

CAPÍTULO 6

ZONEAMENTOS DE ÁREAS APTAS À PRAGA QUARENTENÁRIA AUSENTE *BACTROCERA DORSALIS* PARA APOIAR ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

Data de submissão: 27/07/2023

Data de aceite: 01/09/2023

Rafael Mingoti

Embrapa Territorial
Campinas, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7609273004875279>

Bárbara de Oliveira Jacomo

Bolsista Embrapa Territorial/Graduanda
Ciências Biológicas-UNICAMP (período:
novembro/2019 a julho/2021)
Campinas, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9208682264184448>

Marco Antonio Ferreira Gomes

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/5589120793657544>

Tainara Gimenes Damaceno

Bolsista Embrapa Territorial/Graduanda
Geografia- UNICAMP
(período: fevereiro/2020 a
dezembro/2021)
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7865891732563110>

Catarina de Araújo Siqueira

Bolsista Embrapa Territorial/Graduanda
Eng. Ambiental e Sanitária- PUCCamp
(período: fevereiro/2019 a
dezembro/2020)
Campinas – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1756072292762781>

Vera Lucia Ferracini

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/6614285934767123>

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Laboratório de Quarentena “Costa Lima”/
Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna- São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/8742593129238690>

Giovanna Galhardo Ramos

Bolsista Embrapa Meio Ambiente/
Graduanda Medicina Veterinária-UNIFAJ
(período: março/2020 a julho/2021)
Jaguariúna, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9267496163655298>

Beatriz de Aguiar Giordano Paranhos

Embrapa Semiárido
Petrolina, Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/6606136052148527>

RESUMO: Este trabalho apresenta

zoneamentos territoriais de áreas aptas à praga quarentenária ausente (PQA) *Bactrocera dorsalis* Hendel, 1912 (Diptera: Tephritidae), elaborados para apoiar estratégias de controle, principalmente químico, em caso de sua entrada no Brasil. Técnicas de geoprocessamento em SIG ArcGIS foram utilizadas considerando: a) dados de literatura nacional que apresentaram os zoneamentos territoriais mensais de áreas brasileiras aptas a PQA *B. dorsalis*; b) T e UR médias mensais nacionais (período de 1961 a 2021) obtidas a partir do BDMEP/INMET; c) malha municipal do país de 2018 (IBGE); d) planos de informação de áreas frágeis nacionais (representadas por aquíferos sedimentares cársticos e granulares e pluviosidades superiores a 250mm.ano⁻¹), disponibilizados pela Embrapa. O zoneamento de áreas favoráveis ao melhor desenvolvimento da PQA *B. dorsalis* em ao menos um mês do ano, em áreas plantadas no Brasil de cultivos de 18 hospedeiros foi disponibilizado, sinalizando áreas onde o monitoramento do inseto deve ser intensificado, dado que nelas são esperadas as maiores necessidades de uso de medidas de controles (químico ou biológico). O cruzamento deste zoneamento com os planos de informações de áreas frágeis nacionais disponibilizou o zoneamento territorial de áreas mais favoráveis à *B. dorsalis* localizado em áreas frágeis nacionais, indicando áreas onde agrotóxicos com princípios ativos de maiores potenciais de transportes (lixiviação ou escoamento superficial) devam ser utilizados com cautela, para evitar contaminações indesejáveis de solo ou água. Essas áreas são indicadas para uso de controle biológico, caso aptas também aos bioagentes. Os resultados apoiam políticas públicas de defesa fitossanitária nacional.

PALAVRAS-CHAVE: manejo integrado de pragas; SIG; praga quarentenária ausente; Brasil

TERRITORIAL ZONING MAPS OF SUITABLE AREAS FOR THE ABSENT QUARENTINE PEST *BACTROCERA DORSALIS* TO SUPPORT STRATEGIES OF CONTROL

ABSTRACT: This work presents the territorial zoning maps of the areas apt for the absent quarantine pest (AQP) *Bactrocera dorsalis* Hendel, 1912 (Diptera: Tephritidae), which were performed focusing on support strategies of control, mainly chemical, in case of its incursion in Brazil. Geoprocessing techniques on GIS ArcGIS were used, making use of: a) national literature data, which presented the monthly territorial zoning maps of the Brazilian areas apt for the AQP *B. dorsalis*; b) national monthly averages of temperature (T) and of relative humidity (RH) (period from 1961 to 2021) obtained from those of BDMEP/INMET; c) municipalities grid of the country in 2018 (IBGE); and d) information plans of national fragile areas (represented by granulated and karstic sedimentary aquifers and of pluviosity above 250 mm.year⁻¹), both performed by Embrapa. The zoning map of favorable areas for the better development of the AQP *B. dorsalis*, in at least one month in the year, on planted areas in Brazil with 18 host crops was made available, indicating areas where the monitoring of the insect should be intensified, given that the greatest need for the use of control (chemical or biological) measures would be expected. The crossing of this zoning with the information plans of national fragile areas made available the territorial zoning map of areas favorable for *B. dorsalis* located in national fragile areas, which indicated where the pesticides with active ingredients of greater transport potential (leaching or runoff) must be used under caution, to avoid undesirable contaminations of soil and of water. These areas are indicated for the use of biological control, if they are also suitable for the bioagents. The results obtained support

public policies of national phytosanitary defense.

KEYWORDS: integrated pest management; GIS; absent quarantine pest; Brazil.

1 | INTRODUÇÃO

O complexo *Bactrocera dorsalis* compreende cerca de 85 espécies (VARGAS, PIÑERO & LEBLANC, 2015), dentre as quais foram consideradas polífagas *B. philippinensis*, *B. papayae*, *B. invadens* e *B. carambolae* (CLARKE et al., 2005). Porém, estudos posteriores constataram que *B. papayae*, *B. invadens* e *B. philippinensis* representam uma mesma espécie, a saber *B. dorsalis* (SCHULTZE et al., 2015a,b).

Bactrocera dorsalis Hendel, 1912 (Diptera: Tephritidae) é um inseto-praga nativo dos trópicos, provavelmente de origem asiática, que se alimenta de mais de 300 espécies hospedeiras (SAMAYOA et al., 2018; SILVA et al., 2018; IICA, 2019; CABI, 2020). O inseto também se destaca pela alta fecundidade, pelas capacidades de dispersão, invasão e adaptação e pela resistência aos inseticidas utilizados em seu controle populacional, motivos pelos quais é uma das espécies mais importantes da família Tephritidae (CLARKE et al., 2005; EKESI, DIMBI & MANIANIA, 2007; FROERER et al., 2010; VARGAS, PIÑERO & LEBLANC, 2015; WEI et al., 2017). *Bactrocera dorsalis* encontra-se distribuído em países da Ásia, África e Oceania (VARGAS et al., 2007; WEI et al., 2017; MANRAKHAN, VENTER & HATTINGH, 2018; SILVA et al., 2018; IICA, 2019). Este inseto-praga também foi citado sob condição de controle oficial, com foco na erradicação e com área delimitada por quarentena, em áreas restritas específicas dos Estados Unidos (Califórnia) (SILVA et al., 2018). Weems et al. (2019) indicaram que as detecções do inseto tanto na Califórnia quanto na Flórida são frequentes, onde neste último, ao serem identificadas, desencadeiam programas de erradicação que obtêm sucesso na rápida erradicação dos surtos. Entretanto, os mesmos autores citaram que o inseto está presente em todas as principais ilhas havaianas, pertencentes também aos EUA e, portanto, no continente americano. Nugnes et al. (2018) reportaram a primeira interceptação de *B. dorsalis* em campo na Europa, ocorrida na Região de Campania (Sul da Itália).

