mostraram que, de modo geral, as condições hídricas testadas (T50%, T70% e T100%) foram inversamente proporcionais ao estresse provocado nas plantas, ou seja, quanto menor a quantidade de água disponível para a planta, maior o estresse observado, com brócolis podendo ser citado como exceção.

Quanto aos efeitos das diferentes condições hídricas entre as variedades, apenas no tratamento T70% observou-se que a couve sofreu maior estresse do que o repolho, sendo brócolis aquele menos afetado.

Segundo FAN et al. (2009), as estratégias das plantas buscando se adaptar à seca podem ser divididas em três fases: na primeira, as plantas expostas à seca por um curto intervalo de tempo, promovem o fechamento de seus estômatos para evitar a perda de água, sem alterações nos níveis de MDA (malondialdeído); na segunda, caracterizada pelo aumento no déficit hídrico, ocorre intensa atividade enzimática, além da peroxidação lipídica, com alteração no nível de MDA; e na última, quando os danos nas membranas intracelulares podem afetar a cadeia respiratória (mitocôndrias), causar a quebra de pigmentos e reduzir a habilidade de fixação do carbono nos cloroplastos. Além dos danos à membrana plasmática, promove também o extravasamento de conteúdo eletrolítico, com a morte celular (SCANDALIO, 1993).

Considerando que a peroxidação lipídica é um dos principais indicadores da ocorrência de estresse oxidativo na planta (GRATÃO et al., 2005), e que nas condições de

déficit hídrico delineadas neste trabalho foi encontrada variação no conteúdo de MDA para as variedades de couve, brócolis e repolho, fica evidente que o déficit hídrico imposto foi suficiente para causar danos às membranas celulares das plantas e, consequentemente, provocar o estresse.

No trabalho de CIA (2010), cujo objetivo foi estudar os efeitos do tempo de exposição do milho a condições de falta de água, seguido de reidratação, foi observado que em três dias em déficit hídrico houve estresse na planta, sendo, porém, revertido após a reidratação. Quando as plantas de milho foram submetidas ao déficit hídrico por 10 dias ocorreu elevação significativa no conteúdo de MDA, mostrando que, quanto maior for o tempo de restrição hídrica, maior será o estresse apresentado pelas plantas.

Na cultura do arroz plantas com déficit hídrico sofreram alteração quantitativa em 42 proteínas, situação que foi restabelecida após 10 dias da reidratação (SALEKDEH et al., 2002). Estes resultados, somados ao de CIA (2010), mostram que os danos causados por estresse hídrico em arroz e milho podem ser revertidos após um período de reidratação. Também, como observado em plantas de trigo e de ervilha expostas aos estresses hídrico e salino, respectivamente, foi contatado que após a reidratação houve um decréscimo na atividade oxidativa, ou seja, diminuiu o estresse nas plantas (WU et al., 1999; HERNANDEZ & ALMANSA, 2002). O que deve ser ressaltado é que nos casos citados, o período em que as plantas foram expostas ao estresse foi em curto.

Neste trabalho, as plantas ficaram sob as diferentes restrições hídricas por um período de 35 dias, mantendo-se assim as plantas em condições de estresse por um período longo de tempo, quando comparado, por exemplo, ao trabalho de CIA (2010).

LOGGINI et al. (1999), ao compararem cultivares de trigo com deficiência hídrica, verificaram que a adaptação a esta situação (seca) depende de diferentes mecanismos, compreendendo a capacidade de aumentar a atividade do sistema antioxidante enzimático e o não enzimático. Normalmente na cultivar tolerante ao déficit hídrico, as enzimas antioxidantes permanecem em níveis basais.

Segundo LASCANO et al. (2001), a complexidade do sistema de resposta antioxidante à falta de água no solo está relacionada à interação entre diversos fatores ambientais, como a intensidade luminosa e a temperatura. Importante considerar que estresses severos por períodos de exposição acima de 30 dias podem levar ao acúmulo de prolina na planta, o que é característico em plantas estressadas (QUEIROZ, 2006).

A prolina é, provavelmente entre os solutos orgânicos, o primeiro a ter sua síntese e acúmulo iniciado em função do estresse hídrico nas plantas (SILVA, 2010), sendo que este

aminoácido tem sido muito estudado em razão de sua sensibilidade de resposta às condições de estresse (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN & HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011). Quando são comparadas plantas estressadas com plantas sem estresse, o conteúdo de prolina pode estar aumentado em até 100 vezes naquelas estressadas (VERBRUGGEN & HERMANS, 2008), o que, segundo alguns autores, pode minimizar os efeitos negativos do estresse hídrico para a planta (CVIKROVÁ et al., 2013; FILIPPOU et al., 2014).

Por outro lado, também é possível não encontrar prolina em plantas estressadas, não sendo, portanto, conclusivo se o acúmulo dessa molécula é uma consequência do estresse ou proporciona benefícios às plantas expostas a condições adversas (ASHRAF & FOOLAD, 2007). O que parece certo é que esse aminoácido pode atuar na estabilização de membranas e/ou proteínas (HOEKSTRA et al., 2001), bem como no controle da oxidação celular causada por estresse (OZDEN et al., 2009).

Neste trabalho, como indicador de estresse hídrico, foi avaliado o MDA produzido na peroxidação lipídica, como citado por DAVEY et al. (2005) e DEL RIO et al. (2005), verificando-se que houve uma pequena diferença de comportamento entre as variedades expostas aos déficits hídricos com couve e brócolis sendo relativamente mais afetados que repolho.

A couve, o brócolis e o repolho, quando submetidos à maior restrição hídrica (T50%) apresentaram 6,80 ± 1,41 nMol/g, 8,90 ± 1,13 nMol/g e 5,30 ± 0,38 nMol/g de MDA, respectivamente, sendo esses valores estatisticamente semelhantes. No nível mais baixo de déficit hídrico estudado (T70%), as variedades comportaram-se diferentemente, com couve tendo 4,20 ± 0,10 nMol/g de MDA, brócolis 2, 25 ± 0,05 nMol/g e repolho 2,61 ± 0,08 nMol/g (Tabela 3). Para a condição de capacidade de campo (T100%), as variedades voltaram a ter comportamentos semelhantes e com a produção dos menores teores de MDA, confirmando assim que a restrição de água no solo leva a couve, o brócolis e o repolho ao estresse.

6.2. Análises bromatológicas das plantas de couve, brócolis e repolho.

No tecido vegetal a maior quantidade de nitrogênio (N) está na forma orgânica, representado em maior proporção por aminoácidos e proteínas (MALAVOLTA et al., 1997; DUBEY & PESSARAKLI, 2001; HU & SCHMIDHALTER, 2005; BARKER & GRETCHEN, 2007).

Em períodos prolongados de seca, a mobilidade do nitrogênio disponível no solo é severamente restringida pelo déficit hídrico. Tanto o nitrogênio na forma inorgânica (amônio,

NH_4^+, nitrato e NO_3^-), quanto na forma orgânica, os aminoácidos (VIRTANEN & LINKOLA, 1946; SCHOBERT et al., 1997). A planta pode então apresentar deficiência desse nutriente (DA MATTA et al., 2002) e, consequentemente, comprometer a síntese de proteínas.

Nas análises químicas de plantas realizadas por WHITE (1984) e GUTBRODT et al. (2011a) foi constatado que nos tratamentos com estresse as plantas apresentavam maior quantidade de nutrientes (análise quantitativa), provavelmente a alterações químicas ocorridas nas plantas sujeitas a estresse. Além disso, de acordo com ZANG et al. (2004), as plantas podem utilizar de estratégias biológicas de tolerância ao estresse abiótico para sobreviver, bem como de outras relacionadas aos mecanismos estruturais (LYNCH, 2007).

Considerando que o N tem uma tendência de se deslocar para profundidades maiores em solo com deficiência hídrica, as plantas podem, para tentar compensar, produzir raízes mais profundas para facilitar a absorção de N junto com a água do solo, por fluxo de massa durante o processo de transpiração da planta.

Embora brassicáceas como couve, brócolis e repolho, em condições adequadas de irrigação possuem raízes com comprimentos semelhantes (20-30 cm em profundidade) (MAROUELLI et al., 1996; FILGUEIRA, 2008; MAROUELLI & BRAGA, 2016), poderiam alcançar diferentes profundidades em condições de déficit hídrico, o que poderia acarretar absorção desigual de nutrientes do solo, como foi constatado por KHAN et al. (2017), em *B. napus*, e por XIONG et al. (2018), em *B. campestres*, sendo que além da maior profundidade alcançada pelas raízes, ocorre também aumento na espessura e no volume das plantas em condições de estresse hídrico.

Comparando-se o efeito dos tratamentos entre as variedades, as condições de déficits hídricos (T50% e T70%) promoveram o aumento no teor de proteína bruta para couve e brócolis, sugerindo que essas plantas são mais eficientes na síntese de proteína, em relação ao repolho, nessas condições. Brócolis demonstrou responder mais positivamente à deficiência hídrica em relação ao teor de proteína (Tabela 4).

Uma possível explicação poderia ser o fato de plantas, especialmente couve e brócolis com déficit hídrico (T50% e T70%) terem maior teor de proteína bruta, comparado com as plantas na capacidade de campo, poderia ser a presença de raízes mais profundas (não avaliado neste trabalho). No repolho na condição T70%, o menor índice de déficit hídrico testado, promoveu maior teor de proteína bruta (24,82 ± 1,34% MS) T50% 20,10 ± 1,08 %MS e T100% (17,48 ± 1,06% MS) (Tabela 4), sugerindo que, possivelmente as raízes não

foram capazes de absorver N na mesma proporção que ocorreu em T70%, afetando assim a concentração de proteínas totais na matéria seca.

A tendência de brássicas com estresse hídrico possuírem maior teor de proteína bruta é corroborada com o trabalho de ASHRAF & MEHMOOD (1990), onde os autores analisaram a tolerância das plantas à seca e verificaram que *B. campestres*, *B. carinata*, *B. juncea* e *B. napus* tiveram aumento no teor de proteína quando cultivadas em solo com deficiência hídrica, em relação àquelas mantidas em capacidade de campo.

Outra maneira de tolerância à baixa disponibilidade de água para a planta seria o ajuste do teor de água nas células por meio do acúmulo de substâncias osmoticamente ativas, tais como o aminoácido prolina, já comentado. Essas moléculas têm o poder de reduzir o potencial osmótico da célula, resultando em retenção ou em maior absorção de água, no sentido de manter a turgescência das folhas (LAMBERS et al., 1998). Esse fenômeno poderia ajudar a compreender o motivo pelo qual nesse trabalho as plantas crescidas no tratamento T50% de água disponível, em relação à capacidade de campo, conseguiram se desenvolver, embora menores em altura e largura e quantidade de folhas.

Saliente-se que a água e o nitrogênio são fatores que limitam fortemente o crescimento e a produtividade das plantas, principalmente em condições de casa de vegetação, conforme citado por GONZALEZ-DUGO et al. (2010) e CHAI et al. (2015).

Poderia também ser inferido que a água seria mais importante que propriamente o nitrogênio para promover o crescimento e a produtividade de brássicas, ou ainda, que plantas com menor estresse hídrico, ou seja, com maior disponibilidade de água no solo, utilizariam melhor o nitrogênio para seu desenvolvimento, pelo fato de estar mais disponível e, por isso, as análises químicas das folhas resultariam em teores menores de proteína bruta.

Em relação ao teor de fibra, que é componente estrutural das plantas (parede celular) e a fração menos digerível do alimento (WEISS, 1999; BERNAUD & RODRIGUES, 2013), a fibra em detergente neutro (FDN) não constituí parede celular na sua totalidade, uma vez que, quando são realizadas as análises químicas para a determinação da fibra FDN, o detergente neutro utilizado no processo de determinação da fibra FDN promove a solubilização da pectina e de outros oligossacarídeos, como as β-glucanas, galactanas e gomas, que são agrupadas na denominação universal de fibra solúvel em detergente neutro ou polissacarídeos não amiláceos e não componentes da FDN (HALL, 2003).

Em vegetais, de modo geral, o teor de FDN varia de 20 a 40% na matéria seca (MS), expressando como componentes principais a celulose, hemicelulose e a lignina, considerando-se que, em média, apenas a hemicelulose representa de 10 a 25% na MS (VAN SOEST et al.,

1994). Nas variedades de brássicas estudadas neste trabalho, a variação do teor de FDN ficou entre 25 a 30% da MS, que é a faixa média para os vegetais de forma geral. Embora tenha sido encontrado essa porcentagem de FDN sem influência significativa entre os diferentes níveis hídricos, em couve do tratamento T70% a redução do teor de FDN favorece a digetibilidade do inseto, ou seja, menos material com menor digestibilidade (Tabela 4).

Por outro lado, para o teor de fibra em detergente ácido (FDA) houve uma tendência das plantas de brócolis e repolho com menor estresse hídrico conter maior teor em fibra. E como a FDA contém celulose e lignina, substâncias encontradas em maior concentração nos caules, mas também presentes nas folhas, representa a indigestibilidade, principalmente da lignina, e que normalmente varia 4 a 12% nos vegetais (SILVA & QUEIROZ, 2002). Neste trabalho o teor de FDA variou de 10 a 16% (Tabela 4), com os maiores valores, no geral, obtidos em repolho, mostrando uma maior influência dos tratamentos, particularmente T100%.

A hemicelulose constitui grupo distinto de polissacarídeos formados por vários açúcares incluindo glicose, xilose, galactose, arabinose e manose, com uma de suas funções a de ligar a celulose à lignina (AGARWAL et al., 2000; HALL, 2003). Por isso, a hemicelulose é importante componente estrutural, e junto com a lignina e a celulose confere resistência ao tecido vegetal (BONONI, 1999; LARS, 2000), sugerindo que as brassicáceas, de modo geral, com estresse hídrico sejam mais resistentes.

Em relação à hemicelulose, o trabalho mostrou que para couve e brócolis os menores valores na matéria seca ocorreram em T70%, enquanto no repolho não houve diferença para os índices de água no solo. Entre as variedades, couve apresentou a tendência de concentrar mais hemicelulose na matéria seca que brócolis e repolho (Tabela 4). Como já citado, o teor de hemicelulose em plantas varia de 10 a 25% na MS (VAN SOEST et al., 1994), com DUARTE (2012) citando o efeito marcante no decréscimo da concentração de hemicelulose em plantas submetidas a estresse hídrico, o que neste trabalho.

Os lipídeos, em conjunto com as proteínas e os carboidratos, são fontes de energia (FARIA et al., 2002), e nas células vegetais os lipídeos diferenciam dos polímeros (ácidos nucleicos; proteínas e carboidratos ou polissacarídeos) por constituírem moléculas pequenas, como o ácido graxo, sendo que eles fazem parte da composição de outras moléculas mais complexas, como os triacilgliceróis (ROSSETTI, 2014), além de estarem presentes na constituição das membranas. Porém, quando há estresse ocorre a peroxidação dos lipídeos em membranas e organelas, o que provoca sérios danos aos componentes celulares (SCANDALIO, 1993). Com base nos resultados deste trabalho (Tabela 4), os teores de

lipídeos acima de 4% (maiores valores) foram obtidos nos T50% e T70% (maior estresse), o que pode estar relacionado com proteção da membrana e das organelas nas condições de estresse.

Quanto à porcentagem de cera nas folhas (cerosidade), embora os resultados apresentados na Tabela 4 não tenham demonstrado diferenças importantes entre os tratamentos, o mesmo não é relatado por COSTA et al., (2014), que obtiveram diferenças no teor de cera epicuticular nas amostras da mesma variedade e oriundas de plantas com e sem estresse.

Os valores de proteína indisponível ligada à fibra em detergente neutro, encontrada nas variedades couve e repolho, tiveram o mesmo padrão, onde as plantas em capacidade de campo demonstraram possuir um teor menor de proteínas ligadas às fibras (de baixa degradação ou não disponíveis). Porém, em brócolis, as plantas do tratamento T50% demonstraram ter maior quantidade de proteína ligada à FDN (Tabela 4). Esse resultado considerado separadamente dos demais sugere que os tratamentos com estresse hídrico influenciaram negativamente a qualidade nutricional das plantas quanto à proteína, uma vez que a proteína ligada à FDN se encontra praticamente indisponível na planta (VAN SOEST et al., 1994). No entanto, como os valores foram muito baixos, quando associados aos dados de proteínas disponíveis, esses dados não alteram quantitativamente os resultados para proteína disponível.

Os resultados para proteína indisponível ligada à FDA, encontrada em maior teor nos tratamentos T100%, com exceção de couve onde ocorreu em T70% (Tabela 4), demonstram um padrão diferente daquele encontrado em relação às proteínas não degradáveis ligadas à FDN. Com base nos resultados encontrados para proteína bruta e proteína indisponível em FDN e FDA, as variedades de couve, brócolis e repolho demonstraram que a condição de estresse é "nutricionalmente favorável" à planta quanto ao teor de proteína disponível, pois as plantas com estresse hídrico continham maior teor desse grupo de compostos.

Nesse sentido, KHEDR et al. (2003) sugerem que o aminoácido prolina contribui para a tolerância da planta ao estresse, no caso salino, por meio da regulação positiva de proteínas protetoras contra o estresse, o que, possivelmente ocorreu neste trabalho onde as proteínas quantificadas podem ser diferentes qualitativamente nas plantas com estresse mais intenso, sugerindo que o maior teor de proteínas disponíveis nas plantas com estresse seja mesmo resultado de proteínas de proteção da planta em relação ao estresse sofrido (WHITE, 1984; SKRIVER & MUNDY, 1990; VILARDELL et al., 1994; BOHNERT et al., 1995; QURESHI et al., 2007).

De acordo com RODRIGUES et al. (2004), quando existe estresse há redução no teor proteico e aumento do teor de fibra, associado à elevação no teor de lignina. A lignina forma uma barreira que impede a aderência microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, indisponibilizando os carboidratos estruturais potencialmente degradáveis e reduzindo a digestibilidade da matéria seca (ZHU, 2001; TESTER & DAVENPORT, 2003; PARIDA & DAS, 2005).

A matéria mineral ou cinza, composta pelo resíduo inorgânico obtido após a "queima" da matéria orgânica, que é convertida em CO_2, H_2O e NO_2 e indica a riqueza da amostra em elementos minerais (SILVA & QUEIROZ, 2002), para a variedade couve e para brócolis, o tratamento com maior nível de estresse (T50%) resultou em maior teor de matéria mineral (Tabela 4).

Quanto aos carboidratos totais, a maiora dos tratamentos nas três variedades estudadas mostraram teores acima de 60%, excessão feita a brócolis (T50%) e ao repolho T70%) (Tabela 4), havendo, portanto, pouca variação entre eles. Porém, os resultados demonstram que os tratamentos T100% (capacidade de campo) proporcionaram os maiores teores de carboidratos totais na matéria seca, ao contrário do que é relatdo em alguns trabalhos, onde as plantas estressadas acumulam mais carboidratos (CHAVES-FILHO & STACCIARINI-SERAPHIN, 2001; ARBONA et al., 2013).

