

PLATAFORMA INTEGRADA PARA MONITORAMENTO, SIMULAÇÃO E TOMADA DE DECISÃO NO MANEJO DE EPIDEMIAS CAUSADAS POR VÍRUS TRANSMITIDOS POR INSETOS

Douglas Lau¹

Epidemias em que patógenos são transmitidos por organismos vetores são determinadas por fatores que afetam não apenas o hospedeiro e o patógeno, mas também o vetor. Portanto, os componentes primários destes sistemas são o hospedeiro, o patógeno e o vetor. O ambiente afeta cada um desses componentes, assim como o resultado de suas interações, regulando a taxa de progresso dessas epidemias.

No reino vegetal muitos patógenos, principalmente vírus, são transmitidos por insetos. Os vírus, por sua simplicidade estrutural, necessitam que um organismo mais complexo e ativo rompa as barreiras dos tecidos e células vegetais, introduzindo-os no interior do hospedeiro. De fato, os vírus pegam “carona” em cadeias tróficas que têm plantas como produtores primários e o inseto vetor como consumidor primário. As plantas, além de suas características genéticas intrínsecas, realizam inúmeras interações com fatores ambientais e outros organismos que alteram sua fisiologia e sua propensão a desenvolver doenças. Os consumidores primários, além de obter alimento das plantas, também têm redes de simbioses e relações com outros organismos em níveis tróficos superiores como predadores que regulam suas populações.

Assim, o entendimento das epidemias que envolvem organismos vetores precisa considerar toda essa complexidade de interações e suas consequências, computando-as de forma cumulativa para prever o resultado do sistema e melhor orientar medidas de manejo. Como os fenômenos locais podem ser influenciados por macro dinâmicas, por exemplo padrões de migração em larga escala, é preciso obter dados de redes de monitoramento que considerem as diversidades de climas e paisagens agrícolas que podem interferir nesse processo.

Nessa escala, os desafios em tais sistemas estão em: a) formar redes de monitoramento para obter dados em várias regiões, b) construir bancos de dados para armazená-los de forma organizada e acessível, constituindo séries históricas; c) desenvolver ferramentas de análises e modelos para interpretar esses dados e descrever os componentes, suas relações e como estes são afetados pelo ambiente, e; d) criar ferramentas computacionais que auxiliem no monitoramento facilitando e acelerando este processo.

1. O caso do sistema gramíneas-barley yellow dwarf virus – afídeos no Brasil

O estudo de caso apresentado aqui trata das epidemias causadas por *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) em gramíneas. BYDV são um dos principais grupos de vírus que infectam plantas (D’ARCY e BURNETT, 1995; DOMIER, 2012). Estão presentes em todas as partes do globo onde existem gramíneas e são transmitidos por afídeos (pulgões). Existem várias espécies do vírus e várias espécies de afídeos transmissores. A relação vírus vetor é do tipo circulativa-propagativa e interações entre proteínas do vírus, vetor e seus simbioses, que permitem a passagem do vírus pelos tecidos hospedeiros e seu acúmulo nas glândulas salivares, determinam a eficiência de

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa-Trigo. Passo Fundo – RS.

transmissão do vírus e a gama de espécies vetoras para cada espécie do vírus (JING-QUAN et al., 1997, CILIA et al., 2011).

No Brasil, esse grupo de vírus é principalmente importante em cereais de inverno como aveias, trigo, cevada, triticale e centeio (LAU et al., 2011). A espécie *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) (Luteovirus, Luteoviridae) foi descrita nos Estados Unidos em 1951 (OSWALD e HOUSTON, 1951). Sua história, no entanto, remonta a própria história da agricultura. No Brasil, o seu relato em 1968 (CAETANO, 1968) coincide com o aumento da área plantada com trigo sendo explicada pelo sucesso dos afídeos vetores.