No Brasil, *Bactrocera dorsalis* é praga quarentenária ausente (PQA) (Portaria SDA nº 617 de 11 de julho de 2022) (BRASIL, 2022) e, portanto, encontra-se entre os insetos-pragas ausentes com risco iminente de entrada e com impacto para cultivos de importância econômica no país. Entre os cultivos hospedeiros da PQA (STIBICK, 2004; MARGOSIAN et al., 2007; WEI et al., 2017; IICA, 2019; CABI, 2020), citam-se também os de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, citros (laranja, limão e tangerina), feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia e tomate, destacados como de importância econômica em caso de ingresso da praga no Brasil (FIDELIS et al., 2018; SILVA et al., 2018).

A literatura vem indicando o potencial impacto negativo que o ingresso de uma

nova PQA pode gerar no país, principalmente em áreas cujos ataques são favorecidos por condições locais mais adequadas ao estabelecimento desses organismos exóticos (MINGOTI et al., 2017, 2019, 2022a,b; PESSOA et al., 2019, 2022; 2016a,b,c; HOLLER et al., 2016). Danos causados por pragas quarentenárias ausentes que ingressaram no Brasil, em alguns casos demandando estado de emergência fitossanitária, já foram notórios, tais como os observados para *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) na safra de 2012/2013 (PESSOA et al., 2016a). Por essa razão, prospectar preventivamente conhecimento sobre essas pragas quarentenárias ausentes contribui para minimizar prejuízos diretos e indiretos, em caso de detecção da invasão desses novos organismos no país (FERRACINI et al., 2020, 2022).

Em caso de surtos populacionais mais severos dessa nova espécie, a redução imediata de sua população demandará o rápido uso de estratégias de controle, sendo frequentemente utilizado o controle químico (agrotóxicos). Porém, o risco de contaminação de solo e água pelo carreamento indesejado de princípios ativos (p.a.) de agrotóxicos, aplicados no controle de pragas, é intensificado por potenciais de transportes (lixiviação e/ou escoamento superficial (*runoff*) em partículas do solo) mais elevados, principalmente em áreas frágeis onde estes são ainda mais favorecidos pelas presenças de solos porosos, de aquíferos livres e de pluviosidades anuais igual ou superior a 250 mm.ano⁻¹. (PESSOA et al., 1999, 2004; FERRACINI et al., 2001, 2020, 2022; FERRACINI & PESSOA, 2008; GOMES, 2008; GOMES, SPADOTTO & PESSOA, 2012; GOMES & BARIZON, 2014; GOMES & PEREIRA, 2014; DUAVÍ et al., 2015; DUARTE et al., 2016). Assim, a maior eficácia no uso da estratégia de controle químico, com a minimização de impactos ambientais negativos, poderá ser auxiliada pelo conhecimento prévio de áreas nacionais onde coexistam as presenças de cultivos hospedeiros e de condições climáticas que favoreçam o melhor desenvolvimento da PQA *B. dorsalis*, incluindo onde a maior vulnerabilidade a contaminações indesejadas sejam promovidas pelas fragilidades naturais já citadas. Esse conhecimento subsidiará políticas públicas com foco em estratégias preventivas de controle da PQA *B. dorsalis* e a sustentabilidade ambiental da agricultura brasileira.

Este capítulo apresenta zoneamentos territoriais de áreas aptas à praga quarentenária ausente (PQA) *Bactrocera dorsalis* Hendel, 1912 (Diptera: Tephritidae), elaborados para apoiar estratégias de controle, principalmente químico, em caso de sua entrada no Brasil.

2 | PRINCIPAIS INFORMAÇÕES BIOLÓGICAS, DANOS E PERDAS CAUSADAS PELO INSETO

A partir de levantamentos realizados em literatura técnico-científica internacional (BESS, 1953; BESS & HARAMOTO, 1961; STIBICK, 2004; CLARKE et al., 2005; EKESI, DIMBI & MANIANIA, 2007; MARGOSIAN et al., 2007; CHEN, YE & MU, 2007; RWOMUSHANA et al., 2008; CHEN & YE, 2008, 2017; RATTANAPUN, AMORNSAK &

CLARKE, 2009; FROERER et al., 2010; CHEN et al., 2011, 2015; LIU et al., 2011, 2019; NBOYINE, BILLAH & AFREH-NUAMAH, 2012; SCHULTZE et al., 2015a,b; VARGAS, PIÑERO & LEBLANC, 2015; WEI et al., 2017; KNAPIK, 2018; MANRAKHAN, VENTER & HATTINGH, 2018; NUGNES et al., 2018; SAMAYOA et al., 2018; SILVA et al., 2018; IICA, 2019; WEEMS et al., 2019; CABI, 2020; MICHEL et al., 2021), informações biológicas e de danos e perdas causadas por *B. dorsalis* foram obtidas, sendo resumidamente apresentadas a seguir.

O ciclo de vida de *B. dorsalis* apresenta as fases imaturas de ovo, larva (três instares) e de pupa e a fase adulta (fêmea pré-ovipositora, fêmea e macho). Stibick (2004) indicou que, em condições naturais, o ciclo tem duração de 25 a 64 dias. Porém Manrakhan, Venter & Hattingh (2018), citando Rwomushana et al. (2008), sinalizaram a influência da temperatura no desenvolvimento do inseto. A influência deste fator climático na duração das gerações do inseto também foi apontada por Manrakhan, Venter & Hattingh (2018), que informaram demandar, em média, 30,7 dias (a 28 ± 1 °C). Os ovos de *B. dorsalis* são elípticos e brancos, depositados geralmente em lotes de 3 a 15 ovos, aproximadamente, a 0,63 cm de profundidade dentro do fruto (BESS & HARAMOTO, 1961). A duração da fase de ovo foi reportada por Silva et al. (2018) como demandando 1 a 2 dias (variando de 1 a 10 dias), corroborando com a apresentada como observada por Michel et al. (2021) que citaram a duração de 2,1 dias; também dentro da faixa apresentada por Stibick (2004), que a indicou variando de 1 a 20 dias.