Uma possível explicação para os teores de carboidratos encontrados nas brássicas com estresse hídrico serem, de modo geral, inferiores aos do tratamento T100%, seria a utilização pela planta de alguns desses compostos, como a sacarose, na osmorregulação (MLLER et al., 1997), sugerindo que as plantas com estresse utilizam mais carboidratos na tentativa de diminuir os efeitos fisiológicos negativos do estresse.

Como os componentes nutricionais têm mobilidade na planta, de acordo com as funções que eles desempenham, plantas com estresse hídrico poderiam mobilizar os carboidratos osmorreguladores utilizando-os e/ou degradando-os em células como as contidas nos estômatos, em intensidade diferente quando comparado com plantas sujeitas a menores índices de estresse (com maior quantidade de carboidratos), corroborando com o que é citado por HITE et al. (1993), que verificaram a ocorrência de enzimas de síntese e de degradação da sacarose em altos níveis de atividade nas chamadas células-guarda.

6.3. Biologia comparada de *Plutella xylostella* em laboratório.

Considerando que as plantas com déficit hídrico sofrem estresse fisiológico podendo modificar, por exemplo, a palatabilidade de seus tecidos aos insetos herbívoros, oriundas de

mudanças químicas e aumento dos níveis de aminoácidos e açúcares livres (LOUDA & COLLIGE, 1992; HALE et al., 2005; SCHEIRS & DE BRUYN, 2005), verifica-se que não foi possível observar tais influências em couve, brócolis e repolho cultivados nos três níveis de água no solo (T%50%, T70% e T100%), uma vez que não ocorreu diferença no consumo foliar pelas lagartas de *P. xylostella* nas três variedades. Ainda em relação à área foliar consumida, no índice mais restritivo de água (T50%) a couve foi mais consumida (3,36 ± 0,44 cm^2) que brócolis (1,46 ± 0,27 cm^2) e repolho (2,14 ± 0,21 cm^2) (Tabela 5). Assim, pode-se inferir que as condições hídricas não levaram à produção de nenhum tipo de fator que levasse o inseto a aumentar ou diminuir o consumo, incitante ou deterrente para alimentação.

Outro fator importante e que pode interferir na alimentação dos insetos diz respeito à barreira física e química representada pela camada de cera epicuticular (EINGENBRODE & ESPELIE, 1995; ESCALANTE-EROSA et al., 2004; WANG et al., 2006). Algumas espécies da família Brassicaceae apresentam uma camada cerosa epicuticular espessa, sendo, por exemplo, 10 μm para a canola, *B. napus*) (STÄDLER & REIFENRATH, 2009), sendo que vegetais que apresentam camadas cuticulares cerosas mais espessas sofrem menos ataque herbívoro, podendo apresentar redução na sobrevivência das larvas que se alimentam dessas plantas, uma vez que a cera dificulta a fixação dos insetos nas plantas (EINGENBRODE & ESPELIE, 1995) e, provavelmente, a mastigação e ingestão, bem como os parâmetros relativos aos índices de consumo e utilização do alimento.

PICOAGA et al. (2003) observaram que genótipos de couve com folhas mais brilhantes, possuem uma maior concentração de cera e, apresentaram maior resistência a lagartas, no entanto, neste trabalho a quantidade de cera epicuticular encontrada em couve, brócolis e repolho semelhante entre os tratamentos e as variedades, assim como o consumo foliar, não corroborando dos referidos autores, bem como aqueles citados por COSTA et al. (2014), trabalhando com couve, podendo-se explicar esses resultados divergentes pelas condições bióticas e abióticas diferentes nas pesquisas, como por exemplo, espécies, variedades, idade das plantas, entre tantos outro.

Observou-se também que ocorreu efeito do tratamento T50% nas variedades, onde os insetos se alimentaram mais de couve do que brócolis e repolho, sendo que uma explicação para esse fato possa estar relacionada com o maior teor de fibra FDN na couve nessas condições, o que teria feito os insetos consumirem mais tecido vegetal para compensar a maior quantidade de material indisponível nas folhas, como relatado por WARNER (1981).

O período de vida das lagartas de *P. xylostella* foi influenciado pelos diferentes índices de água no solo apenas para a couve, onde T50% alongou significativamente fase larval

(Tabela 5), que foi a condição onde o inseto consumiu maior quantidade de área foliar e onde também foi encontrado maiores teores de fibras em detergente neutro e ácido (somados), o que justificaria o alongamento da fase larval, corroborando com a observação de WARNER (1981), uma vez que as fibras não degradáveis tornam a digestão do inseto mais lenta, dificultando a nutrição adequada no tempo normal de vida. Assim, o substrato alimentar que proporciona a menor duração para o ciclo de vida do inseto seria mais adequado nutricionalmete, ou seja, alimentos mais adequados propiciam fases de desenvolvimento mais curtas que, ao longo do tempo, favorecem o crescimento populacional da espécie, como citam PARRA (2000), SANTOS et al. (2000) e NAVA et al. (2005).

Embora existam casos onde variedades de plantas podem levar o inseto a ter o ciclo de vida mais longo, causados por barreira alimentar física ou nutricional, levando os insetos a ingerirem uma menor quantidade de alimento levando ao desequilíbrio nutricional (HERNANDEZ & VENDRAMIM, 1997), em outros podem proporcionar melhoria em outras características, como pupas mais pesadas (BOIÇA JÚNIOR et al., 2011).

Quanto à viabilidade larval, a maior porcentagem de mortalidade foi observada em repolho e no tratamento T70%, onde as folhas tinham o menor o teor de carboidratos totais (Tabela 5). Considerando-se que os carboidratos fazem parte do grupo dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução dos animais (BEHMER, 2009; RAUBENHEIMER et al., 2012), a quantidade disponível para as lagartas de *P. xylostella* nas folhas do referido tratamento não foi suficiente para o desenvolvimento normal, influenciando negativamente na viabilidade larval.

O peso das pupas, período pupal e viabilidade pupal não foram afetados pelos níveis de água no solo nas três variedades de brássicas, mesmo com as diferenças nas análises químicas já comentadas. Analisando-se os resultados na condição de capacidade de campo (T100%) verifica-se, dos três parâmetros biológicos de *P. xylostella* citados, o único que apresentou diferença significativa entre as variedades foi a viabilidade pupal, com brócolis sendo bastante superior para o inseto (84,0 ± 2,44%, 58,0 ± 8,60% e 48,0 ± 8,60%, respectivamente para brócolis, repolho e couve) (Tabela 6).

Os parâmetros biológicos razão sexual, viabilidade de ovos e longevidade de fêmeas e de machos de *P. xylostella* não foram influenciados pelos diferentes níveis de água no solo em nenhuma das variedades estudadas. Já, o número de ovos por fêmea resultou em diferença apenas na couve, onde as maiores eficiências de postura ocorreram em T100% (218,60 ± 20,71) e T50% (187,60 ± 23,79). Tomando-se por base os resultados obtidos com T100% (capacidade de campo), verifica-se que apenas o número de ovos por fêmea mostrou diferença

entre as variedades, com couve se sobressaindo com a maior quantidade de ovos (218,60 ± 20,71) com brócolis e repolho apresentando os valores de 178,60 ± 21,70 e de 143,50 ± 18,66 (Tabela 7).

Deve-se destacar que todos os insetos em experimentação receberam na fase adulta como alimento uma solução aquosa de mel a 10% e que, segundo PORTILLO et al. (1996), PARRA et al. (1999) e FONSECA et al. (2005), fêmeas adultas de Lepidoptera são exigentes quanto a alimentos proteicos, sais, nutrientes, vitaminas, carboidratos e lipídeos, para poderem expressas fecundidades ótimas. Assim, pelos resultados obtidos, pode-se dizer que as diferenças provocadas nas plantas pelos diferentes índices de água no solo experimentados em couve, brócolis e repolho e que serviram de alimento para as larvas não tiveram efeito nos adultos.

Para que sejam obtidos adultos de qualidade, os insetos na fase larval devem ter uma nutrição qualitativa e quantitativa adequada (PANIZZI & PARRA, 2009). Em geral, em Lepidoptera, a adição na alimentação de carboidratos (principalmente sacarose) em concentrações em torno de 10% parece ser suficiente para aumentar a longevidade e permitir o inseto expressar seu potencial reprodutivo máximo (FONSECA et al., 2005), com MILANO et al. (2010) citando que para *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) expressar melhor sua capacidade reprodutiva exige alimentação devidamente balanceada em nutrientes.

Também há casos onde a privação alimentar (ou nutrição inadequada) pode levar a reabsorção de oócitos pelas fêmeas, no sentido de suprir energia para a realização de outras atividades metabólicas (BOGGS & ROSS, 1993; ROSENHEIM et al., 2000; TORRES-VILA et al., 2002) ou, ainda, havendo pressão de oviposição pelo desenvolvimento do ovário (OPP & PROKOPY, 1986), havendo deposição apenas dos ovos já completamente maduros. Esses últimos dados ajudariam a compreender o que ocorreu com o tratamento T70% em couve, considerando que houve algum impedimento para que as fêmeas fossem devidamente nutridas tendo que reabsorver oócitos para garantir o seu desenvolvimento, bem como a própria sobrevivência.

6.4. Tabela de vida de *Plutella xylostella* em laboratório.

A partir dos resultados encontrados em couve sobre a taxa de sobrevivência e número de fêmeas produzidas por tempo x (mx), em dias, pode-se observar que os tratamentos T50%, T70% e T100% geraram curvas de sobrevivência tipo 1, 2 e 2 respectivamente, e caracterizaram diferentes padrões para mx.

Com base nas análises químicas das plantas, poderia ser sugerido que houve influência da proteína disponível no padrão de mx para T50% e T100%, pois embora ambos produzissem descendentes fêmeas em grande quantidade, em T50% a produção de fêmeas se estendeu ao longo da vida adulta, sendo que em T100% a produção foi nos primeiros dias de vida.

Uma provável explicação para esse padrão se baseia no fato de que lepidópteros, em geral, alimentam-se intensamente na fase larval (BERNAYS, 1998) e sua nutrição age diretamente sobre o sistema endócrino e indiretamente no processo de maturação sexual (nos oócitos). Dentre os nutrientes, principalmente a ingestão de proteínas parece ter ação sobre a produção de oócitos em algumas espécies de lepidópteros (WHEELER, 2006). Além disso, a proteína pode também influenciar no comportamento de oviposição (PAPAJ, 2000).

Porém, em couve T70%, é interessante observar que a sobrevivência foi estável nos primeiros dias e durante toda a produção de fêmeas (mx), no entanto, foi encontrado para este tratamento semelhante teor de proteína em T50%, mas diferentes padrões de sobrevivência e produção de mx.

Assim, esses dados reforçam a hipótese de falta de recursos nutricionais via alimentação, ou o desvio na utilização dos recursos nutricionais para outras atividades não relacionadas à reprodução, com consequente reabsorção de oócitos pelas fêmeas na tentativa de direcionar mais energia para outras atividades metabólicas (BOGGS & ROSS, 1993; ROSENHEIM et al., 2000; TORRES-VILA et al., 2002), o que levaria os insetos à morte e de forma acentuada, logo após o término da oviposição, mas garantindo a geração de uma prole.

Os insetos que se desenvolveram se alimentando de brócolis nos tratamentos T50% e T70% com curva de sobrevivência tipo 1, demonstraram diferentes padrões de mx. Em T50% a produção de mx inicia alta e em T70% inicia baixa e, praticamente dobra o número de mx, enquanto que para T100%, o número de mx acompanha a curva da taxa de sobrevivência, e num intervalo de tempo mais curto.

Embora os insetos em T50% e T100% tivessem semelhante padrão de sobrevivência, a quantidade de proteína disponível em T50% foi quase o dobro do que foi encontrado em T70% e T100%, sendo nítido que o número de mx é inferior em T70% e T100%. Porém, os insetos que se desenvolveram em brócolis, independente do tratamento, resultaram em maior número de mx do que aqueles que se desenvolveram em couve. Os insetos que se alimentaram de repolho possuem o mesmo padrão de sobrevivência (tipo 1), porém o número de mx é inferior em T50% e em todos os tratamentos o maior pico de mx é no primeiro dia.

Considerando todos os mx para todos os tratamentos pode-se inferir que T50%, com exceção da couve, as gerações F2 receberiam maior contribuição genética das fêmeas do que de machos, uma vez que, segundo HAMILTON (1967), o sexo menos frequente terá maior perspectiva de acasalamento e maior contribuição para a próxima geração. Nesse estudo com *P. xylostella*, as qualidades nutricionais dos tratamentos beneficiaram mais as fêmeas, assim sendo, as proles também seriam beneficiadas pela qualidade da mãe.

Outro fator interessante entre os picos de mx para as três variedades e respectivos tratamentos, é que principalmente em couve T50% e todos os tratamentos de repolho, a quantidade de picos de mx foi mais frequente, sugerindo que houve maior frequência de acasalamentos e maior aceitação do macho pela fêmea.

Embora os nutrientes das plantas tenham sido apenas quantificados e não qualificados, reiterando a discussão sobre os nutrientes de acordo com os efeitos do estresse hídrico, onde embora ocorresse, por exemplo, quantidades significativamente diferentes das proteínas disponíveis ao herbívoro, não se sabe quais seriam as proteínas que foram quantificadas, sendo os insetos que se alimentaram destes tratamentos, provavelmente, diferentes em termos qualitativos.

Na maioria das espécies de insetos a aceitação do macho pela fêmea pode ser variável e é influenciada pelo primeiro acasalamento, pois na transferência do material genético para a fêmea pode ocorrer uma resposta fisiológica (EBERHARD, 1996; RINGO, 1996). Em algumas espécies, os espermatozoides são a causa da rejeição, mas em outras, a mudança se deve a um "não atrativo sexual" oriundo do fluido seminal (RINGO, 1996), induzindo a modificações no comportamento de procura pelo parceiro, ou seja, modificações no comportamento de oviposição (JANG, 1995).

Assim, se forem observados os padrões configurados entre as variedades e tratamentos das variedades de brássicas, pode-se ver que foram variáveis os picos de produção de mx, podendo ocorrer variabilidade na taxa de "recópula", em resposta a fatores endógenos como a idade, o estado nutricional (como ingestão de proteína) e a história de acasalamento, uma vez que estes fatores têm sido relacionados diretamente com o comportamento sexual dos insetos (BARTON-BROWNE, 1993). Por isso, imagina-se que possa ter existido influencia no número de mx em couve T70% e brócolis T70% e T100%, com menor quantidade de picos de mx.

Quanto à taxa líquida de aumento populacional (R_0), que significa o número total de descendentes produzidos em função do tempo, pode-se observar que, embora os insetos que se alimentaram de T50% em couve tenham produzido valor de R_0 semelhante a T100%, em

brócolis e repolho no tratamento T50%, as taxas líquidas estimadas de aumento populacional não favoreceram a produção de descendentes, ao contrário dos demais tratamentos nas três variedades.

Entre todas as variedades, os valores de R_0 obtidos no repolho foram inferiores ou semelhantes aos menores valores de couve e brócolis, caracterizando que independente do tratamento (mais estresse ou menos estresse) e de diferenças nutricionais ou características físicas das plantas, os valores foram semelhantes.

Como os resultados das análises químicas das plantas apresentam diferenças e, com base nos resultados em couve e brócolis, é possível que em repolho *P. xylostella* não conseguiu ter taxa líquida de reprodução superior aos tratamentos com estresse hídrico, como foi para brócolis e couve.

Analisando a razão finita de aumento, que representa o número de fêmeas adicionadas à população descendente, por cada fêmea mãe por unidade de tempo, os tratamentos T100% de couve e brócolis também favoreceram mais o aumento populacional de *P. xylostella* do que os tratamentos com maior estresse (T50%).

Um parêntese relevante a esses dados trata-se da espessura das folhas de brássicas, que embora não tenham sido analisadas, pode ser um fator divergente dos resultados de área foliar obtidos, uma vez que alterações na anatomia foliar, como na espessura, agem diretamente nos insetos herbívoros (EDWARDS & WRATTEN, 1981; PINHEIRO et al., 1999; PEETERS, 2002).

É importante considerar que pode haver modificações no tamanho das células e organelas do mesófilo foliar, principalmente na condição de estresse hídrico (NILSEN & ORCUTT, 1996), e que a clorofila é encontrada em grande parte no mesófilo como em cloroplastos (TAIZ & ZEIGER, 1998). A redução de água no mesofilo foliar (com ou sem redução da pressão de turgor) atinge a atividade química e estrutura interna na célula, com consequente alteração na condição de hidratação de proteínas e enzimas (reduzindo o efeito de suas atividades), além das modificações nas disposições das organelas, dificultando a interação entre elas (NILSEN & ORCUTT, 1996).

Com base nessas informações pode-se entender o quanto é complexo a contribuição de uma alimentação ao inseto, uma vez que é difícil a mensuração de nutrientes ingeridos pelos mesmos; mas, por outro lado, auxilia a compreender que mesmo numa situação como de consumos foliares semelhantes, ocorrem diferentes resultados biológicos nos insetos.

Devido à sua natureza lipídica, a cutícula mais espessa pode evitar a perda de água excessiva por transpiração, sendo, portanto, um importante mecanismo de tolerância ao déficit

hídrico (CASTRO et al., 2009); os insetos podem ter se alimentado de uma mesma área foliar mas, se a espessura for diferente, pode o inseto se ter ingerido diferentes quantidades de folha (em massa) e nutrientes.

Quanto à capacidade inata da espécie aumentar em número ou taxa intrínseca de aumento (r_m), que segundo ANDREWARTHA & BIRCH (1954) é o parâmetro mais importante para estimar o sucesso de uma espécie num determinado ambiente, maiores valores de r_m significam que mais bem sucedida será a população ou espécie estudada num ambiente específico.

É interessante observar que mais uma vez os insetos que se desenvolveram em couve e brócolis no tratamento T100% foram aqueles que demonstraram maior sucesso reprodutivo, assim como as populações de brócolis e repolho T70%.

Esses resultados sejam importantes quando são relacionados com os dados nutricionais das plantas, e embora os resultados da tabela de vida tenham demonstrado uma melhor performance do inseto nos tratamentos com menor estresse, pelos resultados nutricionais poderia ser concluído que os tratamentos com maior estresse alcançariam melhores performances.

Quanto ao tempo (T), que se trata do período médio de geração ou duração média de uma geração, tanto o tratamento T50% em couve e em repolho, como T100% resultaram em insetos com ciclo de vida mais longo, o que não parece ser positivo para os insetos considerando-se o parâmetro T.

Trabalhos, como o de MATTSON & HAACK (1987), demonstraram resultados diferentes, onde o estresse hídrico favoreceu o crescimento, a reprodução de insetos das ordens Lepidoptera, Orthoptera e grupos como dos ácaros, devido ao calor gerado em plantas com défict hídrico pelo fechamento dos estômatos e reduzindo o resfriamento transpiracional, ou seja, os insetos eram expostos a temperaturas mais elevadas em hospedeiros com défict hídrico, sendo que essa condição promoveu um ciclo de vida mais curto.