Com aumento da área plantada com trigo, os afídeos adquiriram o status de principal praga das culturas de cereais de inverno. A disponibilidade de hospedeiros e ausência de controle biológico eficiente propiciou um rápido crescimento das populações desses insetos. O seu monitoramento mais sistemático aqui no Brasil começou nos anos 1970 utilizando armadilhas do tipo bandeja amarela (PIMENTA e SMITH, 1976; CAETANO e CAETANO, 1978) (Figura 1 A). Em 1978, foi iniciado o programa de controle biológico dos afídeos do trigo com a introdução de inimigos naturais oriundos do centro de origem do trigo e de afídeos (ZUÑIGA-SALINAS, 1982; SALVADORI e SALLES, 2002) (Figura 1B). A partir dos anos 1980, também houve alteração das paisagens agrícolas no sul do Brasil, com adoção do sistema plantio direto e a necessidade de uso de espécies alternativas para comporem esquemas de rotação com o trigo, visando cobertura do solo (diminuindo a erosão), adubação verde, controle de plantas daninhas e de patógenos de solo e de parte aérea (SANTOS e REIS, 1995). Isso resultou no aumento da área cultivada com aveia branca (*Avena sativa* L.) e, sobretudo aveia preta (*Avena strigosa* L.) o que, possivelmente, impactou as dinâmicas populacionais de afídeos (REBONATTO et al., 2015).



Figura 1. Monitoramento e manejo de afídeos em trigo. A) Ponto de monitoramento de afídeos por meio de armadilha amarela localizada adjacente à Estação Meteorológica da Embrapa Trigo em Passo Fundo, RS. Ao centro, Dr. Vanderlei da Rosa Caetano pioneiro no estudo de BYDV no Brasil. B) Logotipo do Programa de Controle Biológico dos Pulgões do Trigo iniciado em 1978.

Os dados dos anos 1970 evidenciaram o predomínio de uma espécie de afídeo, *Metopolophium dirhodum* (WALKER, 1849), (CAETANO, 1973) com picos primaveris (CAETANO e CAETANO, 1978). Àquela época a transmissão de BYDV ocorria em larga escala (CAETANO, 1972). Após a introdução do programa de controle biológico, houve uma mudança significativa nas populações de afídeos com redução da importância de *M. dirhodum* (ZUÑIGA-SALINAS, 1982).

Atualmente, *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) tem sido uma das espécies vetoras mais importantes (PARIZOTO et al., 2013; REBONATTO et al., 2015). Conhecido como pulgão-da-aveia, é possível que tenha se beneficiado do aumento da área plantada com esta espécie vegetal. Os níveis populacionais atuais são mais baixos em relação aos anos 1970, porém a transmissão do vírus ainda gera impacto à produção de trigo. Estudos em parcelas com e sem inseticidas demonstram que esse sistema atualmente causa uma redução média de 20% no rendimento de grãos em trigo (PEREIRA et al., 2016a).

A importância de fatores meteorológicos, como precipitação e temperatura, sobre as populações de afídeos é evidente em séries temporais de monitoramento tanto nos anos 1970 (CAETANO e CAETANO, 1978), assim como para as populações atuais (REBONATTO et al., 2015). Entre os fatores abióticos, destacam-se temperatura, disponibilidade hídrica e precipitação. Como a capacidade de regular a temperatura corporal é limitada em insetos, a temperatura ambiente é determinante das suas taxas de desenvolvimento, reprodução e sobrevivência. Entre as espécies de afídeos de cereais existem diferenças nessas taxas em função da temperatura (DEAN, 1974). Esse efeito e os limites inferior e superior de temperaturas toleráveis determinam variação de sazonalidade, distribuição geográfica e capacidade de adaptação a mudanças climáticas (ASINE PONS, 2001; FINLAY e LUCK, 2011). A disponibilidade hídrica tem relação direta com a distribuição de hospedeiros. Em muitas regiões de clima mais árido podem se formar gradientes de vegetação variáveis em função da época do ano, afetando a disponibilidade de plantas hospedeiras de afídeos entre estações de cultivos (NANCARROW et al., 2018). Por outro lado, em áreas com boa disponibilidade hídrica, precipitações pluviais elevadas podem ter efeitos físicos negativos nas colônias de afídeos. Umidades relativas mais elevadas podem favorecer a presença de patógenos - como fungos entomopatogênicos (BRODEUR et al., 2017; DEDRYVER, 2018).

Além de patógenos, as populações de insetos são reguladas por outros elos das cadeias tróficas. Insetos vetores, geralmente, são consumidores primários. Em níveis tróficos superiores existe uma diversidade de organismos que deles se alimentam. Sob a ótica de insetos vetores enquanto pragas, desenvolveram-se termos como “inimigo natural” e “controle biológico”.