Michel et al. (2021) sinalizaram que a duração média da fase larval como sendo de 11,93 dias e, portanto, dentro das faixas apresentadas por Silva et al. (2018) citando Samayoa et al. (2018) de 8 a 20 dias e por Stibick (2004) de 6 a 35 dias. Para a duração da fase pupal de *B. dorsalis*, Silva et al. (2018), citando Samayoa et al. (2018), informaram o período de 9 dias (em $T = 27$ °C e $UR = 50$ a 80 %), podendo durar até 3 meses (SILVA et al., 2018 citando CHRISTENSON & FOOTE (1960)). Esse tempo informado para a fase encontra-se abaixo daquele reportado por Michel et al. (2021), de 11,5 dias, mas encontra-se dentro da faixa reportada por Stibick (2004), de 10 a 12 dias; Stibick (2004) também notou que, em condições frias onde o inseto possa entrar em diapausa, a fase pupal pode alcançar até 120 dias. Ainda para a duração da fase pupal, Bess & Haramoto (1961) relataram 10 dias. Os mesmos autores reportaram como duração do período de fêmea pré-ovipositora 8 a 12 dias e, portanto, superior ao relatado por Stibick (2004), que indicou demandar 5 dias. A variação relatada nos tempos de desenvolvimentos das fases imaturas do inseto corrobora com Manrakhan, Venter & Hattingh (2018) citando Rwomushana et al. (2008), que destacaram diferenciações na duração da fase de ovo até a emergência do adulto, a saber de 75,74 dias a 15 °C, de 31,45 dias a 20 °C, de 21,19 dias a 25 °C e de 17,76 a 30 °C. Acrescenta-se ainda que Wei et al. (2017) indicaram que *B. dorsalis* pode se adaptar a uma ampla faixa de umidade. Todavia, Rwomushana et al. (2008) indicou $T = 20$ a 30 °C e $UR = 50 \pm 8$ % como as faixas de desenvolvimento mais favoráveis ao inseto

(melhor desenvolvimento ou desenvolvimento ótimo).

Stibick (2004) indicou que fêmeas isoladas após um único acasalamento continuavam apresentando potencial para depositar ovos férteis por toda a vida. Nesse contexto, Silva et al. (2018) reportaram a capacidade de 3000 ovos/fêmea, sendo que em condições de campo esses autores, citando Christenson & Foote (1960), indicaram a faixa de 1200 a 1500 ovos. As fecundidades, longevidades de adultos (fêmeas e machos) de *B. dorsalis*, bem como períodos de pré-oviposição da fêmea, também foram apresentadas por Michel et al. (2021), considerando seis faixas de temperaturas (de 15 a 35 °C, variando de 5 em 5 °C). As maiores fecundidades por fêmea foram obtidas pelos autores a 20 °C (2120,60 ± 154,68) e a 25 °C (2389,90 ± 116,20), enquanto os menores períodos de pré-oviposição foram observados a 25 °C (9,7 ± 0,4 dias) e 30 °C (9,4 ± 0,3 dias). A sobrevivência dos adultos foi relatada por Silva et al. (2018) com duração de 1 a 3 meses, sendo que, em temperaturas baixas, atingiu até um ano; corroborando com o reportado por Stibick (2004). As longevidades de machos, que variou de 156,26 ± 4,63 a 9,38 ± 0,27 dias, e de fêmeas, de 179,63 ± 5,51 a 9,66 ± 0,47 dias, foram distintas e variaram inversamente proporcional às temperaturas; com as maiores longevidades ocorrendo em menores temperaturas (MICHEL et al., 2021). A capacidade de voo de *B. dorsalis* é de 50 a 100 Km, conforme indicada por Silva et al. (2018) citando Yan (1984), Liang, Wu & Liang (2001), Chen, Ye & Mu (2007) e Chen et al. (2015).

Aspectos morfológicos de *B. dorsalis*, entre outros que facilitam a identificação da espécie, sinais de danos e manejo, encontram-se disponíveis na literatura (NBOYINE, BILLAH & AFREH-NUAMAH, 2012; SCHULTZE et al., 2015b; WEI et al., 2017; NUGNES et al., 2018; WEEMS et al., 2019).

O dano causado pela presença de *B. dorsalis* dá-se tanto pela oviposição quanto pela sua alimentação na fase larval, que ocorre dentro dos hospedeiros (WEI et al., 2017; IICA, 2019) e, assim, causam danos diretos nos frutos. Os prejuízos indiretos decorrem tanto das perdas por lesões deixadas nos frutos pelas oviposições, que promovem a entrada de microrganismos (patógenos) oportunistas, quanto por barreiras fitossanitárias impostas à comercialização (onde se incluem as restrições quarentenárias internacionais), as quais restringem trânsito, circulação e comércio de produtos de áreas com a presença do inseto (RWOMUSHANA et al., 2008; IICA, 2019). As porcentagens de perdas produtivas em decorrência de *B. dorsalis* foram apresentadas pelo IICA (2019) para cultivos hospedeiros de manga, goiaba e citros, indicando que variaram de 1 a 86%, 19 a 80% e de 10 a 10,5%, respectivamente.

3 | ZONEAMENTOS TERRITORIAIS EM APOIO A PROSPECÇÃO DO USO DE CONTROLE QUÍMICO DA PQA *BACTROCERA DORSALIS*

Aplicações de técnicas de geoprocessamento foram utilizadas para prover as

informações territoriais nacionais necessárias para orientar a seleção e uso de produtos químicos para controle da PQA *B. dorsalis*, considerando, ou não, a presença de áreas frágeis no país. Estas últimas foram aqui entendidas como aquelas de maior vulnerabilidade ao transporte dos princípios ativos (p.a.) de agrotóxicos aplicados, conforme apresentadas detalhadamente por Ferracini et al. (2020, 2022), que as representaram pelas: a) porções com presença de aquíferos não confinados (freáticos, aflorantes ou livres) com ocorrência de solos de alta porosidade, típicos das áreas dos aquíferos sedimentares aflorantes granulares e sedimentares ou metassedimentares aflorantes de natureza química/orgânica (granulares ou cársticos); e b) áreas com ocorrência de pluviosidades médias mais elevadas (acima de 250 mm.ano⁻¹). Assim, os dois planos de informações georreferenciados em SIG ArcGIS, apresentados pelos mesmos autores, foram aqui também utilizados para representar as áreas frágeis nacionais, a saber: a) plano de informação de localização das áreas com ocorrência de unidades hidrolíticas (aquíferos) aflorantes/freáticos dos tipos sedimentar granular (**Gr**) e sedimentar/metassedimentar de natureza química/orgânica cársticas (**K**); e b) plano de informação de localização das áreas nacionais com ocorrências de pluviosidades médias anuais acima de 250 mm.ano⁻¹.

A partir dos zoneamentos territoriais mensais de áreas brasileiras favoráveis à PQA *B. dorsalis* em áreas de plantios hospedeiros abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, citros (laranja, limão e tangerina), feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia e tomate, realizados por Mingoti et al. (2022a), foi obtido o zoneamento territorial de áreas brasileiras favoráveis à esta PQA, em ao menos um mês do ano, considerando as mesmas áreas plantadas de cultivos hospedeiros já citados (**Figura 1**). Esse zoneamento sinaliza as áreas nacionais onde o monitoramento da PQA *B. dorsalis* deve ser intensificado, em caráter preventivo e em caso de seu ingresso no Brasil, dado que nelas são esperadas as maiores necessidades de aplicação de medidas (controle químico ou controle biológico) para redução das populações desse inseto-praga, pois apresentam condições para o seu desenvolvimento ótimo. Sendo resultante dos zoneamentos anteriores providos por Mingoti et al. (2022a), o zoneamento final obtido pelo cruzamento realizado (**Figura 1**) também fez uso das informações-base e técnicas de geoprocessamento desses autores, a saber: a) os valores das produções municipais dos cultivos hospedeiros, recuperados da Pesquisa Agrícola Municipal (ano 2017) e do Censo Agropecuário (2017), disponibilizados no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); b) condições que expressam o desenvolvimento ótimo das fases de vida de *B. dorsalis*, apresentadas pelas faixas de temperaturas médias de 20 a 30°C e de UR média de 50 ± 8 % (RWOMUSHANA et al., 2008; SAMAYOA et al., 2018); c) informações climáticas mensais médias de temperaturas médias (Tmed) e de umidades relativas médias (URmed), para o período de 2009 a 2018, obtidas no Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); d) malha municipal nacional de 2018 (IBGE, 2018); e) SIG ESRI ArcGIS v.10.7 adotando Sistema de Referência SIRGAS 2000

e Sistema de Projeção Cônica Equivalente de Albers (IBGE, 2019), consideraram planos de informações com os municípios com presença dos cultivos hospedeiros avaliados e as suas respectivas médias municipais mensais de temperatura (Tmed) e umidade relativa (URmed), para o período de 2009 a 2018; f) método de cokrigagem em grade de pontos (100km de distância) para interpolação de dados intermediários no mesmo aplicativo, e de método *Inverse Distance Weighted* (IDW), com fator de ponderação igual a dois, para a interpolação dos desvios padrões.