Quanto ao tempo necessário para a população duplicar em número, T50% e T100% em couve, e T70% em brócolis e em repolho foram os tratamentos que promoveram os menores tempos para as populações de *P. xylostella* duplicarem.

6.5. Biologia comparada de *Plutella xylostella* em casa de vegetação.

Os insetos que se desenvolveram em casa de vegetação, diferentemente daqueles trabalhados em laboratório, se alimentaram em folhas não eram retiradas das plantas. No entanto, os resultados de consumo foliar em casa de vegetação não demonstram diferenças

quando comparados com aqueles obtidos no laboratório. Porém, como já foi discutido anteriormente, diferenças podem ocorrer quanto à quantidade consumida (em massa) se for considerada a espessura das folhas, diferentes nas duas condições de experimentação.

Essas considerações confirmam os resultados para o período larval que foi menor em tratamentos com mais estresse e, considerando que nestes tratamentos a quantidade de proteína foi mais elevada, pode-se inferir que houve influência da proteína no tempo de vida das larvas. Por outro lado, os tratamentos favorecidos com a fase larval mais curta tiveram viabilidade inferior, com exceção da população que se alimentou das plantas da variedade de couve, onde os tratamentos foram semelhantes.

Analisando os resultados conjuntamente, o efeito da alimentação, a princípio positiva para as populações de *P. xylostella,* indica ao fim do ciclo um possível efeito de antibiose (PAINTER, 1951), principalmente em brócolis e repolho com maior estresse hídrico. Isto, provavelmente, seja consequência das características qualitativas dos nutrientes, uma vez que quantitativamente os resultados foram positivos para os tratamentos com estresse hídrico mais intenso.

Considerando que os insetos estavam se alimentando das folhas das plantas em vasos, é relevante pensar na provável atividade da planta durante a herbivoria de *P. xylostella,* onde possivelmente ocorra o desencadeamento de uma resposta indireta ao ataque das lagartas via alimentação, ou uma resposta induzida, no sentido de proteger a planta contra o ataque do herbívoro. Segundo (DICKE et al., 1998), respostas induzidas de defesa podem resultar em redução na sobrevivncia, reprodução ou desenvolvimento do inseto, como foi observado nas populações de *P. xylostella* que se alimentaram de brócolis e repolho nos tratamentos com estresse hídrico (T50% e T100%).

Por outro lado, foi possível observar que para os insetos dos tratamentos T100%, a viabilidade larval e pupal foram maiores e provavelmente não houve efeito negativo por resposta induzida da planta quando comparado aos tratamentos com estresse. Uma possibilidade para essas diferenças, quanto à sugerida resposta induzida da planta, é em relação aos tratamentos com estresse hídrico, uma vez que, provavelmente, as plantas com maior estresse abiótico (hídrico) quando sofreram estresse biótico (por alimentação das lagartas), foram mais responsivas a inicializar mecanismos de defesa induzida.

6.6. Tabela de vida de *Plutella xylostella* em casa de vegetação.

Quando se comparam os gráficos de sobrevivência e fêmeas produzidas (mx), pode-se perceber o efeito dos tratamentos nos insetos em cada variedade, onde apenas T70% em

couve e T70% e T100% em repolho foram superiores quanto à sobrevivência e número de mx. Interessante é o resultado para T100% em brócolis, uma vez que, embora a sobrevivência tenha sido alta e o número de mx baixo, a frequência de oviposição foi constante durante o período de tempo da sobrevivência.

Comparando-se a taxa de sobrevivência dos insetos em brócolis T100% e couve e repolho, em todos os índices hídricos, verifica-se que a taxa de sobrevivência é uma das maiores e o número mx é o menor. Uma das possíveis explicações seria que poderia ter ocorrido falta de recursos nutricionais, com a reabsorção de oócitos pelas fêmeas (BOGGS & ROSS, 1993; ROSENHEIM et al., 2000; TORRES-VILA et al., 2002), mesmo existindo aparentes acasalamentos sequenciais (EBERHARD, 1996; RINGO, 1996), o que promoveria maior número de mx. Outra diferença nos tratamentos, entre variedades, está relacionada com a sobrevivência que foi menor para os insetos alimentados com folhas de couve.

Quando à taxa líquida de aumento populacional (R_0), nota-se que os insetos que se alimentaram no tratamento T50% em couve e brócolis e no T100% em couve tiveram a produção da prole afetada. Já, a taxa intrínseca de aumento (rm) mostra que os insetos que se desenvolveram em couve e brócolis no tratamento T70%, bem como em repolho no T100% foram aqueles que demonstraram maior sucesso reprodutivo. E segundo NAKAYAMA (2013), a quantidade de proteína em diferentes variedades de brássicas são diferentes, uma vez que a proteína é positiva ao desenvolvimento dos insetos, influenciando os aspectos reprodutivos dos insetos ZUCOLOTO (2000), porém foram encontrados maior quantidade de proteína em plantas do tratamento T50% e com base nos dados de tabela de vida nota-se efeitos positovos para os insetos que se alimentaram de plantas do tratamento T100%.

Porém, o tempo (T) foi melhor para couve e brócolis na condição hídrica T70%, enquanto o tempo necessário para a população duplicar em número foi melhor em T70% na couve e em T50% no brócolis.

Com os resultados encontrados é possível verificar que os tratamentos T70% e T100% nas três variedades foram, de modo geral, aqueles que mais favoreceram o desenvolvimento de *P. xylostella*. Segundo FELIPE E ZUCOLOTO (1993), a distribuição e a abundância dos insetos podem ser influenciadas diretamente pela alimentação, podendo modificar os processos biológicos, morfológicos e de comportamento dos insetos.

6.7. Influência do estresse hídrico em plantas de couve, brócolis e repolho em produção de metabólitos secundários sobre *Plutella xylostella* e *Trichogramma pretiosum*

As brássicas desenvolveram diversas maneiras de responder ao estresse hídrico, entre elas o aumento na produção e acúmulo dos glucosinolatos (CHAMPOLIVIER & MERRIEN, 1996; JENSEN et al., 1996; PASCHOLD et al., 2000; GARDNER, 2002; RADOVICH et al., 2005; ZHANG, 2008; SCHREINER et al., 2009), porém há também resultados não significativos ou de reduções desses compostos em plantas com estresse (ROBBINS, 2005; REN et al., 2009; GUTBRODT et al., 2011a; KHAN et al., 2011; GUTBRODT et al., 2011b).

Os metabólitos secundários podem acumular durante um estresse hídrico leve a moderado, porque sua síntese é reforçada pelo aumento dos níveis de carbono disponível e azoto (SHARPE et al., 1985; LORIO, 1986). Plantas de hortelã (menta) com estresse hídrico, por exemplo, tem os níveis de terpenoides aumentados (GERSHENZON, 1984), assim como em outras espécies (HOFFMANN et al., 1984; SHARPE et al., 1985).

Fatores como tempo de exposição e severidade do estresse podem modificar a resposta da planta ao estresse sofrido, uma vez que fisiologicamente esse estresse pode ser reversível ou não (BLUM, 1986; BRAY, 1997), e dessa forma podem modular a respostas nas plantas, como a emissão de voláteis. Neste trabalho, utilizando as brássicas couve, brócolis e repolho, houve resposta das plantas à intensidade do estresse hídrico sofrido no tempo, com aumento de voláteis em plantas com maior estresse.

Interessante observar que a quantidade de compostos coletadas das plantas, pertencentes a três classes químicas representados por terpenoides (monoterpenos e sesquiterpenos), derivados de ésteres e aldeídos, de modo geral são atrativos para herbívoros e inimigos naturais (DUDAREVA et al., 2004; PICHERSKY et al., 2006; MAFFEI, 2010).

Como esses compostos vegetais voláteis (VOC) são lipofílicos e possuem baixo peso molecular, eles podem atravessar membranas e entrar em contato com a atmosfera, solo e com diversos organismos (DUDAREVA, 2006; NEGRE-ZAKHAROV et al., 2009; DONG et al., 2016), além de apresentarem como característica importante a velocidade que são formados/emitidos após um estresse, justamente por comporem pequenas quantidades (SCALA et al., 2013).

O composto (E)-2-hexenal é um aldeído e age como defesa da planta contra herbívoros, podendo comunicar-se com plantas não danificadas e assim estimular os mecanismos de defesa antes mesmo da presença do herbívoro (ARIMURA et al., 2001). De acordo com TUMLINSON et al. (1993), o (E)-2-hexenal pode atuar na defesa indireta de plantas, como verificado no estudo com milho sob o ataque de *Spodoptera exígua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), promovendo a atratividade do parasitoide *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae), além de estar envolvido em resposta ao estresse

abiótico como um sinalizador químico associado a expressão gênica (KESSLER et al., 2014; YAMAUCHI et al., 2015).

Neste trabalho o (E)-2-hexenal foi encontrado em plantas dos três tratamentos, mas apenas na variedade couve houve efeito do tratamento com maior nível de estresse.

O (Z)-3-hexen-1-ol ou 3-hexen-1-ol, ou cis-3-hexen-1-ol é um álcool de folha com um intenso odor de grama verde e folhas recentemente cortadas, e atua como um atrativo para muitos insetos predadores, mas também são utilizados como pistas químicas por outros grupos de insetos herbívoros como *Empoasca vitis* Göthe (Hemiptera: Cicadellidae) para oviposição. Embora este composto tenha sido encontrado neste trabalho nas variedades de couve e de brócolis, apenas as plantas com maior estresse hídrico em couve diferenciaram das plantas em capacidade de campo.

O composto (Z) 3 hexenyl acetate ou Cis-3-hexenyl acetate ou (Z)-3-hexenyl acetate ou (Z)-Hex-3-enyl acetate ou 3-Hexenylacetate ou Cis-3-Hexenyl ethanoate é um éster e foi encontrado em todos os tratamentos de couve e brócolis e em maior quantidade naqueles com maior intensidade de estresse. Embora REDDY et al. (2004) não tenham detectado esse composto em folhas intactas, eles conseguiram extrair esse volátil a partir de extrato de folhas de *B. oleracea* var. *capitata*, e obtiveram resultados positivos na atratividade de *P. xylostella* em laboratório e em campo.

Quanto aos compostos da classe terpenoides, apenas dois tipos foram emitidos pelas plantas das três variedades, sendo eles os monoterpenos com uma grande variedade de compostos e os sesquiterpenos com apenas dois compostos. De modo geral, esses dois tipos de compostos abrangem a maior parte de compostos voláteis verdes emitidos por couve, brócolis e repolho em seus respectivos tratamentos de estresse hídrico.

Geralmente, os voláteis emitidos pelas plantas induzidos pela herbivoria (estresse biótico) são misturas voláteis dominadas por terpenoides (HARE, 2011; MITHOFER & BOLAND, 2012; HOLOPAINEN & BLANDE, 2013), e são emitidos uma gama de terpenos em resposta ao ataque de herbívoros (DE MORAES et al., 1998; MITHOFER & BOLAND, 2012; PONZIO et al., 2014).

De acordo com ORMEÑO et al. (2007), estudando o efeito do déficit hídrico em *Rosmarinus officinalis, Pinus halepensis, Cistus albidus* e *Quercus coccifera*, os monoterpenos foliares parecem proteger mais a planta em situações de estresse hídrico prolongado (11 dias), e acabam muitas vezes impedindo a ciclização dos sesquiterpenos, levando-os a não serem emitidos ou emitidos em menor quantidade, embora os sesquiterpenos tenham função importante na planta, onde eles agem como protetores antioxidantes.

O composto alpha thujene ou 3-thujene; (-)-3-thujene ou origanene ou bicyclo[3.1.0]hex-2-ene ou 2-methyl-5-(1-methylethyl) é um monoterpeno, que neste trabalho foi encontrado apenas na variedade de couve e com diferente quantidades nos tratamentos de estresse hídrico, porém VUORINEN et al. (2004) verificaram aumento na emissão do mesmo causado por estresse biótico em *Brassica* após dano por *P. xylostella.*

Outro monoterpeno coletado foi o composto alpha pinene ou 2-pinene ou alpha-pinene ou acintene A ou pinene isomer, que foi encontrado nas três variedades (couve, brócolis e repolho) e nos três tratamentos (T50%, T70% e T100%), e assim como os demais, os tratamentos com maior intensidade de estresse continham maior quantidade do composto.

O alpha pinene foi utilizado em estudo recente com díptera *Contarinia nasturtii* Kieffer (Diptera: Cecidomyiidae), um inseto especialista "galhador" em brássica, como sinal químico de localização da planta hospedeira (BODDUM et al., 2018).

O composto Sabinene ou (1S,5S)-sabinene ou (1S,5S)-1-isopropyl-4-methylenebicyclo[3.1.0]hexane; 4(10)-Thujene ou (1S,5S)-thuj-4(10)-ene também é um monoterpeno, e foi encontrado em todas as variedades utilizadas neste trabalho e em todos os tratamentos, em maior quantidade nas plantas com maior estresse hídrico.

O myrcene ou beta-myrcene ou 7-methyl-3-methyleneocta-1,6-diene ou 7-Methyl-3-methylene-1,6-octadiene ou 1,6-octadiene ou7-methyl-3-methylene também é um monoterpeno, tendo sido coletado em couve e brócolis e em todos os tratamentos de estresse hídrico, com valores mais altos nas plantas com maior estresse.

O limonene que foi encontrado nas plantas com tratamentos de estresse hídrico como um dos principais compostos na separação dos tratamentos, também foi citado por SHIOJIRI et al. (2001) e VUORINEN et al. (2004) como um dos principais compostos voláteis em couve e atrativos para *P. xylostella,* assim como são atrativos para outros grupos de insetos como o predador *Podisus maculiventris* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae) (IBRAHIM & HOLOPAINEN, 2002) e parasitoides como *Cotesia plutellae* (Kurdjurmov) (Hymenoptera: Braconidae) e *Diadegma semiclausum* (Hellen) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (BUKOVINSZKY et al., 2005; IBRAHIM et al., 2005).

TARIQ et al. (2013) observaram que a emissão do volátil limoneno foi maior em brássicas não infestadas por pulgões (estresse biótico), sendo encontrado neste trabalho aumento na emissão de limonene nas plantas com maior estresse hídrico, nas três variedades testadas.

O composto Eucaliptol ou Cineole; 1,8-Cineole; 1,8-Cineol; Cajeputol é um monoterpeno muito atrativo para parasitoides (YANG et al., 2016), que foi também

encontrado no presente trabalho em couve e em brócolis nos tratamentos com maior estresse hídrico.

O beta ocimene é um dos voláteis de plantas mais bem documentados e de importante resposta induzida à herbivoria (estresse biótico) (ARIMURA et al., 2000; DE MORAES et al., 2001; PONZIO et al., 2014; TAKEMOTO & TAKABAYASHI, 2015). A emissão de β-ocimeno resultou em maior atração para fêmeas de *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) (BIRKETT et al., 2000), assim como é atraente para *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mimaridae), que é um parasitoide de ovos de *Homalodisca vitripennis* (Germar) (Hemiptera: Cicadellidae).

O composto terpinolene ou isoterpinene ou terpinolen ou alpha-terpinolene; 1,4(8)-p-menthadiene é um monoterpeno que em situações de estresse hídrico teve sua emissão diminuída e em tratamentos com estresse biótico ela foi aumentada em plantas de *Picea abies* (MADMONY et al., 2018). Neste trabalho foi encontrado terpinolene em plantas de couve e de brócolis e em maior quantidade nos tratamentos com maior estresse.

O benzaldehyde ou benzoic aldehyde ou benzenecarbonal ou phenylmethanal ou benzenecarboxaldehyde trata-se de um aldeído, que foi testado e mostrou-se como um dos mais fortes atrativos para *P. xylostella* (DAI et al., 2008) e repelente para *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) (ANDERSON et al., 1993). Este composto também foi coletado nas três variedades de brássicas e em maior quantidade nos tratamentos com maior estresse hídrico.

O composto (E) DMNT é um sesquiterpeno que, em estudo com repolho chinês apresentou sua emissão aumentada tanto em plantas intactas como em plantas com injúria por lagartas de *P. xylostella* (LIU & JIANG, 2003). Assim como outros compostos terpenoides, o (E) DMNT é pista para o parasitoide *C. plutellae*, principalmente quando há injúria de *P. xylostella* (SHIOJIRI et al., 2001). Para as variedades de couve e de brócolis foi encontrado este composto em maior quantidade nas plantas com maior estresse hídrico.

O composto nonanal (aldeído) foi coletado nas três variedades de brássicas, sendo em maior quantidade nos tratamentos com estresse hídrico. Nas plantas da espécie *Vicia faba*, em tratamentos com estresse hídrico, foi identificado nonanal, porém não foi encontrado em tratamentos com estresse biótico por infestação de *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) (SALERNO et al., 2017). Segundo esses autores, estresses simultâneos (abiótico e biótico) afetam negativamente não somente a emissão do volátil nonanal como também de: b-ocimeno, (E)-2-hexenal, cânfora, decanal e (Z) -3-hexen-1-ol.

Quanto ao composto caryophyllene, um sesquiterpeno, que neste trabalho foi coletado nas três variedades de couve, brócolis e repolho e em maior quantidade nas plantas mais estressadas, com exceção de brócolis. Esse composto pode ser atrativo ou repelente para herbívoros, sendo que em *Brassica napus* a emissão desse composto, bem como de como o eucaliptol, pineno, limoneno, funciona como atraente para algumas espécies de *Phyllotreta* (Coleoptera: Chrysomelidae) e repelente para outras espécies (GRUBER et al., 2009).

A emissão volátil diferiu muito entre os tratamentos de estresses hídricos. Em couve, T50% e T70%, com maior intensidade de estresse, foram os que emitiram maior quantidade de voláteis, com uma importante separação entre os tratamentos influenciada pelo composto limonene.

Na variedade de brócolis houve modificação na emissão dos voláteis, comparado à couve, pela diferenciação no tratamento T70% e forte influência do terpinene na separação dos tratamentos. Porém, na variedade de repolho a emissão de voláteis foi menos expressiva do que em couve e brócolis, tendo grande influência do limonene, terpinene e o composto desconhecido (18).

Testes de preferência

Existem diversos fatores ambientais que geralmente afetam o desenvolvimento e o desempenho dos insetos (FERNANDES & PRICE, 1988; SCHOWALTER, 1996; FUTUYMA, 1997; BITTENCOURT-RODRIGUES; ZUCOLOTO, 2005). Esses fatores ambientais podem ter efeitos negativos diretos e/ou indiretos sobre a ecologia química e o comportamento, tanto de herbívoros quanto de inimigos naturais (PRICE, 1986; VET & DICKE, 1992; DE MORAES et al., 2000; HARE, 2011).