Ao observador inexperiente o efeito “tamponante” do controle biológico pode ser subestimado. Em ensaios conduzidos em condições controladas evidencia-se que a partir de um único afídeo, após 1 mês pode-se chegar a mais de 25.000 indivíduos e que sob ação do controle biológico esse número costuma ser cerca de 100x menor. Considerando que a meta original do programa de controle biológico dos pulgões do trigo era reduzir em 10 a 15% o tamanho da população de afídeos, evidencia-se que esse foi um marco de sucesso no mundo. A introdução de inimigos naturais a partir do centro de origem do trigo resultou na redução do patamar das populações de afídeos e de sua composição.

No Brasil, são reconhecidas 4 regiões tritícolas (REUNIÃO..., 2020). Cada uma tem um clima e paisagem agrícolas distintos resultando em variação das principais doenças e pragas de cada região (LAU et al., 2011). Logo, a dinâmica dos afídeos vetores é também diferente. As regiões 1, 2 e 3, em sua maioria situadas nos estados do sul do Brasil, compreendem 90% da produção nacional de trigo (CONAB, 2020). A região 1 é a de inverno mais frio e úmido. A região 2 diferencia-se da primeira pela temperatura um pouco mais elevada em função da menor altitude. A região 3 é uma região de transição entre o clima subtropical e tropical com invernos moderadamente quentes e secos. A região 4 é marcada pelo clima tropical com invernos secos e temperaturas mais elevadas em relação às demais regiões tritícolas.

As descrições a seguir tratam principalmente do cenário da região Sul do Brasil. Nessa região ocorre um gradiente temporal de data da semeadura de cereais de inverno influenciado por longitude e latitude. Regiões mais ao norte e mais ao oeste têm semeaduras de trigo antecipadas em

relação às regiões mais ao sul e mais ao leste. Este gradiente de semeadura, em um contexto de plantio direto com sucessão de culturas, cria cenários de pontes verdes para os vetores e o vírus entre as estações do ano.

O verão se constitui um desafio, um período de gargalo, para vetor e vírus. Nessa época, podem se manter em plantas voluntárias de trigo e aveia, gramíneas nativas e algumas gramíneas cultivadas, principalmente o milho e algumas pastagens. Porém, a maior parte da área agrícola está coberta com soja. Na sucessão das culturas de verão, é muito comum o cultivo de aveia preta como cobertura (compondo a rotação de culturas) e também para pastagem. A área de aveia representa a maior parte da área cultivada no inverno. Como a cultura não visa necessariamente à produção de um produto comercializável, há pouco cuidado com o manejo de pragas e doenças. A aveia tem então um papel multiplicador de afídeos e de BYDVs. Nessa época, se detectam aumentos expressivos das populações de afídeos virulíferos (PARIZOTO et al., 2013). O principal afídeodeste período é *R. padi*. Como o *R. padi* é um excelente vetor de BYDV-PAV, essa espécie acaba sendo predominante nos sistemas agrícolas em que está presente (PARIZOTO et al., 2013, MAR et al., 2013).

Em sequência, ocorre a semeadura do trigo. O risco e danos de BYDV ao trigo dependem do estágio fenológico da planta no momento da infecção. Quanto mais cedo ocorrer a infecção, maiores serão os danos. O risco da infecção está diretamente ligado à abundância de afídeos (PEREIRA et al., 2016 a,b).

Nas regiões 1 e 2, os pulgões apresentam um pico outonal e outro na transição inverno-primavera. No inverno e no verão as populações diminuem. Outonos e invernos secos e quentes podem determinar a manutenção de altas populações na época da semeadura do trigo. Semeaduras mais precoces são de maior risco. O segundo momento crítico é a retomada de crescimento das populações de afídeos no fim do inverno. Por isso, o monitoramento é fundamental para tomada de decisão no manejo por meio de inseticidas.

A região 3, cortada pelo Trópico de Capricórnio, é uma região de transição do clima subtropical do sul do país para o clima tropical do Brasil Central. Nessa região, o inverno é moderadamente seco e quente. O cultivo de cereais de inverno compete com algumas culturas de verão, principalmente o milho, uma vez que o risco de geada é menor. Existem boas pontes verdes para o vírus e vetor.