Figura 1. Zoneamento de áreas brasileiras favoráveis a *Bactrocera dorsalis* em ao menos um mês, considerando áreas plantadas com cultivos de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, citros (laranja, limão e tangerina), feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia e tomate

No zoneamento obtido (**Figura 1**) foram identificados 2076 municípios aptos distribuídos em 241 microrregiões de 18 unidades da federação aptas à PQA. As unidades da federação brasileiras que apresentaram as maiores quantidades de municípios aptos a *B. dorsalis* em cultivos hospedeiros de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, laranja, limão, tangerina, feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia ou tomate foram Minas Gerais (483 municípios), São Paulo (316 municípios), Piauí (204 municípios), Bahia (184 municípios) e Goiás (182 municípios) (**Tabela 2**). Porém, quando consideradas as quantidades de microrregiões estaduais favoráveis a serem potencialmente acometidas pela PQA *B. dorsalis*, observaram-se os maiores valores nas seguintes unidades da federação: Minas Gerais (48 microrregiões), São Paulo (31 microrregiões), Bahia (22 microrregiões), Mato Grosso (21 microrregiões), Ceará (18 microrregiões) e Goiás (18 microrregiões) (**Tabela 2**).

Unidades da Federação	QTD. Mcorregiões	QTD. Municípios
Alagoas	2	8
Bahia	22	184
Ceará	18	82
Maranhão	13	112
Paraíba	9	90
Pernambuco	6	55
Piauí	15	204
Rio Grande do Norte	8	54
Sergipe	1	1
Pará	7	27
Tocantins	8	118
Distrito Federal	1	1
Goiás	18	182
Mato Grosso	21	106
Mato Grosso do Sul	11	49
Minas Gerais	48	483
São Paulo	31	316
Rio Grande do Sul	2	4
TOTAL	241	2076

Tabela 2. Quantidades de municípios e de microrregiões por unidade da federação brasileira favoráveis à ocorrência de *B. dorsalis* em cultivos de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, laranja, limão, tangerina, feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia ou tomate em pelo menos um mês do ano.

Quando observadas as quantidades de municípios e microrregiões favoráveis a *B. dorsalis* nos cultivos avaliados, em pelo menos um mês do ano, por região geográfica brasileira, nota-se que todas as regiões geográficas apresentaram favorabilidade.

Contudo, as maiores quantidades deram-se destacadamente nas regiões Sudeste (799 municípios) e Nordeste (790 municípios), que foram inversamente relacionadas às maiores quantidades de microrregiões que predominaram nas regiões Nordeste (94 microrregiões) e Sudeste (79 microrregiões) (**Figura 2**). O zoneamento também sinalizou que as menores favorabilidades deram-se na região Sul, onde somente o estado do Rio Grande do Sul que apresentou favorabilidade e em apenas quatro municípios distribuídos em apenas duas microrregiões estaduais (**Tabela 2**).

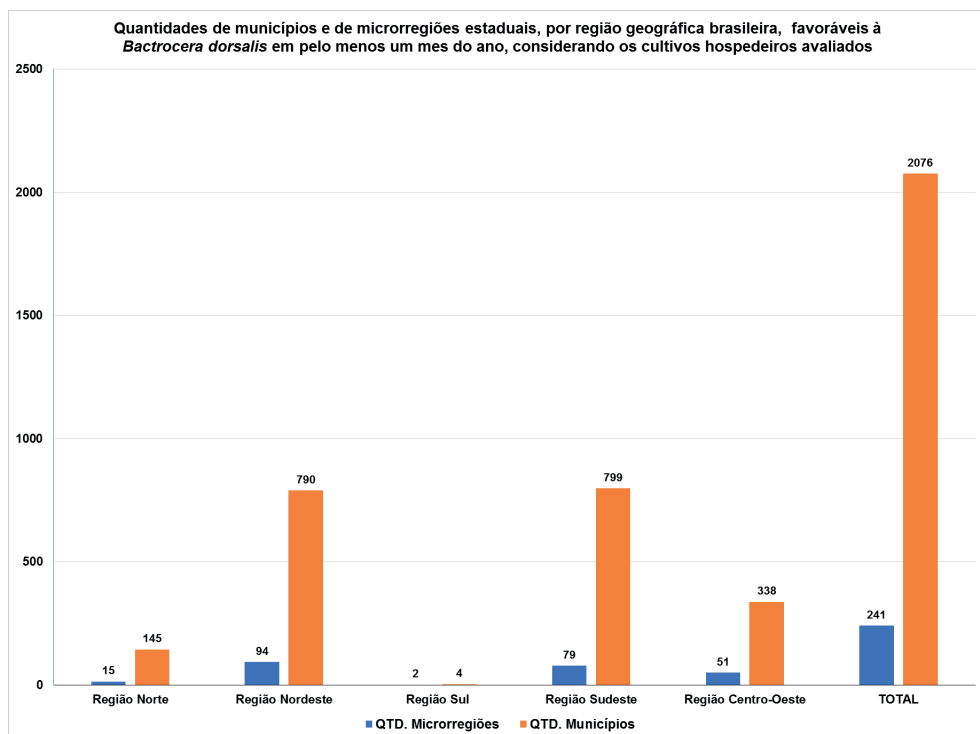


Figura 2. Quantidades de municípios e de microrregiões aptas a *Bactrocera dorsalis* em cultivos de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, laranja, limão, tangerina, feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia ou tomate, em pelo menos um mês do ano, por região geográfica brasileira

Com base no cruzamento do zoneamento obtido (**Figura 1**) com os planos de informações de áreas frágeis (solos porosos, aquíferos aflorantes (sedimentares cársticos e granulares) e de pluviosidades superiores a 250 mm.ano⁻¹) (FERRACINI et al., 2020, 2022), realizado com os mesmos recursos e bases de geoprocessamento reportados, foi obtido o zoneamento territorial de áreas aptas a *B. dorsalis*, em pelo menos um mês do ano, considerando áreas de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, laranja, limão, tangerina, feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia ou tomate localizadas em áreas frágeis (**Figura 3**).