O estresse hídrico, em particular, pode desencadear uma série de mudanças interligadas no metabolismo primário e secundário das plantas que podem influenciar as interações planta-herbívoro e as respostas do parasitoide em níveis tróficos mais elevados. Os mesmos fatores de estresse podem influenciar a capacidade das plantas de sintetizar e liberar compostos orgânicos voláteis (HANKS & DENNO, 1993; HUBERTY & DENNO, 2004; BJÖRKMAN et al., 2011; WELDEGERGIS et al., 2015; HILKER et al., 2016; MCCORMICK, 2016; FOOTE et al., 2017).

O presente estudo relata os primeiros dados sobre a influência do estresse hídrico nas defesas indiretas de plantas que são exploradas pelo herbívoro *P. xylostella* e o parasitoide de ovos *T. pretiosum*, revelando em particular que o estresse hídrico apresenta pouca influência no comportamento de busca hospedeira para *P. xylostella*. Por outro lado, o parasitoide *T.*

pretiosum mostrou preferência por plantas com estresse hídrico comparadas com aquelas desenvolvidas com 100% de água na capacidade de campo. A composição dos voláteis das plantas de couve, brócolis e repolho sob estrese hídrico pode ter sido um fator importante nas escolhas dos parasitoides. O estresse hídrico pode afetar a qualidade da mistura de odores de uma planta (LATHIERE et al., 2006; STAGNARI et al., 2016) e suas emissões totais, que irão alterar o sinal que os insetos percebem e ao qual respondem (VET & DICKE, 1992; WAR et al., 2011). Plantas com estresse hídrico apresentam alterações no seu perfil de voláteis e causam influência direta na preferência hospedeira de herbívoros e inimigos naturais, como citado por WELDEGERGIS et al. (2015) e TAKABAYASHI et al. (1994).

O comportamento de *P. xylostella* na preferência para oviposição variou de acordo com a combinação variedade x estresse hídrico. Na resposta aos voláteis das plantas de couve, brócolis e repolho, em teste de dupla chance de escolha, as fêmeas preferiram aquelas que emitiram maiores quantidades desses compostos. Plantas sob estresse hídrico acumulam altos níveis de metabólitos primários usados por herbívoros como fonte de nutrientes (GUTBRODT et al., 2011b), porém em brócolis as fêmeas preferiram ovipositar em plantas com 100% de água (capacidade de campo), provavelmente porque essas plantas apresentaram a emissão dos voláteis eucaliptol, cariofileno e canfora, que não foram encontrados em plantas com 50% e 70% de água no solo. Embora a mistura de voláteis liberados por plantas induzidas geralmente seja dominante na atração de herbívoros (HARE, 2011; MITHOFER & BOLAND, 2012; HOLOPAINEN & BLANDE, 2013), alguns, em específico como os encontrados apenas em plantas com 100% de água, podem ter sido importantes na atração de *P. xylostella*.

Já em testes sem chance de escolha, houve grande variação entre as três variedades de brássicas. Fêmeas de *P. xylostella* colocaram mais ovos em plantas de couve e de repolho com 100% de água. O alto estresse hídrico em plantas de brócolis não foi um fator que influenciou na escolha hospedeira para o inseto. Segundo LOW et al. (2014), plantas com maior qualidade nutricional emitem mais voláteis e estes sinalizam aos hospedeiros com qualidade e tornam-se assim mais atrativas.

Diversos fatores como variedades, espécies de planta, qualidade nutricional da planta hospedeira, locais nas folhas para oviposição e idade da planta influenciam a escolha hospedeira por *P. xylostella* (ZAGO et al., 2010; THOMPSON, 2014; THOMPSON & BIDART, 2017). Da mesma forma, as diferentes condições hídricas, bem como as variedades estudadas, também influenciaram na escolha para oviposição de *P. xylostella*. Fêmeas ovipositaram em diferentes locais da planta e inclusive nos vasos que continham as plantas.

No caule foram encontrados ovos, particularmente nos locais com cicatrizes onde antes era a inserção do ramo lateral da folha e na parte inferior próximo ao solo, onde haviam estrias cicatrizadas. Esse comportamento de oviposição de *P. xylostella* pode estar relacionado a diferenças nutricionais dos diferentes locais da planta, a diferenças quanto à umidade, locais para proteger os ovos, comunicação química do ovo e planta hospedeira a fim de não sinalizar à planta o quando a mesma está sendo infestada (HUEY, 1991; LARA, 1991; COLL, 1998; MARTIN, 2001; DIAS, 2003; EUBANKS et al., 2003; COELHO et al., 2009). Em plantas de arroz, após a oviposição, a planta produz uma substância capaz de matar os embriões dos ovos de algumas espécies de cigarrinha (YAMASAKI et al., 2003). Por outro lado, se o inseto coloca ovos em locais onde há cicatrizes na planta, esse tipo de defesa pode não ocorrer.

Outra característica de plantas com estresse hídrico é a estrutura foliar, como foi observado em todos os tratamentos de couve e de brócolis. As plantas com estresse mais intenso apresentaram uma aparência de murchas e as plantas com capacidade de campo aparentavam maior vigor. Já as plantas de repolho, aparentemente o efeito da falta de água foi visualmente menor. Essas características provavelmente são importantes na escolha dos insetos para oviposição, assim como o local para oviposição na planta escolhida pelas fêmeas buscando a proteção da futura prole. Características como dureza da cutícula da planta e espessura dos estratos lipófilos podem resultar em um mecanismo de resistência à herbivoria (EDWARDS & WRATTEN, 1981; AMARAL et al., 1985; SILVA et al., 2005) e diminuir a viabilidade larval da prole.

As plantas podem liberar uma grande variedade de VOCs constitutivos para a atmosfera. Mas também podem liberar voláteis induzidos por fatores abióticos, como alta temperatura (CENTRITTO et al., 2011b; FARES et al., 2011), alta intensidade de luz (PALLOZZI et al., 2013), estresse salino e estresse oxidativo (HOLOPAINEN & GERSHENZON, 2010; LORETO & SCHNITZLER, 2010; LORETO et al., 2014) e também com o estresse hídrico (BRILLI et al., 2013; SALERNO et al., 2017).

O estresse hídrico também pode afetar a qualidade da mistura de odores emitidos pela planta (HOLOPAINEN & GERSHENZON, 2010), bem como suas emissões totais (BRILLI et al., 2007), o que, em consequência, pode alterar as respostas de inimigos naturais. Os efeitos do estresse hídrico no terceiro trófico ainda são poucos estudados. WELDEGERGIS et al. (2015) demonstraram que o estresse hídrico altera a composição de *Brassica oleracea*, porém não altera a resposta do parasitoide *Microplitis mediator* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). Por outro lado, o estresse hídrico pode alterar as respostas do parasitoide de ovos *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) (SALERNO et al., 2017). Os

resultados encontrados no presente estudo também demonstram que déficit hídrico altera a resposta de parasitoides de ovos, embora esta escolha feita por *T. pretiosum* foi afetada apenas em condições mais severas de estresse hídrico. Esta atração do *T. pretiosum* pela planta com estresse hídrico pode ter uma importante consequência no controle biológico. Os parasitoides podem ser induzidos ao erro durante o processo de seleção do hospedeiro e, consequentemente, fracassar no controle da população da praga-alvo.

As brássicas durante o processo coevolutivo desenvolveram diversas maneiras de responder ao estresse hídrico, entre elas o aumento na produção e o acúmulo dos glucosinolatos (produtos do metabolismo secundário das plantas) (CHAMPOLIVIER & MERRIEN, 1996; JENSEN et al., 1996; PASCHOLD et al., 2000; GARDNER, 2002; RADOVICH et al., 2005; ZHANG, 2008; SCHREINER et al., 2009). Os metabólitos secundários podem acumular durante um estresse hídrico leve a moderado, porque sua síntese é reforçada pelo aumento dos níveis de carbono disponível e azoto (SHARPE et al., 1985; LORIO, 1986). Plantas de diversas famílias com estresse hídrico têm os níveis de terpenoides aumentados (GERSHENZON, 1984; HOFFMANN et al., 1984; SHARPE et al., 1985), assim como no presente estudo, onde quanto maior foi o estresse que as variedades de brássicas foram submetidas, maiores foram as concentrações de terpenos liberados. Fatores como severidade do estresse hídrico podem modificar a resposta da planta ao estresse sofrido, uma vez que fisiologicamente esse estresse pode ser reversível ou não (BLUM, 1986; BRAY, 1997), e dessa forma podem modular respostas nas plantas, como a emissão de voláteis.

Os compostos encontrados pertencem a três classes químicas representadas por derivados de ésteres, aldeídos e terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos) que, de modo geral, são atrativos para herbívoros e para inimigos naturais (DUDAREVA et al., 2004; PICHERSKY et al., 2006; MAFFEI, 2010).

As plantas de couve, brócolis e repolho foram expostas ao estresse hídrico por um período de 35 dias. Uma característica importante na emissão volátil refere-se à velocidade com a qual eles são formados/emitidos após um estresse. De acordo com SALERNO et al. (2017), a progressão do estresse hídrico pode desencadear uma série de mudanças interligadas no metabolismo primário e secundário das plantas e que podem influenciar as interações planta-inseto e as respostas dos parasitoides em níveis tróficos mais elevados.

Compostos como o (*E*)-2-hexenal agem como defesa da planta contra herbívoros, podendo comunicar-se com plantas não danificadas e assim estimular os mecanismos de defesa antes mesmo da presença do herbívoro (ARIMURA et al., 2001), ou ainda podem

diminuir as taxas de herbivoria em hortícolas e atrair inimigos naturais (HILDEBRAND et al., 1993).

Uma quantidade considerável de sesquiterpenos é emitida a partir de plantas com estresse biótico (VUORINEN et al., 2004), enquanto que em plantas intactas, a emissão é menor (WIENS et al., 1991). Neste trabalho com as variedades com estresse hídrico foram identificadas emissões de apenas dois sesquiterpenos o (E)–DMNT e o caryophyllene.

Em plantas de *B. napus*, os álcoois apresentaram aumento no tratamento com estresse, mas o aldeído nonanal foi diminuído pelo ataque herbívoro e pelo estresse hídrico (REINHARDT et al., 2014), corroborando com compostos orgânicos voláteis encontrados neste trabalho que também aumentaram para alguns, enquanto para outros diminuíram entre os tratamentos testados.

De modo geral, esses dois tipos de compostos abrangem a maior parte de compostos voláteis verdes emitidos pelas brássicas (couve, brócolis e repolho), com seus respectivos tratamentos. Dos compostos da classe terpenoides, apenas dois tipos foram emitidos pelas plantas das três variedades, sendo eles os monoterpenos, com uma grande variedade de compostos, e os sesquiterpenos, com apenas dois compostos, tendo eles a função de sinal químico de localização da planta hospedeira (BODDUM et al., 2018).

7. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- O déficit hídrico provoca estresse em couve, brócolis e repolho e em maior intensidade nas plantas cultivadas com menor quantidade de água disponível no solo.

- Quantitativamente, a composição química das plantas (couve, brócolis e repolho) é alterada em função do estresse hídrico, principalmente quanto à proteína bruta e disponível, hemicelulose, lipídeos, proteínas ligadas à fibra em detergente ácido e neutro, matéria mineral e carboidratos totais.

- Os parâmetros de desenvolvimento de *Plutella xylostella* são diferentes, tanto em laboratório como em casa de vegetação, com as lagartas alimentando-se das plantas cultivadas nas diferentes condições hídricas de solo, refletindo significativamente na capacidade reprodutiva e na sobrevivência dos insetos.

- O estresse hídrico altera a emissão de voláteis em plantas de couve, em brócolis e repolho.

- A preferência de *P. xylostella* para oviposição, em testes com chance e sem chance, é influenciada pelo estresse hídrico em couve, brócolis e repolho.

- Os testes de olfatometria mostram que o estresse hídrico influencia na escolha de *Trichogramma pretiosum* para oviposição, mais expressivamente em hospedeiros localizados em plantas com maiores índices de estresse hídrico.

8. REFERÊNCIAS

AGARWAL, B. D.; BROUTMAN, L. J.; CHANDRASHEKHARA, K. **Analysis and performance of fiber composites**. John Wiley & Sons, v. 4, 2017, 576p.

ALLMANN, S.; BALDWIN, I. T. Insects betray themselves in nature to predators by rapid isomerization of green leaf volatiles. **Science**, Washington, v. 329, n. 5995, p. 1075-1078, 2010.

ALONSO, A.; QUEIROZ, C. S.; MAGALHÃES, A. C. Chilling stress leads to increased cell membrane rigidity in roots of coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA). Biomembranes**, Amsterdam, v. 1323, n. 1, p. 75-84, 1997.

AMARAL, M. C. E.; SALATINO, M. L. F.; SALATINO, A. Teor de cera foliar epicuticular de dicotiledôneas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 8, p. 127-130, 1985.

AMBROSONE, C. B.; MCCANN, S. E.; FREUDENHEIM, J. L.; MARSHALL, J. R.; ZHANG, Y.; SHIELDS, P. G. Breast cancer risk in premenopausal women is inversely associated with consumption of broccoli, a source of isothiocyanates, but is not modified by GST genotype. **The Journal of Nutrition**, New York, v. 134, n. 5, p. 1134-1138, 2004.

ANDERSON, P.; HILKER, M.; HANSSON, B. S.; BOMBOSCH, S.; KLEIN, B.; SCHILDKNECHT, H. Oviposition deterring components in larval frass of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae): a behavioral and electrophysiological evaluation. **Journal of Insect Physiology,** Kidlington, v. 39, n. 2, p. 129–137, 1993.

ANDRADE, C. L. T; COELHO, E. F.; COUTO, L.; SILVA, E. L. Parametros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; VILELA, L. A.; SILVA, A. M. **Manejo de irrigação.** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, p. 1-132.

ANDRÉASSON, E.; JORGENSEN, L. B.; HÖGLUND, A. S.; RASK, L.; MEIJER, J. Different myrosinase and idioblast distribution in *Arabidopsis* and *Brassica napus*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 127, n. 4, p. 1750-1763, 2001.

ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The innate capacity for increase in numbers. In: ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The distribution and abundance of animals. v. 3. Chicago: **University of Chicago Press**, 1954, p. 31–54.

ANGELOPOULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 47, n. 8, p. 1093-1100, 1996.

AOAC. Official methods of analysis of the association of the analytical chemists. **Association of Official Analytical Chemists**, Gaithersburg, v. 17, n. 2. 2000. 2200 p.

ARBONA, V.; MANZI, M.; OLLAS, C. D.; GÓMEZ-CADENAS, A. Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 14, n. 3, p. 4885-4911, 2013.

ARIMURA, G. I.; OZAWA, R.; HORIUCHI, J. I.; NISHIOKA, T.; TAKABAYASHI, J. Plant–plant interactions mediated by volatiles emitted from plants infested by spider mites. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford. n. 29, p. 1049–1061, 2001.

ARIMURA, G. I.; OZAWA, R.; SHIMODA, T.; NISHIOKA, T.; BOLAND, W.; TAKABAYASHI, J. Herbivory-induced volatiles elicit defence genes in lima bean leaves. **Nature**, London, v. 406, n. 6795, p. 512-515, 2000.

ASHRAF, M.; AKRAM, N.A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. In: SPARKS, D. L. (Ed.) **Advances in Agronomy**, Amsterdam: Elsevier, 2011, p. 249-296.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistence. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 59, n. 2, p. 206-216, 2007.

ASHRAF, M.; MEHMOOD, S. Response of four *Brassica* species to drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 93-100, 1990.

ASIIMWE, P. Relative influence of plant quality and natural enemies on population dynamics of *Bemisia tabaci* and *Lygus hesperus* in cotton. **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 106, n. 3, p. 1260-1273, 2013.

AWMACK, C. S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 47, n. 1, p. 817-844, 2002.

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEDROSA, C. E.; FERNANDES, J. S. C.; VALADARES, N. R.; FERREIRA, M. A. M.; MARTINS, R. A. V. Desempenho agronômico e variabilidade genética em genótipos de couve. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1751-1758, 2012.

BALDWIN, I. T. Chemical changes rapidly induced by folivory. **Insect-Plant Interactions**, Florida, v. 5, p. 2-16, 1994.

BALKAYA, A.; YANMAZ, R. Promising kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) populations from black sea region, Turkey. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Singapore, v. 33, n. 1, p. 1-7, 2005.

BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agronômicos**. Londrina: Mecenas, 2 ed. 2013, 214 p.

BARKER, A. V.; GRETCHEN, M. B. Nitrogen. In: BARKER, A.; PILBEAM, D. J. (Ed.). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 2007, p. 21-51.

BARTON-BROWNE, L. Physiologically induced changes in resource-oriented behavior. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 38, n. 3, p. 1-25, 1993.

BEHMER, S. T. Insect herbivore nutrient regulation. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 54, n. 1, p. 165-187, 2009.

BELETE, Y. S.; KEBEDE, S. A.; GEMELAL, A. W. Multivariate analysis of genetic divergence among Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Brun) genotypes in relation to seed oil quality traits. **International Journal of Agricultural Research**, Dubai, v. 6, n. 6, p. 494-503, 2011.

BELTRÃO, S. L. L.; ANDRADE, L. M.; SETTE, N. M. C. A cultura do brócolis. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, v. 1, n. 74, 2015. 153p.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. p. 25-32. 1992.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos brasileiros de endocrinologia & metabologia. Brazilian archives of endocrinology and metabolism,** Humaita, v. 57, n. 6, p. 397-405, 2013.

BERNAYS, E. A. Evolution of feeding behavior in insect herbivores: success seen as different ways to eat without being eaten. **Bioscience**, York, v. 48, n. 1, p. 35-44, 1998.

BHATTACHARJEE, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. In: GUPTA, S. D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, 2010. p. 1-30.

BIRCH, L. C. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. **The Journal of Animal Ecology**, Chichester, v. 17, n. 1, p.15-26, 1948.

BIRKETT, M. A.; CAMPBELL, C. A. M.; CHAMBERLAIN, K.; GUERRIERI, E.; HICK, A. J.; MARTIN, J. L.; MATTHES, M.; NAPIER, J. A.; PETTERSSON, J.; PICKETT, J. A.; POPPY, G. M.; POW, E. M.; PYE, B. J.; SMART, L. E.; WADHAMS, G. H.; WADHAMS, L. J.; WOODCOCK, C. M. New roles for cis-jasmone as an insect semiochemical and in plant defense. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 97, n. 16, p. 9329-9334, 2000.

BITTENCOURT-RODRIGUES, R. S.; ZUCOLOTO, F. S. Effect old host age on the oviposition and performance old *Ascia monuste* Godart (Lepidoptera: Pieridae). **Neotropical Entomology**, Dordrech, v. 34, n. 2, p. 169-175, 2005.

BJÖRKMAN, M.; KLINGEN, I.; BIRCH, A. N.; BONES, A. M.; BRUCE, T. J.; JOHANSEN, T. J.; MEADOW, R.; MØLMANN, J.; SELJÅSEN, R.; SMART, L. E.; STEWART, D. Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health – influences of climate, environment and agronomic practice. **Phytochemistry**, Oxford, v. 72, n. 7, p. 538-556, 2011.