A região 4, em sua maioria situada no Bioma Cerrado com clima tropical, é marcada por uma estação seca e outra chuvosa. O inverno mais frio e seco e o verão com temperaturas mais elevadas e chuvoso. O regime das chuvas determina as janelas de semeadura e o sistema de cultivo que será adotado. Sistemas de sequeiro requerem plantios antecipados (fevereiro-março) para não faltar água para a planta completar o ciclo. Plantios irrigados são realizados mais tardiamente. As culturas de trigo nessa região ficam mais isoladas e as pontes verdes não são bem estabelecidas quanto no sul do país, sendo realizadas por gramíneas utilizadas em pastagens e pelo milho.

2. Rede de Monitoramento e ferramentas computacionais

A rede de monitoramento de afídeos no Brasil procurou estabelecer parcerias entre instituições de pesquisa (Empresas de pesquisa, Fundações de pesquisa mantidas por cooperativas, Universidades e Institutos Federais) para entender a dinâmica populacional nas diversas regiões tritícolas (LAU et al., 2017).

Cada parceiro conduz ensaios de campo onde são colocadas armadilhas do tipo bandeja amarela (Figura 2A) cujo conteúdo é colhido semanalmente. Esse conteúdo é peneirado e realizada

a identificação de pulgões e parasitoides em laboratório. Também são realizadas leituras do número de pulgões em plantas para relacionar os dados de armadilhas aos dados de plantas.

Um dos primeiros desafios foi criar uma plataforma para a entrada dos dados das leituras de armadilhas. Esta plataforma foi denominada Trap System (<http://gpca.passofundo.ifsul.edu.br/traps/index.php>) (LAZZARETTI et al., 2016). A plataforma é mantida pelo Instituto Federal Sul Rio-grandense estando disponível em formato on-line. As instituições que fazem parte da rede são cadastradas gerando um usuário e senha. Nesse caso, é requerido que as instituições disponham de recursos humanos e infraestrutura para o processamento das amostras, identificação dos insetos e lançamento dos dados na plataforma.

A plataforma organiza os dados por meio do banco de dados AgroDB (LAZZARETTI et al., 2016b) e permite visualização e *download* dos dados para análises mais detalhadas (Figura 2E). Assim, a partir dos dados na plataforma é possível estudar os padrões das populações de afídeos e avaliar as variáveis meteorológicas que afetam estes padrões, estabelecendo situações de maior risco de epidemias.

Outra ferramenta que foi criada para dar suporte ao entendimento das epidemias e seu manejo foi um modelo de previsão. Este grupo de pesquisa fez a opção por um modelo baseado em agentes que foi denominado de *Agent Based Insect Simulation Model* (ABISM) (WIEST et al., 2020). Nesse modelo são gerados afídeos virtuais (agentes). O afídeo nasce, cresce, se alimenta, se move, reproduz e morre de acordo com regras estabelecidas. As taxas de desenvolvimento e reprodução são fortemente afetadas pela temperatura, uma vez que insetos têm capacidade de termorregulação limitada. A mortalidade ocorre por idade, por temperatura, por precipitação e por ação de inimigos naturais, predadores e parasitoides.

ABISM permite não apenas a simulação temporal, mas também espacial das epidemias. Regras de movimentação para os afídeos foram estabelecidas. O grupo estabeleceu um sistema de parcelas experimentais que permite a avaliação de fenômenos em termos populacionais, o que é reproduzido no ABISM. Assim, todos estes resultados têm sido comparados em sistemas reais que trabalham com populações de plantas.

Em termos práticos os usuários podem fazer as leituras em plantas e armadilhas. Utilizar estes dados como *input* para a população inicial da simulação. Baseado nos prognósticos meteorológicos é simulado o crescimento populacional e avaliado se irá atingir o nível de ação. O padrão atual é aplicação de inseticidas quando se atinge 10% de plantas com pulgões (REUNIÃO...,2020).

A terceira ferramenta que este grupo de pesquisa vem desenvolvendo é automação baseada em visão computacional para facilitar a contagem de pulgões e parasitoides (LINS et al., 2020). O software denominado Aphid CV permite a contagem dos pulgões separando-os em categorias (adultos ápteros, adultos alados e ninfas), além de oferecer dados de morfometria. Isso facilita estudos populacionais em condições controladas ou semi-controladas.

Além disso, um novo software está em desenvolvimento para contagem de afídeos e parasitoides em armadilhas (Figuras 2B, C e D). A proposta é tornar a leitura em armadilha mais rápida para permitir a entrada automatizada de dados para simulação e tomada de decisão.