Áreas com condições climáticas favoráveis, em ao menos um mês, à *Bactrocera dorsalis*, considerando o período de 2009 a 2018, com aquíferos aflorantes granulares ou cársticos e em municípios com plantio de hospedeiros em 2017

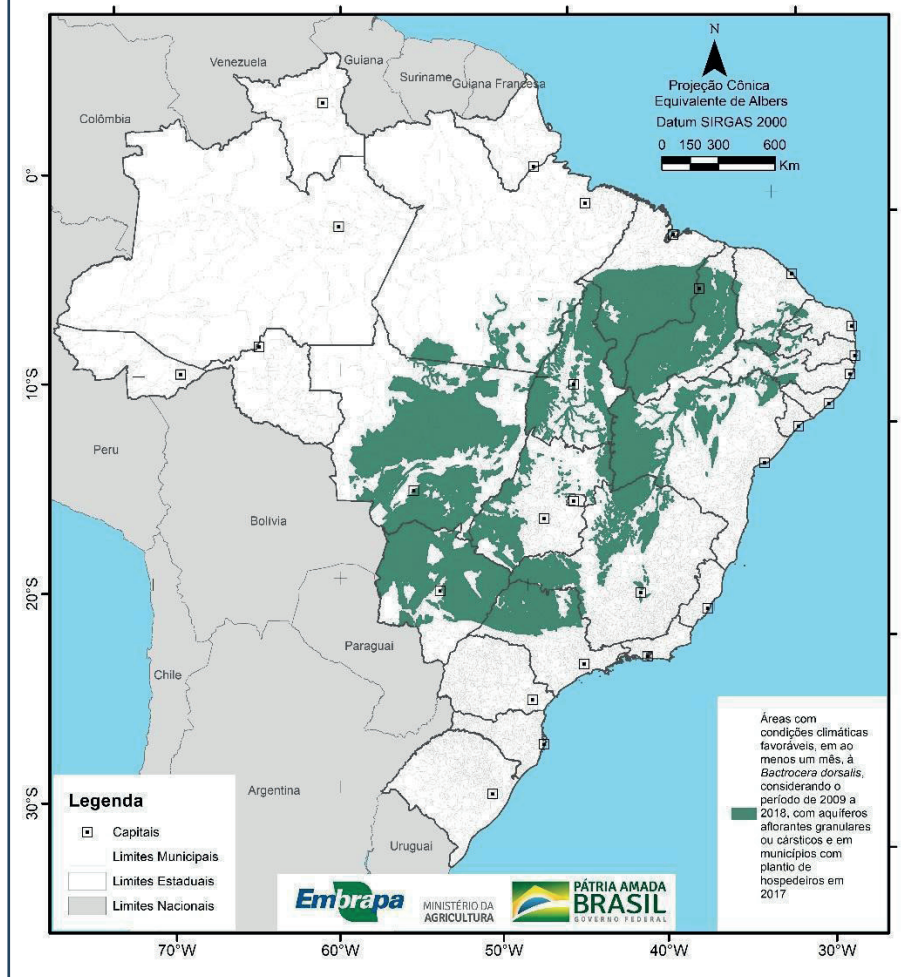


Figura 3. Zoneamento territorial de áreas aptas a *Bactrocera dorsalis* em pelo menos um mês do ano apresentando os cultivos hospedeiros de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, laranja, limão, tangerina, feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia ou tomate localizados em áreas frágeis

Nesse zoneamento (Figura 3) foram identificados 1386 municípios distribuídos em 197 microrregiões de 17 unidades da federação aptos à PQA *B. dorsalis* em cultivos hospedeiros localizados em áreas frágeis (Tabela 3).

Unidades da Federação	Qtd. Microrregiões Aptas_Áreas Frágeis	Qtd. Municípios Aptos_Áreas Frágeis
Alagoas	2	4
Bahia	18	104
Ceará	17	52
Maranhão	13	112
Paraíba	5	34
Pernambuco	6	38
Piauí	15	189
Rio Grande do Norte	6	21
Sergipe	1	1
Minas Gerais	24	167
São Paulo	31	310
Distrito Federal	1	1
Goiás	11	64
Mato Grosso do Sul	11	46
Mato Grosso	21	105
Pará	7	23
Tocantins	8	115
TOTAL	197	1386

Tabela 3. Quantidades de municípios e de microrregiões por unidade da federação brasileira favoráveis à ocorrência de *B. dorsalis* em pelo menos um mês do ano em cultivos de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, laranja, limão, tangerina, feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia ou tomate localizados em áreas frágeis.

As maiores quantidades de municípios favoráveis à PQA neste zoneamento localizaram-se nos estados de São Paulo (310 municípios), Piauí (189 municípios), Minas Gerais (167 municípios), Tocantins (115 municípios) e Maranhão (112 municípios). Quando consideradas as maiores quantidades de microrregiões por unidade da federação, o zoneamento (**Figura 3**) indicou que estas localizaram-se em São Paulo (21 microrregiões), Minas Gerais (24 microrregiões), Mato Grosso (21 microrregiões), Bahia (18 microrregiões), Ceará (17 microrregiões) e Piauí (15 microrregiões). Desse modo, constatou-se que as grandes quantidades de municípios aptos assinaladas acima para o Tocantins e para o Maranhão concentram-se em um número menor de microrregiões estaduais, a saber, 8 e 3, respectivamente (**Tabela 3**).

Mesmo com grande destaque das quantidades de municípios e de microrregiões favoráveis a *B. dorsalis* deste zoneamento por região geográfica brasileira, observou-se a ausência de aptidão de *B. dorsalis* em cultivos localizados em áreas frágeis para a região Sul (**Figura 4**). Estas, porém, destacaram-se nas regiões Nordeste (555 municípios de 83 microrregiões) e Sudeste (477 municípios de 55 microrregiões), sendo expressivas também nas regiões Centro-Oeste (216 municípios de 44 microrregiões) e Norte (138 municípios

de 15 microrregiões).

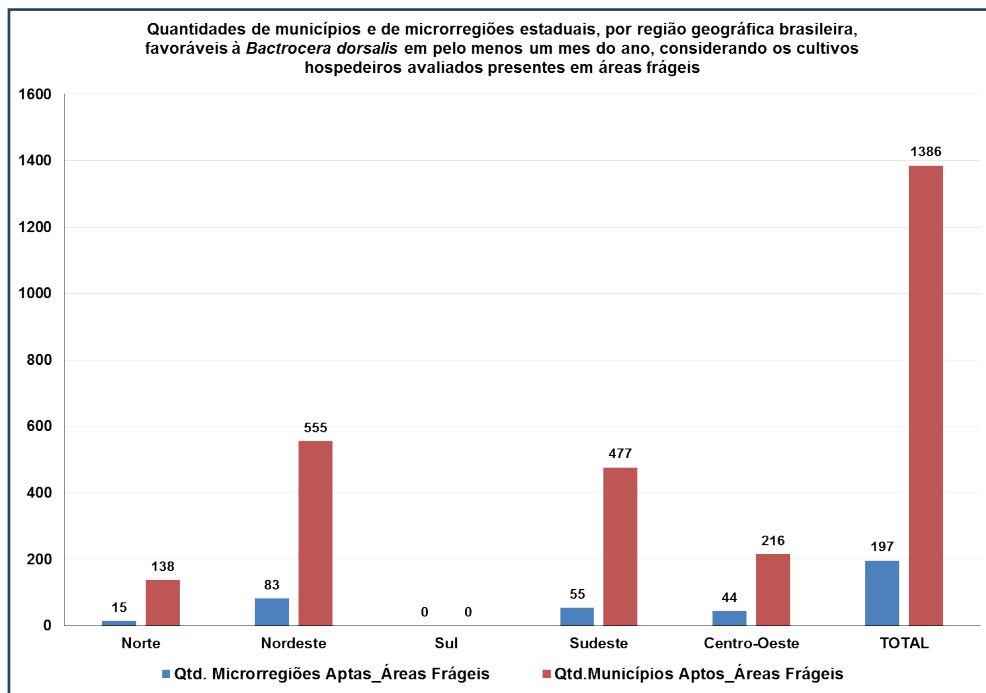


Figura 4. Quantidades de municípios e de microrregiões aptas a *Bactrocera dorsalis* em pelo menos um mês do ano, por região geográfica brasileira, considerando cultivos de abacate, banana, cacau, café, caju, caqui, laranja, limão, tangerina, feijão, goiaba, maçã, mamão, manga, maracujá, melão, melancia ou tomate em áreas frágeis