BLUM, A. The effect of heat stress on wheat leaf and ear photosynthesis. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 37, n. 1, p. 111-118, 1986.

BODDUM, T.; MOLNÁR, B. P.; HILL, S. R.; BIRGERSSON, G. A. O.; HANSSON, B. S.; ABREHA, K. B.; ANDREASSON, E.; HOLLBUR, Y. Host attraction and selection in the swede midge (*Contarinia nasturtiiI*). **Frontiers in Ecology and Evolution**, Lausanne, v. 6, n. 61, 2018.

BOGGS, C. L.; ROSS, C. L. The effect of adult food limitation on life history traits in *Speyeria mormonia* (Lepidoptera: Nymphalidae). **Ecology**, New York, v. 74, n. 2, p. 433-441, 1993.

BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN, R. G. Adaptations to environmental stresses. **The Plant Cell**, Rockville, v. 7, n. 7, p. 1099-1111, 1995.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; TAGLIARI, S. R. A.; PITTA, R. M.; JESUS, F. G.; BRAZ, L. T. Influência de genótipos de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC) na biologia de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 710-717, 2011.

BONES, A. M.; ROSSITER, J. T. The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolatos. **Phytochemistry**, Oxford, v. 67, n. 11, p. 1053-1067, 2006.

BONONI, V. L. R. **Zigomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos: noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 1999. 184 p.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends Plant Science**, Kidlington, v. 2, n. 2, p. 48-54, 1997.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stress. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEN, W.; JONES, R.L. (Eds.). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. New York: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 1158-1203.

BRILLI, F.; BARTA, C.; FORTUNATI, A.; LERDAU, M.; LORETO, F.; CENTRITTO, M. Response of isoprene emission and carbon metabolism to drought in white poplar (Populus alba) saplings. **New Phytologist**. Chichester**,** v. 175, p. 244–254, 2007.

BROEKGAARDEN, C.; POELMAN, E. H.; STEENHUIS, G.; VOORRIPS, R. E.; DICKE, M.; VOSMAN, B. Responses of *Brassica oleracea* cultivars to infestation by the aphid *Brevicoryne brassicae*: an ecological and molecular approach. **Plant, Cell & Environment**, Chichester, v. 31, n. 11, p. 1592-1605, 2008.

BUKOVINSZKY, T.; GOLS, R.; POSTHUMUS, M., VET, L.; VAN LENTEREN, J. Variation in plant volatiles and attraction of the parasitoid *Diadegma semiclausum* (Hellen). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, n. 3, p. 461–480, 2005.

CARTEA, M. E.; PICOAGA, A.; SOENGAS, P.; ORDÁS, A. Morphological characterization of kale populations from Northwestern Spain. **Euphytica**, Dordrecht, v. 129, p. 25-32, 2002.

CARTEA, M. E.; VELASCO, P. Glucosinolates in Brassica foods: bioavability in food and significance for human health. **Phytochemistry Review**, Dordrecht, v. 7, n. 2, p. 213-229, 2008.

CARVALHO, J. S.; DE BORTOLI, S. A.; THULER, R. T.; GOULART, R. M.; VOLPE, H. X. L. Efeito de sinigrina aplicada em folhas de brássicas sobre características biológicas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 15-20, 2010.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.

CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, F. H. Traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Eds.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 85-89.

CASTELO BRANCO, M.; FRANCA, F. H.; VILLAS BOAS, G. L. Traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*). Brasília: EMBRAPA, 1997. 4p. (Comunicado Técnico - Hortaliças).

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CEASA (Centrais de Abastecimento de Campinas). **Couve-flor.** 2018. Disponível em:http://www.ceasacampinas.com.br/novo/Serv_padro_Couve_Flor.asp. Acesso em: 10 jun. 2018.

CENTRITTO, M.; TOGNETTI, R.; LEITGEB, E.; STŘELCOVÁ, K; COHEN, S.. Above ground processes: anticipating climate change influences. In: Forest Management and the Water Cycle. **Springer**, Dordrecht, p. 31-64, 2010.

CHAI, Q.; GAN, Y.; ZHAO, C.; XU, H.; WASKOM, R. M.; NIU, Y.; SIDDIQUE, K. H. M. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 36, n. 1, p. 2-21, 2015.

CHAKRABORTY K.; SINGH A. L.; KALARIYA K. A.; GOSWAMI N.; ZALA P. V. Physiological responses of peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars to water deficit stress: status of oxidative stress and antioxidant enzyme activities. **Acta Botanica Croatica**, Varsóvia, v. 74, n. 1, p. 123-142, 2015.

CHAMPOLIVIER, L.; MERRIEN, A. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. *oleifera* on yield, yield components and seed quality. **European Journal Agronomy**, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 153–160, 1996.

CHAPLIN-KRAMER, R.; KLIEBENSTEIN, D. J.; CHIEM, A.; MORILL, E.; MMILLS, N. J.; KREMEN, C. Chemically mediated tritrophic interactions: opposing effects of glucosinolates on a specialist herbivore and its predator. **Journal of Applied Ecology**, Chichester, v. 48, n. 4, p. 880-887, 2011.

CHAVES-FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 199-204, 2001.

CHENG, L.; YU, G.; CHEN, Z.; LI, Z. Insensitive acetylcholine receptor conferring resistance of *Plutella xylostella* to nereistoxin insecticides. **Agricutural Sciences Chinese**, Tubingen, v. 7, p. 847-852, 2008.

CHRISTENSEN, S.; BOTHMER, R. V.; POULSEN, G.; MAGGIONI, L.; PHILLIP, M.; ANDERSEN, B. A.; JORGENSEN, R. B. AFLP analysis of genetic diversity in leafy kale (*Brassica oleracea* L. *convar. acephala* (DC.) Alef.) landraces, cultivars and wild populations in Europe. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 58, p. 657-666, 2011.

CIA, M. C. **Resposta antioxidativa em variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) sob déficit hídrico.** 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, Piracicaba. 2010. Disponível em:

< http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-18032010-150458/en.php>. Acesso em: 20 mai. 2018.

COELHO, R. R.; VEIGA, A. F. S. L.; TORRES, J. B.. Preferência alimentar e desempenho de Brontocoris tabidus Signoret (Hemiptera, Pentatomidae) em plantas hospedeiras. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, p. 475-481, 2009.

COLL, M. Living and feeding on plants in predatory heteroptera. p. 89-129. In Coll M & Ruberson JR. Predatory Heteroptera: **Their ecology and use in biological control**. Lanham, Thomas Publications in Entomology: Proceedings, 1998, 233p.

CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. **Egg parasitoids in agroecossystems with enphasis on *Trichogramma*.** New York: Springer, 2010. 479p.

COSTA, A. R. Texto acadêmico: **As Relações Hídricas das Plantas Vasculares**. Portugal. Editora da Universidade de Évora, 2001. 75 p.

COSTA, E. M. R.; MARCHESE, A.; MALUF, W. R.; SILVA, A. A. Resistência de genótipos de couve-manteiga ao pulgão-verde e sua relação com a cerosidade foliar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 146-154, 2014.

COUTO-SANTOS, F. R.; LUIZÃO, F. J.; CARNEIRO FILHO, A. The influence of the conservation status and changes in the rainfall regime on forest-savanna mosaic dynamics in Northern Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 44, n. 2, p. 197-206, 2014.

CVIKROVÁ, M.; GEMPERLOVÁ, L.; MARTINCOVÁ, O.; VANKOVÁ, R. Effect of drought and combined drought and heat stress on polyamine metabolism in proline over producing tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 73, p. 7-15, 2013.

DA MATTA, F. M.; LOOS, R. A.; SILVA, E. A.; LOUVEIRO, M. E.; DUCATTI, C. Effects of soil water deficit and nitrogen nutrition on water relations and photosynthesis of pot-grown *Coffea canephora* Pierre. **Trees**, Heidelberg, v. 16, v. 8, p. 555-558, 2002.

DAI, J.; DENG, J.; DU, J. Development of bisexual attractants for diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) based on sex pheromone and host volatiles. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 43, n. 4, p. 631-638, 2008.

DAVEY, M. W.; STALS, E.; PANIS, B.; KEULEMANS, J.; SWENNEN. High-throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. **Analytical Biochemistry**, Philadelphia, v. 347, p. 201–207, 2005.

DE BORTOLI, S. A.; VACARI, A. M.; GOULART, R. M.; FERRAUDO, A. S.; VOLPE, H. X. L. Classification of crucifer cultivars based on the life-history of diamondback moth (*Plutella xylostella*). **International Journal of Pest Management**, Oxfordshire, v. 59, n. 1, p. 73-78, 2013.

DE BORTOLI, S. A.; VACARI, A. M.; GOULART, R. M.; SANTOS, R. F.; VOLPE, H. X. L.; FERRAUDO, A. S. Capacidade reprodutiva e preferência da traça-das-crucíferas para diferentes brassicáceas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 187-192, 2011.

DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; PARÉ, P. W.; ALBORN, H. T.; TUMLINSON, J. H. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, London, v. 393, n. 11, p. 570–573, 1998.

DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; TUMLINSON, J. H. Examining plant-parasitoid interactions in tritrophic systems. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 189-203, 2000.

DE MORAES, C. M.; MESCHER, M. C.; TUMLINSON, J. H. Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. **Nature**, London, v. 410, n. 29, p. 577-580, 2001.

DEL RIO, D.; STEWART, A. J.; PELLEGRINI, N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, Oxford, v. 15, p. 316-328, 2005.

DEMIDCHIK, V. Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 109, p. 212–228, 2015.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 3 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. 615p.

DEY, P. M.; HARBONE, J. B. **Plant biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1997. 554p.

DIAS, A. T. C. **Efeito da disponibilidade de recursos em um sistema com três níveis tróficos**. 2003, 66f. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003.

DIAS, D. G. S.; SOARES, C. M. S.; MONNERAT, R. G. Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle da traça-das-crucíferas em couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 553-556, 2004.

DICKE, M.; BALDWIN, I. T. The Evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles, beyond the "cry-for-help". **Trends Plant Science**, Kidlington, v. 15, n. 3, p. 167–175, 2010.

DICKE, M.; TAKABAYASHI, J.; POSTHUMUS, M. A.; SCHÜTTE, C.; KRIPS, O. E. Plant-phytoseiid interactions mediated by prey-induced plant volatiles: variation in production of cues and variation in responses of predatory mites. **Experimental & Applied Acarology**, Dordrecht, v. 22, n. 6, p. 311-333, 1998.

DICKISON, W. C. Ecological anatomy. In: DICKISON, W. C. (Ed.). **Integrative plant anatomy**. San Diego: Academy Press, 2000, p. 295-337.

DIXON, G. R. Crop agronomy. In: DIXON, G. R. (Ed.). **Vegetable brassicas and related crucifers.** v. 14. Wallingford: CABI Publishing, 2007. p. 113-140.

DONG, F.; FU, X.; WATANABE, N.; SU, X.; YANG, Z. Recent Advances in the Emission and Functions of Plant Vegetative Volatiles. **Molecules**, Basel, v. 21, n. 2, p. 124, 2016.

DUARTE, A. L. M. Efeito da água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras. **Pesquisa & Tecnologia**, Sorocaba, v. 9, p. 1-6, 2012.

DUBEY, R.S.; PESSARAKLI, M. Physiological mechanisms of nitrogen absorption and assimilation in plants under stressful conditions. In: PASSARAKLI M (Ed) **Handbook of Plant and Crop Physiology**, 2ed, New York, p. 636-655, 2001.

DUDAREVA, N.; NEGRE, F.; NAGEGOWDA, O. I.. Plant volatile; recent advance and future perspectives. **Plant Science**. New York, v. 25, p. 417-440, 2006.

DUDAREVA, N.; PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. Biochemistry of plant volatiles. **Plant Physiology**, Rockville, v. 135, n. 4, p. 1893-1902, 2004.

EBERCON, A.; BLUM, A.; JORDAN, W. R. A rapid colorimetric method for epicuticular wax contest of *Sorghum* leaves. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 1, p. 179-180, 1977.

EBERHARD, W. G. Female control: sexual selection by cryptic female choice. Chichester: Princeton University Press, 1996, 591p.

EDWARDS, P. J.; WRATTEN, S. D. **Ecologia das interações entre insetos e plantas**. Fonseca VLI (Trad.), São Paulo: EPU/EDUSP, 1981, 71 p.

EHRLICH, P. R.; RAVEN, P. R. Butterflies and plants: a study in coevolution. **Evolution**, Dordrecht, v. 18, n. 4, p. 586-608, 1964.

EINGENBRODE, S. D.; ESPELIE, K. E. Effects of plant epicuticular lipids on insect herbivores. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 40, n. 1, p. 171–194, 1995.

ESCALANTE-EROSA, F.; ORTEGÓN-CAMPOS, I.; PARRA-TABLA, V.; PEÑA-RODRÍGUEZ, L. Chemical Composition of the Epicuticular Wax of *Cnidoscolus aconitifolius*. **Revista de la Sociedad Química de México**, Cidade do México, v. 48, n. 1, p. 24–26, 2004.

EUBANKS, M. D.; STYRSKY, J. D.; DENNO, R. F.. The evolution of omnivory in heteropteran insects. **Ecology**. New York, v. 84, p. 2549-2556, 2003.

FAHEY, J.; BOLAND, M. P.; O'CALLAGHAN, D. The effects of dietary urea on embryo development in superovulated donor ewes and on early embryo survival and development in recipient ewes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 395-400, 2001.

FAN, X. W.; LI, F. M.; SONG, L.; XIONG, Y. C.; AN, L. Z.; JIA, Y.; FANG, X. W. Defense strategy of old and modern spring wheat varieties during soil drying. **Physiologia Plantarum,** Oxford, v. 136, n. 3, p. 310-323, 2009.

FARES, S.; MAHMOOD, T.; LIU, S.; LORETO, F.; CENTRITTO, M.. Influence of growth temperature and measuring temperature on isoprene emission, diffusive limitations of

photosynthesis and respiration in hybrid poplars. **Atmospheric Environment**, Kidlington, v. 45, n. 1, p. 155-161, 2011.

FARIA, E. A. D.; LELES, M. I. G.; IONASHIRO, M.; ZUPPA, T. D. O.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Estudo da estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais por TG/DTG e DTA. **Eclética Química**, São Paulo, v. 27, p. 111-119, 2002.

FARIA, M. L.; FERNANDES, G. W. Vigour of a dioecious shrub and attack by a galling herbivore. **Ecological Entomology**, Chichester, v. 26, n. 1, p. 37-45, 2001.

FEENY, P. Plant apparency and chemical defense. In: WALLACE, W.; MANSELL, R. L. (Eds.). **Biochemical interaction between plants and insects**. v. 10. Heidelberg: Springer, 1976. p. 1-40.

FEENY, P. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as cause of spring feeding by winter moth caterpillars. **Ecology**, New York, v. 51, n. 4, p. 565-581, 1970.

FELIPE, M. C.; ZUCOLOTO, F. S. Estudos de alguns aspectos da alimentação em Ascia monuste orseis (Lepidoptera: Pieridae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 333-341, 1993.

FELTON, G. W.; KORTH, K. L. Trade-offs between pathogen and herbivore resistance. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 309-314, 2000.

FERNANDES G. W.; PRICE P .W. Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. **Oecologia**, Heidelberg, v. 76, n. 2, p. 161-167, 1988.

FERRADEIRA, I. S. **Levantamento do uso da pomada de Brassica sp pela população de Governador Valadares**. 2003. 86 f. Monografia (Univale/ Faculdade de Ciências Educação e Letras), Governador Valadares, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 97, p. 1-10, 2014.

FISCHER, E. M. S. I.; SENEVIRATNE, P. L.; VIDALE, D. L.; SCHÄR, D. C. Soil moisture–atmosphere interactions during the 2003 European summer heat wave. **Journal of Climate**, Boston, v. 20, n. 20, p. 5081-5099, 2007.

FONSECA, F. L.; MANFREDI–COIMBRA, S.; KOVALESKI, J. F. A. Efeito de dietas artificiais para a alimentação de adultos de *Bonagota cranaodes* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae), em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1229-1233, 2005.

FONSECA, J. M.; RUSHING, J. W.; RAJAPAKSE, N. C.; THOMAS, R. L.; RILEY, M. B. Potential implications of medicinal plant production in controlled environments: the case of feverfew (*Tanacetum parthenium*). **HortScience**, Alexandria, v. 41, n. 3, p. 531-535, 2006.

FOOTE, N. E.; DAVIS, T. S.; CROWDER, D. W.; BOSQUE-PÉREZ, N. A.; EIGENBRODE, S. D. Plant water stress affects interactions between an invasive and a naturalized aphid species on cereal crops. **Environmental entomology**, v. 46, n. 3, p. 609-616, 2017.

FOX, L. R. Defense and dynamics in plant-herbivore systems. **Americam Zoology**, Newark, v. 21, n. 4, p. 853–641, 1981.

FRAENKEL, G. S. The raison d'etre of secondary plant substances: these odd chemicals arose as a means of protecting plants from insects and now guide insects to food. **Science**, Washington, v. 129, n. 3361, p. 1466-1470, 1959.

FREEMAN, D. C.; BROWN, M. L.; DUDA, J. J.; GRAHAM, J. H.; EMLEN, J. M.; KRZYSIK, A. J.; BALBACH, H.; KOVACIC, D. A.; ZAK, J.C. Developmental instability in *Rhus copallinum*: multiple stressors, years, and responses. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 165, n. 1, p. 53-63, 2004.

FREITAS LUZ, F. J.; SABOYA, R. C. C.; SILVA PEREIRA, P. R. V. O cultivo do repolho em Roraima. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2002. 17p. (Circular Técnica).

FUTUYAMA, D. J. **Biologia evolutiva.** 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genetica/cnpq, 1992. 646 p.

GARDNER, G. The Center for Plants and Human Health: An Interdisciplinary Approach. NABC Report on Foods for Health: Integrating Agriculture, Medicine and Food for Future Health. In Eaglesham, A.; Carlson, C.; Hardy, R. W. F. (Eds). **National Agricultural Biotechnology Council**. Ithaca: USG Publishers. 2002. p. 299–308.

GERSHENZON, J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. In: TIMMERMANN, B. N; STEELINK, C.; LOEWUS, F. A. (Eds.) v. 18. **Phytochemical Adaptations to Stress.** New York: Plenum Press. 1984. p. 273-320.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GODIN, C.; BOIVIN, G. Lepidopterous pests of *Brassica* crops and their parasitoids in southwestern Quebec. **Environmental Entomology**, Cary, v. 27, n. 5, p. 1157-1165, 1998.

GONZALEZ-DUGO, V.; DURAND, J.L.; GASTAL, F. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. **Agronomy For Sustainable Development**, Paris, v. 30, n. 3, p. 529-544, 2010. ...

GOULART, R. M. Criação de *Trichogramma* spp. In: DE BORTOLI, S. A. (Ed.). **Criação de insetos**: da base à biofábrica. Jaboticabal: Edição própria, 2009. p. 127-134.