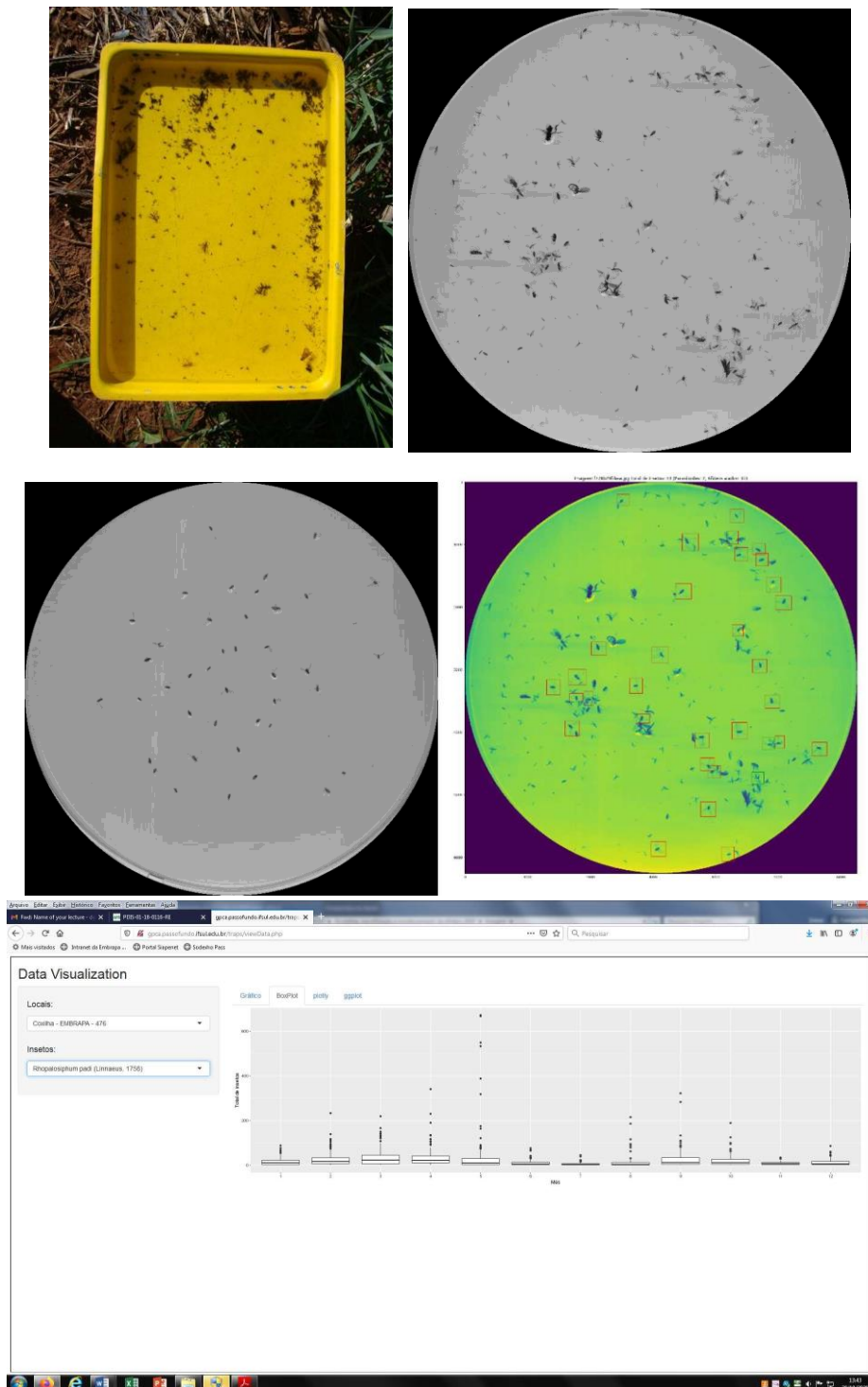


Figura 2. Monitoramento de afídeos alados. A) Armadilha amarela exposta em campo para monitoramento de insetos alados. B) Conteúdo da armadilha após passar por sistema de peneiras que retiram insetos de maior tamanho é digitalizado em laboratório (amostra original). C) Afídeos e parasitoides são separados da amostra original, contabilizados e lançados manualmente na plataforma TrapSystem (amostra processada). D) Amostra original analisada por visão computacional. E) Visualização de dados armazenados na plataforma TrapSystem (LAZZARETTI et al., 2016) (<http://gpca.passofundo.ifsul.edu.br/traps/system.php>). Análise de imagem por visão computacional desenvolvida por Telmo de Cesaro Júnior (IFSUL) e Rafael Rieder (UPF).