No estado de **São Paulo** as áreas aptas assinaladas em áreas frágeis deram-se em áreas dos **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Botucatu** (quartzo-arenito), **Formação Itaqueri** (arenito e arenito conglomerático), **Formação Pirambóia** (folhelho, arenito fino e arenito siltico-argiloso), **Formação Tatuí** (siltito, calcário, sillexito e arenito fino), **Grupo Bauru** (arenito, argilite e conglomerado), **Grupo Caiuá** (arenito e conglomerado) e **Grupo Itararé** (arenito, diamictito, folhelho, ritmito, siltito e conglomerado). No estado do **Piauí**, as áreas frágeis assinaladas ocorreram em áreas dos **Complexo Itaizinho unidade carbonática** (mármore), **Complexo Santa Filomena unidade carbonática** (calcário), **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Depósito Eólico** (areia fina a média), **Formação Barra Bonita unidade carbonática** (mármore), **Formação Barreiras** (arenito, conglomerado e argila), **Formação Cabeças** (arenito fino a médio), **Formação Corda** (arenito fino a médio e argilite), **Formação Exu** (arenito, siltito e conglomerado), **Formação Pastos Bons** (arenito fino argiloso, folhelho e calcário), **Formação Pedra de Fogo** (arenito fino argiloso, sillexito e calcário), **Formação Piauí** (arenito fino a médio), **Formação Poti** (arenito fino a médio), **Formação Sambaíba** (arenito fino a médio), **Grupo**

Areado (arenito, conglomerado, folhelho e siltito), **Grupo Serra Grande** (arenito fino a grosseiro e conglomerado) e **Grupo Urucuia** (arenito, pelito e arenito conglomerático). Já no estado de **Minas Gerais** deram-se em áreas com presença dos **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Botucatu** (quartzo-arenito), **Formação Gandarela** (dolomito, itabirito e filito), **Formação Pirambóia** (folhelho, arenito fino e arenito síltico-argiloso), **Grupo Areado** (arenito, conglomerado, folhelho e siltito), **Grupo Bambuí unidade carbonática** (calcarenito, calcário, metacarbonato e siltito), **Grupo Bauru** (arenito, argilito e conglomerado), **Grupo Caiuá** (arenito e conglomerado), **Grupo Itararé** (arenito, diamictito, folhelho, ritmito, siltito e conglomerado) e do **Grupo Urucuia** (arenito, pelito e arenito conglomerático). No **estado do Tocantins** localizaram-se em áreas dos **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Água Bonita** (arenito, conglomerado e siltito), **Formação Araguaia** (areia, argila, silte, arenito e conglomerado), **Formação Cabeças** (arenito fino a médio), **Formação Codó** (folhelho, siltito, arenito e calcário), **Formação Corda** (arenito fino a médio e argilito), **Formação Itapecuru** (arenito fino a grosso e arenito argiloso), **Formação Motuca** (arenito fino a médio e folhelho), **Formação Pedra de Fogo** (arenito fino argiloso, sillexito e calcário), **Formação Piauí** (arenito fino a médio), **Formação Poti** (arenito fino a médio), **Formação Rio das Barreiras** (arenito, conglomerado, argilito e siltito), **Formação Sambaíba** (arenito fino a médio), **Grupo Bambuí unidade carbonática** (calcarenito, calcário, metacarbonato e siltito), **Grupo Serra Grande** (arenito fino a grosseiro e conglomerado) e **Grupo Urucuia** (arenito, pelito e arenito conglomerático). No **estado do Maranhão** as áreas frágeis deram-se em áreas dos **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Barreiras** (arenito, conglomerado e argila), **Formação Codó** (folhelho, siltito, arenito e calcário), **Formação Corda** (arenito fino a médio e argilito), **Formação Grajaú** (arenito médio), **Formação Itapecuru** (arenito fino a grosso e arenito argiloso), **Formação Motuca** (arenito fino a médio e folhelho), **Formação Pastos Bons** (arenito fino argiloso, folhelho e calcário), **Formação Pedra de Fogo** (arenito fino argiloso, sillexito e calcário), **Formação Piauí** (arenito fino a médio), **Formação Poti** (arenito fino a médio), **Formação Sambaíba** (arenito fino a médio) e **Grupo Urucuia** (arenito, pelito e arenito conglomerático).

Nas demais unidades da Federação, as áreas aptas a *B. dorsalis* nos cultivos hospedeiros avaliados em áreas frágeis ocorreram em: a) **Alagoas: Depósito Litorâneo** (areia, argila, silte e cascalho), **Formação Inajá** (arenito fino e siltito) e da **Formação Tacaratu** (arenito fino a médio e arenito conglomerático); b) **Bahia: Complexo Marancó unidade carbonática** (mármore), **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Depósito Eólico** (areia fina a média), **Formação Aliança** (arenito, calcilutito, conglomerado, folhelho e arenito conglomerático), **Formação Barra Bonita unidade carbonática** (mármore), **Formação Cabeças** (arenito fino a médio), **Formação Candeias/Grupo Ilhas Indiscriminados** (folhelho, siltito e arenito), **Formação Inajá** (arenito fino e siltito), **Formação Marizal** (conglomerado, arenito e folhelho), **Formação Olhos D'água** (mármore, fililo, metachert,