GRATÃO, P. L.; POLLE, A.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, v. 32, n. 6, p. 481-494, 2005.

GRIFFITHS, D. W.; DEIGHTON, N.; BIRCH, A. N. E.; PATRIAN, B.; BAUR, R.; STÄDLER,E. Identification of glucosinolates on the leaf surface of plants from the cruciferae and other closely related species. **Phytochemistry**, Kidlington, v. 57, n. 5, p. 693-700, 2001.

GRUBER, M. Y.; XU, N.; GRENKOW, L.; LI, X.; ONYILAGHA, J.; SOROKA, J. J. WESTCOTT, N. D; HEGEDUS, D. D. Responses of the crucifer flea beetle to *Brassica* volatiles in an olfactometer. **Environmental Entomology**, Cary, v. 38, n. 5, p. 1467-1479, 2009.

GRZYWACZ, D.; ROSSBACH, A.; RAUF, A.; RUSSELL, D.A.; SRINIVASAN, R.; SHELTON, A. M. Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for improved management with lepidopteran-resistant *Bt* vegetable brassicas in Asia and Africa. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 68–79, 2010.

GUTBRODT, B.; DORN, S.; MODY, K. Drought stress affects constitutive but not induced herbivore resistance in apple plants. **Arthropod-Plant Interactions**, Dordrecht, v. 6, n. 2, p. 171-179, 2011b.

GUTBRODT, B.; MODY, K.; DORN, S. Drought changes plant chemistry and causes contrasting responses in lepidopteran herbivores. **Oikos**. Santiago, v. 120, n. 11, p. 1732-1740, 2011a.

HALE, L. P.; GREER, P. K.; TRINH, C. T.; JAMES, C. L. Protein activity and stability of natural bromelain preparations. **International Immunopharmacology**. London, v. 5, n. 4, p. 783-793, 2005.

HALKIER, B. A.; GERSHENZON, J. Biology and biochemistry of glucosinolates. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 57, n. 1, p. 303 - 333, 2006.

HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 12, p. 3226-3232, 2003.

HAMILTON, A. J.; ENDERBY, N. M.; RIDLAND, P. M.; ZHANG, J.; NEAL, M. Effects of cultivar on oviposition preference, larval feeding and development time of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), on some *Brassica oleracea* vegetables in Victoria. **Australian Journal of Entomology**, Richmond, v. 44, n. 3, p. 284-287, 2005.

HANKS, L. M.; DENNO, R. F. Natural enemies and plant water relations influence the distribution of an armored scale insect. **Ecology**, v. 74, n. 4, p. 1081-1091, 1993.

HAQ, S. K.; ATIF, S. M.; KHAN, R. H. Protein proteinase inhibitor genes in combat against insects, pests, and pathogens: natural and engineered phytoprotection. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Maryland Heights, v. 431, n. 1, p. 145-159, 2004.

HARBORNE, J. B. An overview of antinutricional factors in higher plants. In: CAYGILL, J. C.; MUELLER-HARVEY, I. (Eds.). **Secondary plant products**: antinutritional and beneficial actions in animal feeding. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. p. 7-16.

HARE, J. D. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 56, n. 1, p. 161-180, 2011.

HAUGEN, R.; STEFFES, L.; WOLF, J.; BROWN, P.; MATZNER, S.; SIEMENS, D. H. Evolution of drought tolerance and defense: dependence of tradeoffs on mechanism, environment and defense switching. **Oikos**, Santiago, v. 117, n. 2, p. 231-244, 2008.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics**, Maryland Heights, v. 125, p. 189 –198, 1968.

HERNANDEZ, H. C.; VENDRAMIM, J. D. Avaliação da bioatividade de extratos aquosos de Meliaceae sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 72, n. 3, p. 305-318, 1997.

HERNANDEZ, J. A.; ALMANSA, M. S. Short-term effects of salt stress on antioxidante systems and leaf water relations of pea leaves. **Physiologia Plantarum,** Oxford, v. 115, n. 1, p. 251-257, 2002.

HEYWOOD, V. H. **Flowering plants of the world**. London: BT Batsford Ltd., 1993. 263p.

HILDEBRAND, D. F,; BROWN, G. C.; JACKSON, D. M.; HAMILTON, T. R.. Effect of some leaf emitted volatiles compounds on aphid population in- crease. Journal Chemical **Ecology**, v. 19, p. 1875–1887, 1993.

HILKER, M.; SCHWACHTJE, J.; BAIER, M.; BALAZADEH, S.; AURLE, I. B.; GEISELHARDT, S.; HINCHA, D. K.; KUNZE, R.; ROEBER, R.; RILLIG, M. C.; ROLFF, J.; ROMEIS, T.; SCHMULLING, T.; STEPPUHN, A.; VAN DONGEN, L.; WHITCOMB, S. J.; WURST, S.; ZUTHER, E.; KOPKA, J. Priming and memory of stress responses in organims lacking a nervous system. **Biological Reviews**, v. 91, p. 1118- 1133, 2016.

HILLYER, R.; THORSTEINSON, A. J. Influence of the host plant or males on programming of oviposition in the diamondback moth *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera). **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 49, n. 7, p. 983-990, 1971.

HITE, D. R. C.; OUTLAW JUNIOR, W. H.; TARCZYNSKI, M. C. Elevated levels of both sucrose-phosphate synthase and sucrose synthase in *Vicia* guard cells indicate cell-specific carbohydrate interconversions. **Plant Physiology**, Rockville, v. 101, n. 4, p. 1217-1221, 1993.

HÓDAR J. A. Leaf fluctuating asymmetry of Holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions. **Journal of Arid Environments**, London, v. 52, n. 2, p. 233-243, 2002.

HODGES, D. M.; MUNRO, K. D.; FORNEY, C. F.; MCRAE, K. B. Glucosinolate and free sugar content in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* cv. Freemont) during controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 40, n. 2, p. 123-132, 2006.

HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINA, E. A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, Kidlington, v. 6, n. 9, p. 431–438, 2001.

HOFFMANN, H.; VOSS, T.; KUHN, K. Localization of flexible sites in thread-like molecules from electron micrographs: Comparison of interstitial,basement membrane and intima collagens. **Journal of Molecular Biology**, London, v. 172, n. 3, p. 325-343, 1984.

HOLOPAINEN, J. K.; BLANDE, J. D. Where do herbivore-induced plant volatiles go? **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 185, p. 1-13, 2013.

HOLOPAINEN, J. K.; GERSHENZON, J. Multiple stress factors and the emission of plant VOCs. **Trends Plant,** Kidlington, v. 15, p. 176–184, 2010.

HOLST, B.; WILLIAMSON, G. A. critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds. **Natural Products Reports**, Cambridge, v. 21, n. 3, p. 425-447, 2004.

HOPKINS, R. J.; VAN DAM, N. M., VAN LOON, J. J. A role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 54, n. 1, p. 57-83, 2009.

HORTIBRASIL. Instituto brasileiro de qualidade em horticultura. Guia de variedades. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=category&id=94%3Aguia-devariedades&Itemid=119>. Acesso em: 08 jul. 2018.

HU, Y. C.; SCHMIDHALTER, U. Drought and Salinity: A Comparison of Their Effects on Mineral Nutrition of Plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 168, n. 4, p. 541-549, 2005.

HUBERTY, A. F.; DENNO, R. F. Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: a new synthesis. **Ecology**, v. 85, n. 5, p. 1383-1398, 2004.

HUEY, R. B.. Physiological consequences of habitat selection. **The American Naturalist**, Chicago, v. 137, p. 91-115, 1991.

HUSEBYE, H.; CHADCHAWAN, S.; WINGE, P.; THANGSTAD, O. P.; BONES, A. M. Guard cells and phloem idioblast-specific expression specific of thioglocosidase glucohidrolase 1 (Myrosinase) in *Arabdopsis*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 128, n. 4, p. 1180-1188, 2002.

IBRAHIM, M. A.; HOLOPAINEN, J. K. *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae), a potential biocontrol agent of *Plutella xylostella* is not repelled with limonene treatments on cabbage. In: KIRK, A. A.; BORDAT, D. (Eds.). Improving Biocontrol of *Plutella xylostella*. **Proceedings of the International Symposium**, Montpellier, p. 21-24, 2002.

IBRAHIM, M. A.; NISSINEN, A.; HOLOPAINEN, J. K. Response of *Plutella xylostella* and its parasitoid *Cotesia plutellae* to volatile compounds. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, n. 9, p. 1969-1984, 2005.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. Anuários: banco de dados. 2018. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1iea.sp.gov.br>. Acesso em: 12 abr. 2018.

IPCC. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. In: PARRY, M. L.; CANZIANI, O. F.; PALUTIKOF, J. P.; VAN DER LINDEN, P. J.; HANSON, C. E. (Eds.). Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: University Press, 2007. p. 1-467.

IPCC. Climate change 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. In: EDENHOFER, O. R.; PICHS-MADRUGA, Y.; SOKONA, E.; FARAHANI, S.; KADNER, K.; SEYBOTH, A.; ADLER, I.; BAUM, S.; BRUNNER, P.; EICKEMEIER, B.; KRIEMANN, J.; SAVOLAINEN, S.; SCHLÖMER, C.; VON STECHOW, T.; ZWICKEL, J. C.; M. (Eds.). Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press, 2014. 161p.

JANG, E. B. Effects of mating and accessory gland injections on olfactory-mediated 510 behavior in the female Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. **Journal Insect Physiology**, Kidlington, v. 41, p. 705- 710, 1995.

JENSEN, C. R.; MOGENSEN, V.; MORTENSEN, G.; FIELDSEN, J.; MILFORD, G.; ANDERSEN, M.; THAGE, J. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field-grown rape (*Brasica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. **Field Crops Research Journal**, Amsterdam, v. 47, n. 2, p. 93–105.1996.

JOHNSON, I. T. Glucosinolates in the human diet. Bioavailability and implications for health. **Phytochemistry Review**, Dordrecht, v. 1, n. 2, p. 183-188, 2002.

JOHNSTON, J. S.; PEPPER, A. E.; HALL, A. E.; CHEN, Z. J.; HODNETT, G.; DRABEK, J.; LOPEZ, R.; PRICE, H. J. Evolution of genome size in Brassicaceae. **Annals of Botany**, Oxford, v. 95, n. 1, p. 229-235, 2005.

KARBAN, R.; BALDWIN, I. T. **Induced responses to herbivory**. Chicago: University of Chicago Press, 1997. 319p.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J-C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 6, n. 5, p. 709-725, 2011.

KELLY, P. J.; BONES, A.; ROSSITER, J. T. Sub-cellular immunolocalization of the glucosinolate sinigrinin seedlings of *Brassica juncea*. **Planta**, Heidelberg, v. 206, n. 3, p. 370-377. 1998.

KESSLER, A.; HALITSCHKE, R.; BALDWIN, I. T. Silencing the jasmonate cascade: induced plant defenses and insect populations. **Science**, Washington, v. 305, n. 5684, p. 665-668, 2004.

KESSLER, N. C.; SAMPAIO, S. C.; SORACE, M.; LUCAS, S. D.; PALMA, D. Swine wastewater associated with mineral fertilization on corn crop (Zea mays). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 554-566, 2014.

KHAN, A. L.; WAQAS, M.; ASAF, S.; KAMRAN, M.; SHAHZAD, R.; BILAL, S.; KHAN, MA.; KANG, S. M.; KIM, Y. H.; YUN, B. W.; AL-RAWAHI, A.; AL-HARRAS, A.; LEE, I-J. Plant growth-promoting endophyte *Sphingomonas* sp. LK11 alleviates salinity stress in *Solanum pimpinellifolium*. **Environmental and Experimental Botany**. Amsterdam, v. 133, p. 58–69, 2017.

KHAN, M. A. M.. Ulrichs C.h., Mewis I. Drought stress—Impact on glucosinolate profile and performance of phloem feeding cruciferous insects. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 917, p. 111–117, 2011.

KHAN, S. H.; AHMED, N.; JABEEN, N.; MUSHTAK, F.; HSSAIN, K. Genetic divergence in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) S.H. **Asian Journal of Horticulture**, Muzaffarnagar, v. 4, n. 1, p. 134-137, 2009.

KHATUN, H.; RASUL, M. G.; SAIKAT, M. M. H.; HAQUE, M. M. Genetic diversity in *Brassica rapa* L. **Journal of Plant Breeding and Genetics**, Bangladesh, v. 23, n. 1, p. 31-37, 2010.

KHEDR, A. H. A. Proline induces the expression of salt-stress-responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancratium maritimum* L. to salt-stress. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 392, p. 2553-2562, 2003.

KÖRNER, C. H.; RENHARDT, U. Dry matter partitioning and root length/leaf area ratios in herbaceous perennial plants with diverse altitudinal distribution. **Oecologia**, Berlin, v. 74, n. 3, p. 411-418, 1987.

KOROLEVA, O. A.; DAVIES, A.; DEEKEN, R.; THORPE, M. R.; TOMOS, A. D.; HEDRICH R. Identification of a new glucosinolate-rich cell type in *Arabidopsis* flower stalk. **Plant Physiology**, Rockville, v. 124, n. 2, p. 599-608, 2000.

KOUTITA, O.; TERTIVANIDIS, K.; KOUTSOS, T.; KOUTSIKA-SOTIRIOU, M.; SKARACIS, G. Genetic changes between C0, C3, C5 cycles of selection and S4 lines of two cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) open pollinated populations based on RAPD markers. **Biotechnology**, Sargodha, v. 7, n. 3, p. 475-480, 2008.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press. 1995. 495 p.

KREBS, C. J. **Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance**. New York: Harper & Row, 1994. 801p.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**. New York, Springer-Verlag. 1998. 540p.

LARA, F. M. Princípios de resistência de plantas aos insetos. São Paulo. Ed. Ícone. 1991 336p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LARS, H.; JOHANSSON, G.; PETTERSSON, G.; LI, J.; LJUNGQUIST, P.; HENRIKSSON, G. Do the extracellular enzymes cellobiose dehydrogenase and manganese peroxidase form a pathway in lignin biodegradation? **Federation of European Biochemical Societies**, Freiburg, v. 477, n. 1, p. 79-83, 2000.

LASCANO, C. E.; SCHMIDT, A.; BARAHONA, R. **Forage quality and environment**. In: 19 INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, Proceedings, São Pedro: FEALQ, 2001.

LATHIERE, J.; HAUGLUSTAINE, D. A.; FRIEND, A. D.; NOBLET-DUCOUDRÉ, N. D.; VIOVY, N.; FOLBERTH, G. A. Impact of climate variability and land use changes on global biogenic volatile organic compound emissions. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, n. 8, p. 2129-2146, 2006.

LAWLOR, D. W. The effects of water deficit on photosynthesis. In: SMIRNOFF, N. (Ed.). **Environmental and plant metabolism-flexibility and acclimation**. Oxford: Bioscientific Publisher, 1995. p. 129-160.

LEVITT, J. **Responses of plant to environmental stress**: water, radiation, salt and other stresses. New York: Academic Press, 1980. 365p.

LI, Q.; EIGENBRODE, S. D.; STRINGAM, G. R.; THIAGARAJAH, M. R. Feeding and growth of *Plutella xylostella* and *Spodoptera eridania* on *Brassica juncea* with varying glucosinolate concentrations and myrosinase activities. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 26, n. 10, p. 2401-2419, 2000.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. Water stress in plants: causes, effects and responses. In: RAHMAN, I. M. D. M.; HASEGAWA, H. (Eds.). **Water stress**. Rijeka: Intech, 2012. p. 1-14.

LIU, S.; JIANG, L. Differential parasitism of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae by the parasitoid *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) on two host plant species. Bulletin of Entomological Research, Cambridge, v. 93, n. 1, p. 65-72, 2003.

LOGGINI, B.; SCARTAZZA, A.; BRUGNOLI, E.; NAVARI-IZZO, F. Antioxidante defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. **Plant Physiology**, New York, v. 119, n. 3, p. 1091-1099, 1999.

LÖHR, B.; ROSSBACH, A. Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), on peas in Kenya: impact of the host shift on the pest and its parasitoid. In: The Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests**. Proceedings of the Fourth International Workshop**. p. 26-29, 2001.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 608p.

LORETO, F.; DICKE, M.; SCHNITZLER, J. P.; TURLINGS, T. C. Plant volatiles and the environment. **Plant, cell and environment**, Chichester, v. 37, n. 8, p. 1905-1908, 2014.

LORETO, F.; SCHNITZLER, J. P. R. Abiotic stresses and induced BVOCs. **Trends in plant science**, Kidlington, v. 15, n. 3, p. 154-166, 2010.

LORIO, P. L. JR. Growth-differentiation bal- ance: a basis for understanding southern pine beetle-tree interactions. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 14, p. 259-273, 1986.

LOUDA, S. M.; COLLINGE, S. K. Plant resistance to insect herbivores: a field test of the environmental stress hypothesis. **Ecology**, Hoboken, v. 73, n. 1, p. 153-169, 1992.

LOW, P. A.; MCARTHUR, C. L. A. R. E.; FISHER, K.,; HOCHULI, D. F.. Elevated volatile concentrations in high- nutrient plants: do insect herbivores pay a high price for good food?. **Ecological entomology**, Chichester, v. 39, n. 4, p. 480-491, 2014.

LUCAS-BARBOSA, D.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. The effects of herbivore-induced plant volatiles on interactions between plants and flower-visiting insects. **Phytochemistry**, Oxford, v. 72, n. 13, p. 1647-1654, 2011.

LUCON, O. 30 Anos de IPCC. Sistema Ambiental Paulista. 2018. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/2018/03/30-anos-do-ipcc/. Acesso em: 10 abr. 2018.

LYNCH, J. P. Roots of the second green revolution. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v. 55, n. 5, p. 493-512, 2007.

MA, X. L.; HE, W. Y.; CHEN, W.; XU, X. J.; QI, W. P.; ZOU, M. M.; YOU, Y. C.; BAXTER, S. W.; WANG, P.; YOU, M. S. Structure and expression of sulfatase and sulfatase modifying factor genes in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Insect Science**, Richmond, v. 1 p. 1-13, 2017.

MADMONY, A.; TOGNETTI, R.; ZAMPONI, L.; CAPRETTI, P.; MICHELOZZI, M. Monoterpene responses to interacting effects of drought stress and infection by the fungus *Heterobasidion parviporum* in two clones of Norway spruce (*Picea abies*). **Environmental** and Experimental Botany, Amsterdam, v. 152, p. 137-148, 2018.

MAFFEI, M. E. Sites of synthesis, biochemistry and functional role of plant volatiles. South African **Journal of Botany**, Amsterdam, v. 76, n. 4, p. 612-631, 2010.

MAIA, A. H. N.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 93, n. 2, p. 511-518, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas.** Princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.

MARAZZI, C.; PATRIAN, B.; STÄDLER, E. Secondary metabolites of the leaf surface affected by sulfur fertilization and perceived by the diamondback moth. **Chemoecology**, Basel, v. 14, n. 2, p. 81–86, 2004.