3. Conclusões e perspectivas

Em termos epidemiológicos, sistemas em que o patógeno necessita de um vetor impõe maiores desafios ao entendimento das epidemias, pois é necessário compreender os fatores bióticos e abióticos que determinam o comportamento das populações do vetor.

Tais sistemas precisam ser modelados em camadas, primeiramente considerando os componentes primários, suas interações e o efeito do ambiente sobre os mesmos. A seguir, precisam ser considerados os efeitos de outros organismos que interagem com os componentes primários.

Uma das grandes dificuldades da modelagem é determinar o efeito do controle biológico sobre as populações. As populações de inimigos naturais sofrem o efeito das variáveis abióticas e também das variáveis bióticas (em um modelo presa-predador).

Como as dinâmicas epidemiológicas são afetadas por macro padrões de migração, a construção de redes de monitoramento é fundamental para entender essa dinâmica. Para viabilizar tais redes, sistemas de armazenamento de dados e ferramentas que facilitem o monitoramento são fundamentais.

O desafio atual do manejo integrado de pragas é reconhecer e dimensionar a ação dos agentes de controle biológico de modo a ser capaz de prever a sua ação e lançar mão de outras ferramentas de manejo somente quando for necessário. Esta possibilidade reduz eventuais efeitos negativos da aplicação de agrotóxicos e maximiza o retorno financeiro, viabilizando a atividade agrícola em termos econômicos e com sustentabilidade ambiental.

Referências

- ASIN, L. and PONS, X. Effect of High Temperature on the Growth and Reproduction of Corn Aphids (Homoptera: Aphididae) and Implications for Their Population Dynamics on the Northeastern Iberian Peninsula. **Environmental Entomology**. 30:1127-1134, 2001.
- BRODEUR, J. et al. Predators, parasitoids and pathogens. **Aphids as Crop Pests**, 2nd ed.; van Emden, HF, Harrington, 2nd: 225-261, 2017.
- CAETANO V da R. Nota prévia sobre a ocorrência de uma virose em cereais de inverno no Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, 2:53-66, 1968.
- CAETANO V da R. **Estudo sobre o vírus do nanismo amarelo da cevada, em trigo, no Rio Grande do Sul**. 1972. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo-ESALQ, Piracicaba, 1972.
- CAETANO V. da R. **Estudos sobre os afídeos vetores do vírus do nanismo amarelo da cevada, em especial de *Acyrtosiphon dirhodum*, em trigo no Sul do Brasil**. 1973. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1973.
- CAETANO V. da R., CAETANO, V. da R. Variações sazonais de pulgões de trigo. In: **EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Solos e técnicas culturais, economia e sanidade**. Passo Fundo, v. 2. p. 102-114. X Reunião Anual Conjunta de Pesquisa de Trigo, Porto Alegre, 1978.
- CILIA, M. et al. Genetics coupled to quantitative intact proteomics links heritable aphid and endosymbiont protein expression to circulative polerovirus transmission. **Journal of virology**,85(5), 2148–2166, 2011.
- CONAB. (2020), Boletim da Safra de Grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/> Acesso em: 15/06/2020
- D'ARCY, C. J. and BURNETT, P. A. Barley Yellow Dwarf - 40 Years of Progress, USA: **APS Press**, 1995.