metapelite, metarritmico e mármore dolomítico), **Formação Salitre** (calcarenito, arcóseo, calcilito, silito e calcissilito), **Formação Santa Brígida** (arenito, conglomerado, dolomito, folhelho, sillexito e silito), **Formação São Sebastião** (arenito fino a médio), **Formação Sergi** (arenito fino, arenito conglomerático e conglomerado), **Formação Tacaratu** (arenito fino a médio e arenito conglomerático), **Grupo Bambuí unidade carbonática** (calcarenito, calcário, metacarbonato e silito), **Grupo Brotas** (arenito, calcilito, conglomerado, folhelho e arenito conglomerático), **Grupo Estância unidade carbonática** (calcarenito, calcilito, argilito e silito), **Grupo Ilhas** (arenito, folhelho e silito), **Grupo Serra Grande** (arenito fino a grosseiro e conglomerado) e **Grupo Urucuia** (arenito, pelito e arenito conglomerático); **c) Ceará: Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Açu** (arenito e silito), **Formação Antenor Navarro** (arenito fino a grosseiro e conglomerado), **Formação Cabeças** (arenito fino a médio), **Formação Exu** (arenito, silito e conglomerado), **Formação Faceira** (arenito e conglomerado), **Formação Icó** (arenito, argilito e marga), **Formação Jandaíra** (calcarenito, calcilito e folhelho), **Formação Lima Campos** (arenito, silito e folhelho), **Formação Malhada Vermelha** (arenito, argilito e silito), **Formação Mauriti** (arenito, conglomerado, folhelho e silito), **Formação Missão Velha** (arenito, silito, calcário e folhelho) e **Grupo Serra Grande** (arenito fino a grosseiro e conglomerado); **d) Paraíba: Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Antenor Navarro** (arenito fino a grosseiro e conglomerado), **Formação Mauriti** (arenito, conglomerado, folhelho e silito), **Formação Rio das Piranhas** (arenito fino a médio, arenito argiloso e arenito grosso a conglomerático), **Formação Serra dos Martins** (arenito médio, arenito conglomerático e pelito) e **Formação Souza** (silito vermelho, argilito verde, folhelho, marga e calcário); **e) Pernambuco: Complexo Santa Filomena unidade carbonática** (calcário), **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Depósito Eólico** (areia fina a média), **Formação Aliança** (arenito, calcilito, conglomerado, folhelho e arenito conglomerático), **Formação Barra Bonita unidade carbonática** (mármore), **Formação Candeias/Grupo Ilhas Indiscriminados** (folhelho, silito e arenito), **Formação Exu** (arenito, silito e conglomerado), **Formação Inajá** (arenito fino e silito), **Formação Marizal** (conglomerado, arenito e folhelho), **Formação Mauriti** (arenito, conglomerado, folhelho e silito), **Formação Missão Velha** (arenito, silito, calcário e folhelho), **Formação São Sebastião** (arenito fino a médio), **Formação Tacaratu** (arenito fino a médio e arenito conglomerático), **Grupo Estância unidade carbonática** (calcarenito, calcilito, argilito e silito) e **Grupo Ilhas** (arenito, folhelho e silito); **f) Rio Grande do Norte: Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Açu** (arenito e silito), **Formação Antenor Navarro** (arenito fino a grosseiro e conglomerado), **Formação Jandaíra** (calcarenito, calcilito e folhelho) e **Formação Serra dos Martins** (arenito médio, arenito conglomerático e pelito); **g) Sergipe: Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila); **h) Distrito Federal: Grupo Paranoá unidade carbonática** (calcário, argilito, metassilito, filito, mármore, ardósia e quartzito); **i) Goiás: Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Aquidauana** (arenito, conglomerado e silito), **Formação Araguaia**

(areia, argila, silte, arenito e conglomerado), **Formação Botucatu** (quartzo-arenito), **Formação Furnas** (arenito, conglomerado e siltito), **Formação Piranhas** (arenito, argilito e conglomerado), **Grupo Araxá unidade carbonática** (calcário e metacalcário), **Grupo Bambuí unidade carbonática** (calcarenito, calcário, metacarbonato e siltito), **Grupo Bauru** (arenito, argilito e conglomerado), **Grupo Caiuá** (arenito e conglomerado), **Grupo Paranoá unidade carbonática** (calcário, argilito, metassiltito, filito, mármore, ardósia e quartzito), **Grupo Serra da Mesa unidade carbonática** (calcário) e **Grupo Urucuia** (arenito, pelito e arenito conglomerático); **j) Mato Grosso: Bacia Proterozoica Indiferenciada** (arenito, arcóseo, quartzo-arenito, calcarenito, dolomito, folhelho, manga, ritmito, argilito, siltito, grauvasca e conglomerado), **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Aquidauana** (arenito, conglomerado e siltito), **Formação Araguaia** (areia, argila, silte, arenito e conglomerado), **Formação Botucatu** (quartzo-arenito), **Formação Fazenda da Casa Branca** (arcóseo, quartzo-arenito, argilito, conglomerado e folhelho), **Formação Furnas** (arenito, conglomerado e siltito), **Formação Guaporé** (areia, argila, silte, laterita e cascalho), **Formação Jauru** (arenito, conglomerado, folhelho e siltito), **Formação Pantanal** (areia, argila, silte e laterita), **Formação Ronuro** (areia, argila e cascalho), **Grupo Alto Tapajós** (arenito, argilito, siltito, conglomerado e calcário), **Grupo Araras** (calcário, dolomito, arenito, argilito e siltito), **Grupo Bauru** (arenito, argilito e conglomerado), **Grupo Corumbá** (calcário e dolomito) e **Grupo Parecis** (arenito, siltito e conglomerado); **k) Mato Grosso do Sul: Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Xaraiés** (calcário e tufa), **Formação Aquidauana** (arenito, conglomerado e siltito), **Formação Botucatu** (quartzo-arenito), **Formação Furnas** (arenito, conglomerado e siltito), **Formação Pantanal** (areia, argila, silte e laterita), **Grupo Bauru** (arenito, argilito e conglomerado), **Grupo Caiuá** (arenito e conglomerado) e **Grupo Corumbá** (calcário e dolomito); **e l) Pará: Bacia Proterozoica Indiferenciada** (arenito, arcóseo, quartzo-arenito, calcarenito, dolomito, folhelho, manga, ritmito, argilito, siltito, grauvasca e conglomerado), **Depósito Aluvionar** (areia, silte e argila), **Formação Aquidauana** (arenito, conglomerado e siltito), **Formação Araguaia** (areia, argila, silte, arenito e conglomerado), **Formação Motuca** (arenito fino a médio e folhelho), **Formação Pedra de Fogo** (arenito fino argiloso, silte e calcário), **Formação Piauí** (arenito fino a médio), **Formação Poti** (arenito fino a médio), **Formação Rio das Barreiras** (arenito, conglomerado, argilito e siltito) e **Grupo Alto Tapajós** (arenito, argilito, siltito, conglomerado e calcário).

O uso de princípios ativos de agrotóxicos com potencial de transporte por lixiviação (no perfil do solo) ou por escoamento superficial (*run-off*) adsorvido às partículas de solo deve ser avaliado com muita cautela nas áreas sinalizadas por este zoneamento. Na impossibilidade de contar com p.a. adequado para o uso nessas áreas tipicamente frágeis ou de alta vulnerabilidade natural, deve ser recomendado o uso de outras formas de controle, tal como o controle biológico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Zoneamentos de áreas brasileiras favoráveis à *PQA Bactrocera dorsalis*, incluindo na presença dos cultivos hospedeiros aqui avaliados concomitante, ou não, à presença de áreas frágeis aqui consideradas foram realizados, separadamente, indicando locais onde os monitoramentos preventivos devam ser intensificados e onde se esperam, em caso de entrada da PQA no país, maior necessidade de intensificação de medidas de controle, entre elas a do uso de controle químico. O zoneamento realizado sinalizando as áreas aptas a *B. dorsalis* em áreas dos cultivos hospedeiros aqui avaliados e presentes em áreas frágeis devem ser considerados na seleção de controle químico a base de princípios ativos identificados como exigência de cautela de uso, tais como os que se apresentem com alto ou médio potenciais de transporte por lixiviação e/ou escoamento superficial (*run-off*) ou com alta toxicidade a polinizadores (abelhas).

Ressalta-se que os zoneamentos apresentados não consideraram condições específicas de áreas com cultivos irrigados, onde irrigações por microaspersão podem favorecer condições climáticas particularmente diferenciadas daquelas apresentadas para as médias municipais locais; devendo ser mais bem avaliadas em trabalhos locais específicos, a serem realizados futuramente.