MAROUELLI, W. A.; BRAGA, M. B. Irrigação na produção de mudas de hortaliças. **Campo & Negócios Hortifrúti**, Uberlândia, p. 44 - 47, 2016.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. **Embrapa.** Brasília, 72p., 1996.

MAROUELLI. W. A.; SILVA, W. L. C. Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. Brasília: EMBRAPA, v. 2, n. 98, 2011. 22p. (Circular Técnica).

MARTIN, T. E. Abiotic versus biotic influences on habitat selection of coexisting species: climate change impacts? **Ecology**, New York, v. 82, p. 175-188, 2001.

MATTSON W. J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Rewiew of Ecology Systematics**, Palo Alto, v. 11, n. 1, p. 119-161, 1980.

MATTSON, W. J.; HAACK, R. A. The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects. In: BAR BOSA, P.; SCHULTZ, J. (Eds.). **Insect Outbreaks**: ecological and evolutionary perspectives. Orlando: Academic Press, 1987. p. 110-118.

MAU, R. F. L.; KESSING, J. L. M. *Plutella xylostella* (Linnaeus): diamondback moth. Crop knowledge masters. Honolulu 2015. Disponível em: <http://www.extento.hawaii.edu/Kbase/Crop/Type/plutella.htm>. Acesso em: 28 ago. 2018.

MCCORMICK, A. C.. Can plant–natural enemy communication withstand disruption by biotic and abiotic factors?. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 23, p. 8569-8582, 2016.

MEDEIROS, P. T.; DIAS, J. M. C. S.; MONNERAT, R. G.; SOUZA, N. R. Instalação e manutenção de criação massal da traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*). Brasília: **EMBRAPA**, 2003. 4p. (Circular Técnica).

MEDEIROS, P. T.; SONE, E. H.; SOARES, C. M. S.; DIAS, J. M. C. S.; MONNERAT, R. G. Avaliação de produtos à base de *Bacillus thuringiensis* no controle da traça-das-crucíferas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 245-248, 2006.

MELLO, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Plant-insect intections: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Rockville, v. 14, n. 2, p. 71-81, 2002.

MILANO, P.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ODA, M. L. & CÔNSOLI, F. L. Efeito da alimentação da fase adulta na reprodução e longevidade de espécies de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elachistidae. **Neotropical Entomology,** Londrina, v. 39, p. 172-180, 2010.

MITHEN, R. Leaf glucosinolate profiles and their relationship to pest and disease resistance in oilseed rape. **Euphytica**, Dordrecht, v. 63, p. 71–83, 1992.

MITHÖFER, A.; BOLAND, W. Plant defense against herbivores: chemical aspects. **Annual review of plant biology**, Palo Alto, v. 63, p. 431-450, 2012.

MOLDEN, D. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. London: Earthscan, International Water Management Institute. 2018. 645p. Disponível em:< http://www.fao.org/nr/water/docs/Summary_SynthesisBook.pdf.> Acesso em: 15 abr. 2018.

MOLLER, A. P.; ERIKSSON, M. Pollinator preference for symmetrical flowers and sexual selection in plants. **Oikos**, Santiago, v. 73, n. 1, p. 15-22, 1995.

MONNERAT, R. G. **Interrelations entre la teigne des cruciferes, *Plutella xylostella*, son parasitoide *Diadegma* sp. et la bacteria entomopathogene *Bacillus thuringiensis* Berliner**. 1995. 160f. These (Doctoral en Science Agronomiques) - Ecole Nationale Superieure Agronominique de Montpellier, Montpellier, 1995.

MOREIRA, L. F.; TEIXEIRA, N. C.; SANTOS, N. A.; VALIM, J. O. S.; MAURÍCIO, R. M.; GUEDES, R. N. C.; CAMPOS, W. G. Diamondback moth performance and preference for leaves of *Brassica oleracea* of different ages and strata. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 140, n. 8, p. 627-635, 2016.

MORISON, J. I.; BAKER, N. R.; MULLINEAUX, P. M.; DAVIES, W. J. Improving water use in crop production. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, London, v. 363, n. 1491, p. 639-658, 2008.

MÜLLER, C. Interactions between glucosinolate- and myrosinase- containig plants and the sawfly *Athalia rosae*. **Phytochemical Bulletin**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 121-134, 2009.

MULLER, J.; SPRENGER, N.; BORTLIK, K.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Desiccation increases sucrose levels in *Ramonda* and *Haberlea*, two genera of resurrection plants in the Gesneriaceae. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 100, n. 1, p. 153-158, 1997.

MÜLLER, M. Produção consorciada de alimentos e energia pela agricultura familiar: cultivo de oleaginosas perenes. Panorama do Leite, n. 20, 2008. Disponível em: <http://www.cileite.com.br/panorama/especial20.html>. Acesso em: 21 jul. 2018.

MÜLLER, R.; DE VOS, M.; SUN J. Y.; SØNDERBY I. E.; HALKIER B. A.; WITTSTOCK, U.; JANDER G. Differential effects of indole and aliphatic glucosinolates on lepidopteran herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 36, n. 8, p. 905-913, 2010.

MUMM, R.; BUROW, M.; BUKOVINSZKINE'KISS, G.; KAZANTZIDOU, E.; WITTSTOCK, U.; DICKE, M.; GERSHENZON, J. Formation of simple nitriles upon glucosinolate hydrolysis affects direct and indirect defense against the specialist herbivore, *Pieris rapae*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, n. 34, n. 10, 1311–1321, 2008.

MUNIR, S.; DOSDALL, L. M.; O'DONOVAN, J. Oviposition preferences of *Plutella xylostella* (L.) (Plutellidae: Lepidoptera) on water-stressed and non-stressed plants of Brassica napus L. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, New Delhi, v. 5, n. 4, p. 1142-1147, 2017.

MUNIR, S.; DOSDALL, L. M.; O'DONOVAN, J. T.; KEDDIE, A. *Diadegma insulare* development is altered by *Plutella xylostella* reared on water- stressed host plants. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 140, n. 5, p. 364-375, 2016.

NAGAHARU, U. Genome analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *Brassica napus* and peculiar mode of fertilization. **Journal of Japanese Botany**, Tokyo, v. 7, n. 7, p. 389–452, 1935.

NATH, U. K.; NAZ, S.; RAHMAN, M. M. Genetic divergence of *Brassica campestris*, *Brassica juncea* parents and their hybrids. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 10, p. 936-938, 2003.

NAVA, D. E.; PARRA, J. R. P.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; BENTO, J. M. S. Oviposition behavior of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): chemical and physical stimuli and diel pattern of egg laying. **Annals of the Entomological Society of America**, Cary, v. 98, n. 3, p. 409-414, 2005.

NAVARRO, S. L.; LI, F.; LAMPE, J. W. Mechanisms of action of isothiocyanates in cancer chemoprevention: an update. **Food and Function**, Cambridge, v. 2, n. 10, p. 579 - 587, 2011.

NAYAR, J. K.; THORSTEINSON, A. J. Further investigations into the chemical basis of insect-host relationships in an oligophagous insect, *Plutella maculipennis* (Curtis). **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 41, n. 6, p. 923-929, 1963.

NEGRE-ZAKHAROV, F.; LONG, M. C.; DUDAREVA, N. Floral scents and fruit aromas inspired by nature. In: OSBOURN, A. E.; LANZOTTI, V. (Eds.). **Plant-derived natural products: synthesis, function and application,** Dordrecht: Springer; 2009. pp. 405–434.

NILSEN, E. T.; ORCUTT, D. M. **Water dynamics in plants**. In: NILSEN, E. T.; ORCUTT, D. M. (Eds.). Physiology of plant under stress: abiotic factors, New York: John Wiley, 1996. p. 278-321.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. 2nd ed. Academic Press, New York. 1999. 571p.

NOVO, M. C. S. S.; PRELA-PANTANO, A.; DEUBER, R.; TORRES, R. B.; TRANI, P. E.; BRON, I. U. Morfologia de folhas de couve do Banco de Germoplasma do Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2010b. 27p.

NOVO, M. C. S. S.; PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P. E.; BLAT, S. F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve-manteiga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 321-325, 2010a.

OKUMUS, A.; BALKAYA, A. Estimation of genetic diversity among Turkish kale populations (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) using RAPD markers. **Russian Journal of Genetics**, Moscou, v. 43, n. 4, p. 411-415, 2007.

OPP, S. B.; PROKOPY, J. R. Variation in laboratory oviposition by *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in relation to mating status. **Annual Entomological Society**, London, v. 79, p. 705-710, 1986.

ORMEÑO, E.; MÉVY, JP.; VILA,B.; BOUSQUET-MÉLOU, A.; GREFF, S.; BONIN, G.; FERNANDEZ, C. Water deficit stress induces different monoterpene and sesquiterpene emission changes in Mediterranean species. Relationship between terpene emissions and plant water potential. **Chemosphere**, Kidlington, v. 67, n. 2, p. 276-284, 2007.

OZDEN, M.; KAHRAMAN, A. Effects of proline on antioxidante system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L) exposed to oxidative stress by H_2O_2. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 2, 2009.

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants**. New York: Macmillan, 1951. 520p.

PALLOZZI, E.; TSONEV, T.; MARINO, G.; COPOLOVICI, L.; NIINEMETS, Ü.; LORETO, F.; CENTRITTO, M. Isoprenoid emissions, photosynthesis and mesophyll diffusion conductance in response to blue light. **Environmental and experimental botany**, Amsterdam, v. 95, p. 50-58, 2013.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 2009. 1164p.

PAPAJ, D. R. Ovarian dynamics and host use. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 45, n. 1, p. 423-448, 2000.

PARÉ, P. W.; TUMLINSON, J. H. Cotton volatiles synthesized and released distal to the site of insect damage. **Phytochemistry**, Oxford, v. 47, n. 4, p. 521-526, 1998.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and environmental safety**, Maryland Heights, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005.

PARRA, J. R. P. O controle biológico e o manejo de pragas: passado, presente e futuro. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. (Eds.), **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria, UFSM, CCR, DFS, 2000. p. 59-70.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico.** Piracicaba: Fealq, 1999. 137p.

PARRA, J. R. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). ***Trichogramma* e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.121-150.

PASCHOLD, P. J., KLEBER, J., ADAM, S. T., BOGNAR, A., TAUSCHER, B. Einfluss von Bewässerung und N-Düngung auf Ertrag und Sulforaphangehalt von Brokkoli (*Brassica oleracea*).2000, p.57-66 IIIX Vortrags-tagung, Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (pflanzliche Nahrungsmittel) EV, Karlsruhe,2000.

PEETERS, P. J. Correlations between leaf structural traits and the densities of herbivorous insects guilds. **Biological Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 77, n. 1, p. 43 – 65, 2002.

PICHERSKY, E.; NOEL, J. P.; DUDAREVA, N. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity**. Science**, Washington, v. 311, n. 5762, p. 808-811, 2006.

PICOAGA, A.; CARTEA, M.E.; SOENGAS, P.; MONETTI, L.; ORDÁS, A. Resistance of kale populations to lepidopterous pests in Northwestern Spain. **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 96, n.1, p. 143-147, 2003.

PILON, A. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; GUEDES, R. N. C. Protein digestibility, protease activity, and post-embryonic development of the velvet bean caterpillar (*Anticarsia gemmatalis*) exposed to the trypsin-inhibitor benzamidine. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Maryland Heights, v. 86, n. 1, p. 23-29, 2006.

PINHEIRO, M. M.; SANDRONI, M.; LUMMERZHEUIM, M.; OLIVEIRA, D. E. A defesa das plantas contra as doenças. **Ciência Hoje**, Rio de janeiro, v. 147, p. 1-11, 1999.

PLUKE, R. W.; LEIBEE, G. L. Host preferences of *Trichogramma pretiosum* and the influence of prior ovipositional experience on the parasitism of *Plutella xylostella* and *Pseudoplusia includens* eggs. **BioControl**, Dordrecht, v. 51, n. 5, p. 569-583, 2006.

POELMAN, E. H.; GALIART, R. J. F. H.; RAAIJMAKERS, C. E.; VAN LOON, J. J. A.; VAM DAM, N. M. Performance of specialist and generalist herbivores feeding on cabbage cultivars is not explained by glucosinolate profiles. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Chichester, v. 127, n. 3, p. 218-228, 2008.

PONTOPPIDAN, B.; HOPKINS, R.; RASK, L.; MEIJER, J. Infestation by cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) on oilseed rape (*Brassica napus*) causes a long lasting induction of the myrosinase system. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Chichester, v. 109, n. 1, p. 55-62, 2003.

PONZIO C., GOLS R., WELDEGERGIS B. T., DICKE M. Caterpillar-induced plant volatiles remain a reliable signal for foraging wasps during dual attack with a plant pathogen or non-host insect herbivore. **Plant, Cell & Environment**, Chichester, v. 37, n. 8, p. 1924–1935, 2014.

PORTILLO, H. E.; PITRE, H. N.; MECKENSTOCK, D. H.; ANDREWS, K. L. Oviposition preference of *Spodoptera latifascia* (Lepidoptera: Noctuidae) for *Sorghum*, maize and non-crop vegetation. **The Florida Entomologist**, Lutz, v. 79, n. 4, p. 552-562, 1996.

PRATT, C.; POPE, T. W.; POWELL, G.; ROSSITER, J. T. Accumulation of glucosinolates by the cabbage aphid *Brevicoryne brassicaceae* as a defense against two coccinellid species. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 34, n. 3, p. 323-329, 2008.

PRICE, P. W. **Insect ecology**. New York: John Willey, v. 2, 1984. 607p.

PRICE, P. W. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. **Oikos**, Santiago, v. 62, n. 2, p. 244-251, 1991.

PRICE, P.W. 1986. Ecological aspects of host plant resistance and biological control: Interactions among tritrophic levels, p. 11-30. In D. J. Boethel & R. D. Eikenbary (eds.),

Interactions of plant resistance and parasitoids and predators of insects. Chichester letter:: Horwood, Hove, 1986, p. 11-30.

PUGNAIRE. F. I.; VALLADARES, F. Functional ecology of plants. CRC Press, Florida.2007.744p.

QUEIROZ, C. G. S.; ALONSO, A.; MARES-GUIA, M. L.; MAGALHÃES, A. C. Chilling-induced changes in membrane fluidity and antioxidant enzyme activities in roots of (*Coffea arabica* L.) seedlings. Biologia Plantarum, Dordrecht, v. 41, n. 3, p. 403-413, 1998.

QUEIROZ, R. J. B. Quantificação da trealose e da prolina livre em cana-de-açúcar sob efeito da disponibilidade hídrica do solo. 2006. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal. 2006. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96878/queiroz_rjb_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .

QURESHI, M. I.; QADIR, S.; ZOLLA, L. Proteomics-based dissection of stress-responsive pathways in plants. **Journal of Plant Physiology**, Rockville, v. 164, n. 10, p. 1239-1260, 2007.

RADOVICH, T. J.; KLEINHENZ, M. D., STREETER, J. G. Irrigation timing relative to head development influences yield components, sugar level, and glucosinolato concentrations in cabbage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 130, n. 6, p. 943-949, 2005.

RAMALHO, D. G. Capacidade reprodutiva e preferência da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), para diferentes brassicáceas ao longo de gerações. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Entomologia), FFCLRP, USP, Ribeirão Preto. 2014.

RAMAMOORTHY, V.; VISWANATHAN, R.; RAGUCHANDER, T.; PRAKASAM, V.; SAMIYAPPAN, R. Induction of systemic resistance by plant growth promoting 16 rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2001.

RATZKA, A.; VOGEL, H.; KLIEBENSTEIN, D. J.; MITCHELL-OLDS, T.; KROYMANN, J. Disarming the mustard oil bomb. Chichester, v. 99, n. 17, p. 11223-11228, 2002.

RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON, S. J.; TAIT, A. H. Match and mismatch: conservation physiology, nutritional ecology and the timescales of biological adaptation. **Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences**, London, v. 367, p. 1628–1646, 2012.

RAYMER P. L. Canola: an emerging oilseed crop. In: JANWICK, J.; WHIPKEY, A. (Eds.). **Trends in new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 2002. p. 37-78.

RAZIS, A. F. A.; BAGATTA, M.; DE NICOLA, G. R.; IORI, R.; IOANNIDES, C. Intact glucosinolates modulate hepatic cytochrome P450 and phase II conjugation activities and may contribute directly to the chemo preventive activity of cruciferous vegetables. **Toxicology**, Amsterdam, v. 277, n. 1-3, p. 74–85, 2010.

REDDY, G. V. P.; GUERRERO, A. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. **Trends in plant science**, Kidlington, v. 9, n. 5, p. 253-261, 2004.

REDDY, G. V. P.; TOSSAVAINEN, P.; NERG, A.; HOLOPAINEN J. K. Elevated Atmospheric CO2 Affects the Chemical Quality of Brassica Plants and The Growth Rate of The Specialist, *Plutella xylostella*, but nor the Generalist, *Spodoptera littoralis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 13, p. 4185-4191, 2004.

REINHARDT, A.; NIEMSDORFF, M. V. F.; ULBER, B.; SCHÜTZ, S.; VIDAL, S. Herbivory and drought change volatile emissions of oilseed rape (*Brassica napus* L.). (Dissertation) **Effect of climate change on population dynamics and damage potential of insect pests on oilseed rape**, 2014. p. 52-58.

REN H.; ZHONG, H. X.; DAI, S. J.; CHEN, S. X.; YAN, X. F. Water stress on glucosinolate contents in Arabidopsis rosette leaves**. Acta Ecologica Sinica**, London, v. 8, n. 1, p. 4372–4379, 2009.

RINGO, J. 1996. Sexual receptivity in insects. **Annual Review Entomology,** Santa Barbara, v. 41, 1996. p. 473-494.

ROBBINS, J. R.; KECK, A. S.; BANUELOS, J. M. Cultivation condições and selenium fertilizantes alter the phenolic profile, glucosinolate na sulforaphane contente of broccoli. **Jounal of medicinal food,** Larchmmont, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2005.

RODRIGUES, F. A.; MCNALLY. D. J.; DATNOFF, L. E.; JONES, J. B.; LABBE, C.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G. BELANGER, R. R. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: A potential mechanism for blast resistence**. Phytopathology**, Saint Paul, v. 94, n. 2, p. 177-183, 2004.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Pelotas: EMBRAPA, 2013. 177p.

ROSENHEIM, J. A.; HEIMPEL, G. E.; MANGEL, M. Egg maturation, egg resorption, and the costlines of transient egg limitation in insects. **Proceedings of the Royal Society B of London Serie Biological Science**, Washington, v. 267, n. 1452, p. 1565-1573, 2000.

ROSSETTI, M. L. R. A célula e seus constituintes moleculares. In: ZAHA, A.; FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA L. M. P. (Eds.). **Biologia molecular básica.** 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 403p.