- DEAN, G.J. Effect of temperature on the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Wlk.), *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hem., Aphididae), **Bull. Entomol. Res.**, 63:401–409, 1974.
- DEDRYVER C. A. Encyclop'Aphid, Aphids and their environment, Antagonists, Entomophthorales. 2018. Disponível em: https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons_eng/Aphids-and-their-environment/Antagonists/Entomophthorales. Acesso em: 15/06/2020.
- DOMIER, L. L. Family Luteoviridae, Oxford: **Elsevier/Academic Press**, 2012.
- FINLAY, K. J. and LUCK, J. E. Response of the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) to climate change in relation to its pest status, vectoring potential and function in a crop-vector-virus pathosystem, **Agric. Ecosyst. Environ.**, 144:405–421, 2011.
- JING-QUAN, G., LAPIERRE, H. and MOREAU, J. P. Vectoring ability of aphid clones of *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Sitobion avenae* (Fabr.) and their capacity to retain barley yellow dwarf virus. **Annals of Applied Biology**, 131(2), 179-188, 1997.
- LAU, D. et al. Doenças de trigo no Brasil. In: Pires, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. 488 p.
- LAU, D. et al. Plataforma integrada para monitoramento, simulação e suporte à tomada de decisão no manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos. In: **Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale**. 11.; FÓRUM NACIONAL DE TRIGO, 2017, Cascavel. Resumos expandidos... Cascavel: Coodetec, 2017. p. 78-82
- LAZZARETTI, A. T. et al. Trapsystem - uma aplicação para gerenciamento de dados coletados a partir de armadilhas de insetos. In: **Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale**. 10., 2016, Londrina. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo eTriticale, 2016. 5 p. 1 CD-ROM
- LAZZARETTI, A. T. et al. AgroDB - integration of database management systems with crop models. In: **International congress on environmental modelling and software**. 8., 2016, Toulouse, France. Proceedings... Manno, Switzerland: International Environmental Modelling and Software Society, 2016. p. 194-201. IEMSS
- LINS, E. A. et al. A method for counting and classifying aphids using computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, 169, 2020.
- MAR, T. B. et al. Molecular identification based on coat protein sequences of the Barley yellow dwarf virus from Brazil. **Scientia Agricola**. 70(6), 428-434, 2013.
- NANCARROW, N. et al. Prevalence and Incidence of Yellow Dwarf Viruses Across a Climatic Gradient: A Four-Year Field Study in Southeastern Australia, **Plant Disease**, 102(12), 2465-2472, 2018.
- OSWALD, J. W.; HOUSTON, B. R. A new virus disease of cereals transmissible by aphids. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 35, p. 471-475, 1951.
- PARIZOTO, G.; REBONATTO, A.; Schons, J.; and LAU, D. Barley yellow dwarf virus-PAV in Brazil: seasonal fluctuation and biological characteristics', **Tropical Plant Pathology**, 38(1), 11-19, 2013.
- PEREIRA, P. R. V. da S.; LAU, D.; MARSARO JÚNIOR, A. L. Dinâmica populacional de afídeos vetores de BYDV: impactos ao rendimento de grãos em trigo. In: **Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale**. 10., 2016, Londrina. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016a. 1 CD-ROM.

PEREIRA, P. R. V. da S.; LAU, D.; MARSARO JÚNIOR, A. L. Considerações sobre o manejo do complexo afídeos / viroses em trigo. In: **Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticales**. 10., 2016, Londrina. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales, 2016b. 5 p. 1 CD-ROM.

PIMENTA, H. R.; SMITH, J. G. **Afídeos, seus danos e inimigos naturais em plantações de trigo (*Triticum* sp.) no Estado do Paraná**. Curitiba: OCEPAR, 1976.

POWER, A. and GRAY, S. Aphid transmission of barley yellow dwarf viruses: interactions between viruses, vectors, and host plants. In: D'arcy, C. J. and Burnett, P. A. Barley Yellow Dwarf - 40 Years of Progress, USA: **APS Press**, 259-289, 1995.

REBONATTO, A.; SALVADORI, J. R. and LAU, D. Temporal Changes in Cereal Aphids (Hemiptera: Aphididae) Populations in Northern Rio Grande do Sul, Brazil, **J. Agric. Sci.**, 7:71–78, 2015.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 13., 2020, Passo Fundo, RS. **Informações Técnicas para trigo e triticales: safra 2020**. Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2020.

SALVADORI, J. R.; SALLES, L. A. B. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: Parra, J. R. P. et al. (ed.). **Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole. cap. 26, p. 427-447, 2002.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Sistemas de cultivo de trigo com aveias-brancas e aveias-pretas para rendimento de grãos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 30, n. 1, 1995. p. 69-73.

ZUÑIGA-SALINAS, E. S. **Controle biológico dos afídeos do trigo (Homoptera: Aphididae) por meio de parasitóides no planalto médio do Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese (Doutorado em Entomologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

WIEST, R. et al. Population growth of *Rhopalosiphum padi* under different thermal regimes: an agent based model approach. **Agricultural and Forest Entomology**, 2020.