SALEKDEH, G. H.; SIOPONGCO, J.; WADE, L. J.; GHAREYAZIE, B.; BENNETT, J. Proteomic analysis of rice leaves during drought stress and recovery. PROTEOMICS: International Edition, Weinheim, v. 2, n. 9, p. 1131-1145, 2002.

SALERNO, G.; FRATI, F.; MARINO, G.; EDERLI, L.; PASQUALINI, S.; LORETO, F.; COLAZZA, S.; CENTRITTO, M. Effects of water stress on emission of volatile organic compounds by Vicia faba, and consequences for attraction of the egg parasitoid Trissolcus basalis. **Journal Of Pest Science**, Heidelberg, v. 90, n. 2, p.635-647, 2017.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. Belmont: Wadworth, Publishing Company, Rockville, 682 p., 1991.

SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, T. V.; ZANUNCIO, J. C. Development of *Thyrinteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) on leaves of *Eucalyptus urophylla* and *Psidium guajava*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 13-22, 2000.

SARFRAZ, M.; DOSDALL, L. M.; KEDDIE, B. A. Diamondback moth-host plant interactions: implications for pest management. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 25, n. 7, p. 625-639, 2006.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT User`s Guide, version 9.00 TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.

SAWAZAKI, H. E.; NAGAI, H.; SODEK, L. Caracterização da variabilidade genética em couve-manteiga utilizando isoenzimas e RAPD. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 6-19, 1997.

SCALA, A.; ALLMANN, S.; MIRABELLA, R.; HARING, M. A.; SCHUURINK, R. C. Green leaf volatiles: a plant's multifunctional weapon against herbivores and pathogens. International **Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 14, n. 9, p. 17781-17811, 2013.

SCANDALIO, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, Rockville, v. 101, p. 7-12, 1993. No texto está SCANDALIOS!

SCHEIRS, J.; DE BRUYN, L. Plant- mediated effects of drought stress on host preference and performance of a grass miner. **Oikos**, Santiago, v. 108, n. 2, p. 371-385, 2005.

SCHOBERT, C.; MITSUSADA, N.; AOSHIMA, H. Diverse transporters for neutral amino acids in *Ricinus communis* L. seedlings. **Biologia plantarum**, Dordrecht, v. 39, n. 2, p. 187, 1997.

SCHOONHOVEN L. M.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. Insect-plant biology. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. 420p.

SCHOWALTER, T. D. Resource Acquisition. In: SCHOWALTER, T. D. (Ed.). Insect **Ecology**: An Ecosystem Approach. San Diego: Academic Press, v. 3, p.49-82,1996.

SCHRAMM, K.; VASSAO, D. G.; REICHEL, T. M.; GERSHENZON, J.; WITTSTOCK, U. Metabolism of glucosinolate-derived isothiocyanates to glutathione conjugates in generalist lepidopteran herbivores. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 42, n. 3, p. 174-182, 2012.

SCHREINER, M.; BEYENE, B.; KRUMBEIN, A.; STUTZEL, H. Ontogenetic changes of 2-propenyl and 3-indolylmethyl glucosinolates in *Brassica carinata* leaves as affected by water supply. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 57, n. 16, p. 7259-7263, 2009.

SCHUMAN, M. C.; BALDWIN, I. T. The layers of plant responses to insect herbivores. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 61, n. 1, p. 373-394, 2016.

SCRIBER, J. M.; SLANSKY JUNIOR, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, v. 26, n. 1, p. 183-211, 1981.

SHARPE, P. J. H.; WU, H. I.; CATES, R. G.; COESCHL, J. D. Energetics of pine defense systems to bark beetle attck. In: Branham, S. J.; Thatcher, R. C. (Eds.). **Integrated Pest Management and Research Symposium the Proceedings**, USDA Forest Service General Technical Report 50-56. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana et al., 1985. p. 206-223.

SHELTON, A. M.; NAULT, B. A. Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Crop Protection**, Amsterdam, v. 23, n. 6, p. 497-503, 2004.

SHEPHERD, T.; GRIFFITHS, D. W. The effects of stress on plant cuticular waxes. **New Phytologist**. Chichester, v. 171, n. 3, p. 469-499, 2006.

SHIOJIRI, K.; TAKABAYASHI, J.; YANO, S.; TAKAFUJI, A. Infochemically mediated tritrophic interaction webs on cabbage plants. **Population Ecology**, Tóquio, v. 43, n. 1, p. 23-29, 2001.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos** - métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos** - métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, M. D. A.; SANTOS, C. M.; SANTOS, V. H.; RHEIN, A. F. A. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlandia, n. 30, v. 1, p. 173-181, 2013.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419p.

SJÖDIN, P.; HEDMAN, H.; OSTERBERG, M. K.; GUSTAFSSON, S.; LAGERCRANTZ, U.; LASCOUX, M. Polymorphism and divergence at three duplicate genes in *Brassica nigra*. **Journal of Molecular Evolution**, New York, v. 66, n. 6, p. 581-590, 2008.

SKRIVER, K.; MUNDY, J. Gene expression in response to abscisic acid and osmotic stress. **The Plant Cell**, Rockville, v. 2, n. 6, p. 503-512, 1990.

SMIRNOFF, N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. **New Phytologist**, Chichester, v. 125, n. 1, p. 27-58, 1993.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SOARES, A. M. S. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 1, n. 1, p. 9-19, 2007.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. 2 ed. Londres: Chapman and Hall, 1978. 524p.

SOUZA, A. R. **A interação Wolbachia-*Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae).** 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo USP, Ribeirão Preto, 2011.

SPENCER, J. L.; PILLAI, S.; BERNAYS, E. A. Synergism in the oviposition behavior of *Plutella xylostella*: sinigrina and wax compounds. **Journal of Insect Behavior**. New York, v. 12, n. 4, p. 483-500, 1999.

STÄDLER, E.; REIFENRATH, K. Glucosinolates on the leaf surface perceived by insect herbivores: review of ambiguous results and new investigations. **Phytochemistry Reviews**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 207-225, 2009.

STAGNARI, F.; GALIENI, A.; PISANTE, M.. Drought stress effects on crop quality. **Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach**, v. 2, p. 375-392, 2016.

STAMP, N. Out of the quagmire of plant defense hypotheses. **The Quarterly Review of Biology**, Chicago, v. 78, n. 1, p. 23-55, 2003.

STEIN, C. O.; PARRA, J. R. P.; Uso da radiação ultra-violeta para inviabilizar ovos de *Anagasta kuehniella* (Zelle, 1879) visando estudos com *Trichogramma sp.* **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil,** Itabuna, v. 16, n. 1, p. 229-231, 1987.

STROCHER, V. L.; BOATHE, I. G.; GOOD, R. G. Molecular cloning and expression of a turgor gene in *Brassica napus*. **Plant Molecular Biology**, Lismore, v. 27, n. 3, p. 41-551, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**, Massachussets: Sinauer Associates Publishers. 1998. 792p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Metabólitos secundários e defesa vegetal. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Eds.). **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 309-334.

TAKABAYASHI, J.; DICKE, M.; POSTHUMUS, M. A.. Volatile herbivore- induced terpenoids in plant-mite interactions: variation caused by biotic and abiotic factors. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 20, p. 1329–1354, 1994.

TAKEMOTO, H.; TAKABAYASHI, J. Parasitic wasps *Aphidius ervi* are more attracted to a blend of host-induced plant volatiles than to the independent compounds. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 41, p. 801–807, 2015.

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 38, n. 1, p. 275-301, 1993.

TARIQ, M.; WRIGHT, T.; BRUCE, J. A.; STALEY, J. T. Drought and root herbivory interact to alter the response of above-ground parasitoids to aphid infested plants and associated plant volatile signals. Plos One, v. 8, n. 7, 2013.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 91, p. 503-527, 2003.

THOMPSON, J. N. Concepts of coevolution. **Trends in Ecology & Evolution**, Oxford, v. 4, n. 6, p. 179-183, 1989.

THOMPSON, T.. **Preferences of Plutella xylostella Oviposition for Mechanically Damaged, Herbivore Damaged, and Plant-Plant Primed Arabidopsis thaliana**. 2014. Tese de Doutorado. Bowling Green State University.

THOMPSON, T.; BIDART, M. G.. Oviposition Preferences of Plutella xylostella are Influenced by the Type of Plant Induction and Glucosinolate Hydrolysis Profiles. **Journal of Insect Behavior**, New York v. 30, n. 5, p. 507-518, 2017.

THORSTEINSON, A. J. The chemotactic responses that determine host specificity in an oligophagous insect (*Plutella maculipennis*) (Curt.) (Lepidoptera). **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa v. 31, n. 1, p. 52-72, 1953.

THORUP-KRISTENSEN, K. Brassicas in sustainable production and organic farming. In: 5 th ISHS International Symposium on Brassicas and the 16th Crucifer Genetics Workshop, 2008, Lillehammer. Anais eletrônicos. Lillehammer: Brassica, 2008. Disponível em: completar? Acesso em: 10 fev. 2018.

THULER, R. T. Criação de *Plutella xylostella*. In: DE BORTOLI, S. A. (Ed.). **Criação de insetos**: da base à biofábrica. Jaboticabal: Edição própria, 2009. p. 58-68.

THULER, R. T.; DE BORTOLI, S. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Classificação de cultivares de brássicas com relação à resistência à traça-das-crucíferas e à presença de glucosinolatos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 467-474, 2007.

TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; STOCKEL, J. 2002. Delayed mating reduces reproductive output of female European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera-Tortricidae). **Bulletin of Entomological**, Cambridge, v. 92, p. 241-249, 2002.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, E. P.; ARAÚJO, H. S.; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F. A.; FIGUEIREDO, G. J. B.; NOVO, M. C. S. Couve de folha: do plantio à pós-colheita. Campinas: Instituto Agronômico, 2015. 36 p. (Boletim Técnico IAC, 214). Disponível em:<http:// www.iac.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/BoletimTecnico214.pdf> Acesso em: 10 fev. 2018.

TRDAN, S.; VALIČ, N.; VOVK, I.; MARTELANC, M.; SIMONOVSKA, B.; VIDRIH, R.; VIDRIH, M.; ŽNIDARČIČ. D. Natural resistance of cabbage against three insect pests. In: Integrated Protection of Field Vegetables. **Proceedings of the meeting. IOBC/WPRS Bulletin**, Porto, 2009. p. 93-106.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei - Scienze Fisiche e Naturali**, Milan, v. 19, p.325-346, 2008.

TUMLINSON, J. H.; LEWIS, W. J.; VET, L. How parasitic wasps find their hosts. **Scientific American**, New York, v. 268, n. 3, p. 100-106, 1993.

TUYTENS, K.; VANSCHOENWINKEL, B.; WATERKEYN, A.; BRENDONCK, L. Predictions of climate changes infer increased environmental harshness and altered connectivity in a cluster of temporary pools. **Freshwater Biology**, Chichester, v. 59, n. 5, p. 955-968, 2014.

ULMER, B.; GILLOTT, C.; WOODS, D.; ERLANDSON, M. Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. **Crop Protection**, Amsterdam, v.21, p.327-331, 2002.

VACARI, A. M. Caracterização biológico-comportamental de *Podisus nigrispinus*. 2009. 114 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000200009>.

VAISHNAVA, A.; SACHAN, J. N.; TEWARI, S. K. Genetic divergence for important quantitative traits in Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern and Coss). **Agricultural Science Digest**, Peterborough, v. 26, n. 4, p. 269-272, 2006.

VALIM, J. O.; TEIXEIRA, N. C.; OLIVEIRA, M. G. A.; CAMPOS, W. G. Drought stress affects constitutive but not herbivore-induced glucosinolates in Collard. **International Journal of Plant Biology & Research**, San Diego, v. 5, n. 2, p. 1065, 2017.

VAN EYLEN, D.; BELLOSTAS, N.; STROBEL, B. W.; OEY, I.; HENDRICKS, M.; VAN LOEY, A.; SORENSEN, H.; SORENSEN, J. C. Influence of pressure/temperature treatments on glucosinolate conversion in broccoli (*Brassica oleracea* L. cv. *italica*). **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 112, n. 3, p. 646-653, 2009.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAUGHN, S. F.; BERHOW, M. A. Glucosinolate hydrolysis products from various plant sources: pH effects, isolation, and purification. **Industrial Corps and Products**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 193-202, 2005.

VEIGA, A. C. P.; VIANA; C. L. T. P.; PEDROSO, E. C.; OTUKA, A. K.; VIANA, M. A.; LAURENTIS, V. L.; VACARI, A. M.; DE BORTOLI, S. A. Biologia comparada de duas populações de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em laboratório. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p.773-778, 2010.

VEIGA, E. A. S. **Projeto de implantação/implementação para avaliação, acompanhamento e tratamento de portadores de feridas**. Governador Valadares: Prefeitura Municipal de Governador Valadares, 2005. p. 25.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. **Proline Accumulation in Plants: A Review. Amino Acids**, v. 35, p. 753-759, 2008.

VET, L. E. M.; DICKE, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Annual review of entomology**, v. 37, n. 1, p. 141-172, 1992.

VILAR, M.; CARTEA, M. E.; PADILLA, G.; SOENGAS, P.; VELASCO, P. The potential of kales as a promising vegetable crop. **Euphytica**, Dordrecht, v. 159, n. 1-2, p. 153-165, 2007.

VILARDELL, J.; MARTÍNEZ-ZAPATER, J. M.; GODAY, A.; ARENAS, C.; PAGÈS, M. Regulation of the rabl7 gene promoter in transgenic *Arabidopsis* wild-type, ABA-deficient and ABA-insensitive mutants. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 24, n. 4, p. 561-569, 1994.

VIRTANEN, A. I.; LINKOLA, H. Organic nitrogen compounds as nitrogen nutrition for higher plants. **Nature,** London, v. 158, n. 4015, p. 515, 1946.

VUORINEN, T.; REDDY, G. V. P.; NERG, A, M.; HOLOPAINEN, J. K. Monoterpene and herbivore-induced emissions from cabbage plants grown at elevated atmospheric CO2 concentration. **Atmospheric Environment**, Kidlington, v. 38, n. 5, p. 675-682, 2004.

WANG, L.; WELLER, C. L. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends in Food Science & Technology, v. 17, n. 6, p. 300-312, 2006.

WAR, A. R.; SHARMA, H. C.; PAULRAJ, M. G.; WAR, M. Y.; IGNACIMUTHU, S.. Herbivore induced plant volatiles: their role in plant defense for pest management. **Plant signaling & behavior**, Philadelphia, v. 6, n. 12, p. 1973-1978, 2011.

WARNER, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts Reviews**, Farnham Royal, v. 51, n. 12, p. 789-820, 1981.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Proceedings of 61st Cornell nutrition conference for feed manufacturers, Rochester**: New York State College of Agriculture and Life Sciences. Ithaca, 1999. v. 61, p. 176-185.

WELDEGERGIS, B. T., ZHU, F., POELMAN, E. H., & DICKE, M. Drought stress affects plant metabolites and herbivore preference but not host location by its parasitoids. **Oecologia**, v. 177, n. 3, p. 701-713, 2015.

WHEELER, S. R.; KEARNEY, J. B.; GUARDIOLA, A. R.; CREWS, S. T. Single-cell mapping of neural and glial gene expression in the developing Drosophila CNS midline cells. **Developmental biology**, Maryland, v. 294, n. 2, p. 509-524, 2006.

WHITE, T. C. R. The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. **Oecologia**, Heidelberg, v. 63, n. 1, p. 90-105, 1984.

WIENS, J. A.; CATES, R. G.; ROTENBERRY, J. T.; COBB, N.; VAN HORNE, B.; REDAK, R. A. Arthropod dynamics on sagebrush (*Artemisia tridentata*): effects of plant chemistry and avian predation. **Ecological Monographs**, Hoboken, v. 61, n. 3, p. 299-322, 1991.

WINDE, I.; WITTSTOCK, U. Z. Insect herbivore counter adaptions to the plant glucosinolate-myrosinase system. Phytochemistry, Oxford, v. 72, n. 13, p. 1566-1575, 2011.

WU, T. C.; XIONG, Y. L.; CHEN, S.; LENG, S. T.; HAI, T.; TANGUAY, R. M. Biochemical changes of plasma in paratroops after parachuting: a preliminary investigation. **Hang tian yi xue yu yi xue gong cheng= Space medicine & medical engineering**, v. 12, n. 4, p. 235-239, 1999.

XIONG, X.; CHANG, L.; KHALID, M.; ZHANG, J.; HUANG, D. Alleviation of drought stress by nitrogen application in *Brassica campestris* ssp. *Chinensis* L. **Agronomy**, Madison, v. 8, n. 5, p. 8-66, 2018.

YAMAUCHI, Y.; KUNISHIMA, M.; MIZUTANI, M.; SUGIMOTO, Y. Reactive short-chain leaf volatiles act as powerful inducers of abiotic stress-related gene expression. **Scientific reports**, London, v. 5, p. 8030, 2015.

YAMAZAKI, Y.; FUKUTOMI, N.; TAKEDA, K.; IWATA, A.. Embryonic development of the Pacific lamprey, Entosphenus tridentatus. **Zoological science**, Hongo, v. 20, n. 9, p. 1095-1098, 2003.

YANG, W.; YU, J. F.; MARIGA, A. M.; MA, N.; FANG, Y.; HU, Q. Effect of hot air drying on volatile compounds of *Flammulina velutipes* detected by HS-SPME–GC–MS and electronic nose. **Food chemistry**, Amsterdan, v. 196, p. 860-866, 2016.

YOUSUF, M.; AJMAL, S. U.; MUNIR, M.; GHAFOOR, A. Genetic diversity analysis for agro-morphological and seed quality traits in rapeseed (*Brassica campestris* L.). **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 43, n. 2, p. 1195-1203, 2011.

ZAGO, H. B.; BARROS, R.; TORRES, J. B. PRATISSOLI, D. Egg distribution of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) and the parasitism by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology,** Londrina, v. 39, n. 2, 2010.

ZALUCKI, M. P. A.; SHABBIR, R.; SILVA, D.; ADAMSON, L.; SHU-SHENG, FURLONG, D. M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, Cary, v. 105, n. 4, p. 1115-1129, 2012.

ZHANG, J. Z.; CREELMAN, R. A.; ZHU J. K. From laboratory to field. Using information from *Arabidopsis* to engineer salt, cold, and drought tolerance in crops. **Plant Physiology**, Rockville, v. 135, n. 2, p. 615-621, 2004.

ZHANG, Y.; GEIBEN, S. U.; GAL, C. Carbamazepine and diclofenac: removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies. **Chemosphere**, Kidlington, v. 73, n. 8, p. 1151-1161, 2008.

ZHU, J. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, kdlington, v. 6, n. 2, p. 66-71, 2001.

ZUCOLOTO, F. S. Alimentação e nutrição de Mosca-das-frutas. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, p. 67-80, 2000.

ZVEREVA, E. L.; KOZLOV, M. V.; HAUKIOJA, E. Stress responses of *Salix borealis* to pollution and defoliation. **The Journal of Applied Ecology**, Chichester, v. 34, n. 6, p. 1387-1396, 1997.