Os resultados obtidos apoiam as políticas públicas de sanidade vegetal com foco no uso prospectivo de controle químico da PQA *Bactrocera dorsalis* em áreas nacionais com presença de cultivos hospedeiros, em caso de sua entrada no país.

REFERÊNCIAS

BESS, H.A.; HARAMOTO, F. H. Contributions to biology and ecology of the Oriental Fruit Fly , *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae) in Hawaii , HAWAII AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION, UNIVERSITY OF HAWAII, **Technical bulletin** n.44 , june 1961.

BESS, H. A. Status of *Ceratitits capitata* in Hawaii following the introduction of *Dacus dorsalis* and its parasites, **Proc. Hawaii Ent. Soc.**, v.15, n.1. 1953 pp.221-234.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA (SDA). **Portaria SDA nº 617 de 11 de julho de 2022**. Diário Oficial da União (DOU), n. 130, Seção 1, pg.09-13, de 12/07/2022. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=9&data=12/07/2022>

CABI. ***Bactrocera dorsalis***. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International, 2018. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/17685>. Acesso em: 25 nov. 2020.

CHEN, J.; CAI, P.; ZHANG, G.; SUN, Z. Research progress of occurrence and comprehensive control of oriental fruit fly [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)]. **Plant Diseases and Pests**, v.2, p42-47, n.5, 2011.

CHEN, M.; CHEN, P.; YE, H.; YUAN, R.; WANG, X.; XU, J. Flight Capacity of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) Adult Females Based on Flight Mill Studies and Flight Muscle Ultrastructure. **Journal of Insect Science**, v.5, n.1, p. 141-148, 2015.

- CHEN, P.; YE, H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and analysis of factors influencing populations in Baoshanba, Yunnan, China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 26, p.141–147, 2017.
- CHEN, P.; YE, H. Relationship among five populations of *Bactrocera dorsalis* based on mitochondrial DNA sequences in western Yunnan, China. **Journal of Applied Entomology**, v.132, p. 530-537, 2008.
- CHEN, P.; YE, H.; MU, Q. A. Migration and dispersal of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* in regions of Nuijiang River based on fluorescence mark. **Acta Ecologica Sinica**, v. 27, p. 2468-2476, 2007.
- CLARKE, A. R.; ARMSTRONG, K. F.; CARMICHAEL, A. E.; MILNE, J. R.; RAGHU, S.; RODERICK, G. K.; YEATES, D. K. Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: the *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 293-319, 2005.
- CHRISTENSON, L. D.; FOOTE, R. H. Biology of fruit flies. **Annual Review of Entomology**, v. 5, n. 1, p. 171-192, 1960.
- DUAVÍ, W. C.; GAMA, A. F.; MORAIS, P. C. V.; OLIVEIRA, A. H. B. de; NASCIMENTO, R. F. do; CAVALCANTE, R. M. Contaminação de ambientes aquáticos por “agrotóxicos urbanos”: o caso dos rios Cocó e Ceará, Fortaleza – Ceará, Brasil. **Química Nova**, v. 38, n. 5, p.622-630, 2015.
- EKESI, S.; DIMBI, S.; MANIANIA, N.K. The role of entomopathogenic fungi in the integrated management of tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) with emphasis on species occurring in Africa. IN: EKESI, S.; MANIANIA, N.K. (eds.). **Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management**, Research SignPost: Kerala, India, 2007. p. 239–274.
- FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; RAMOS, G. G.; JACOMO, B. de O.; GOMES, M. A. F.; MARINHO-PRADO, J. S.; PARANHOS, B. de A. G. Estratégias prospectivas de uso de controle químico para o manejo sustentável de *Anastrepha curvicauda* em mamão. In.: OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B; GALVÃO, L. B. (orgs) **Entomologia: Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2022, p.14-50 (Capítulo 2). Disponível em: <https://cdn.atenaeditora.com.br/documentos/ebook/202210/nxbh1KuGUoqFFhQgxYnTUuQAslp2f6QRbv6C2zfG.pdf> Acesso em: 2022.
- FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; GOMES, M. A. F.; MARINHO-PRADO, J. S.; RAMOS, G. G.; DAMACENO, T. G.; SIQUEIRA, C. de A.; JACOMO, B. de O. **Seleção de produtos químicos para o controle de *Aleurocanthus woglumi* e de *Drosophila suzukii***, Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente/Embrapa Territorial, Relatório Técnico, 20 dez. 2020, 74p. (Projeto DefesaInsetos, enviado DSV/SDA/Mapa).
- FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. de S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente** v. 11, p.1-16, jan./dez. 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/192436/1/2001-Ferracini-Analise.pdf> Acesso em: 24 mar. 2023.
- FIDELIS, E. G.; LOHMANN, T. R.; SILVA, M. L. da; PARIZZII, P.; BARBOSA, F. F. L. (Ed.). **Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 510 p.

FROERER, K.M.; PECK, S.L.; MCQUATE, G.T.; VARGAS, R.I.; JANG, E.B.; MCINNIS, D.O. Long distance movement of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Puna, Hawaii: How far can they go?. **Am. Entomol.** v.56, 2010, p.88-94. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233585779_Long-Distance_Movement_of_Bactrocera_dorsalis_Diptera_Tephritidae_in_Puna_Hawaii_How_far_can_they_go/link/57c771db08aefc4af34c8028/download Acesso em: 23 fev. 2023.

GOMES, M. A. F. (Ed.) **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil:** implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 417p.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; PESSOA, M. C. P. Y. Natural vulnerability of soil in agricultural areas: Support for assessing risk of contamination of groundwater by agricultural chemicals. In: GOMES, M. A. F. (Org.). **Agricultural use of the Guarani Aquifer recharge areas in Brazil:** implications for groundwater and proposed agri-environmental schemes. 1ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2012, p. 63-70.

GOMES, M. A. F.; HAMADA, E.; FILIZOLA, H. F.; QUEIROZ, S. C. do N. de; FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Ordenamento agroambiental das áreas de recarga do Aquífero Guarani: estudos de caso em território brasileiro. In: HAMADA, E. (Ed.). **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 1-22.

HOLLER, W. A.; PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; SÁ, L. A. N de; LOVISI FILHO, E.; FARIAS, A. R.; SPADOTTO, C. A.; MARINHO-PRADO, J. S. **Detalhamento de regiões brasileiras suscetíveis ao ingresso e estabelecimento da praga quarentenária ausente (A1) - *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae).** Campinas, SP: Embrapa Gestão Territorial, 2016 (Comunicado Técnico). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163905/1/20161221-COT-3.pdf> Acesso em: 20 jan. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Municipais – Ano-base 2018.** Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2018/Brasi%20BR/ Acesso em: 02 out. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Territoriais.** 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dosmunicipios.html?=&t=sobre> Acesso em: 23 out. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET.** Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/> Acesso em: 17 ago. 2020.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA (IICA), **Avaliação das consequências econômicas, não comerciais e ambientais da entrada da praga *Bactrocera dorsalis*,** 2019. 54p. Disponível em: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7906/BVE19040209p.pdf?sequence=3&isAllowed=y> Acesso em: 23 mar. 2021

KNAPIK, L. F. O. **Ecotoxicidade do inseticida malathion e seus efeitos sobre os biomarcadores ensaio cometa e acetilcolinesterase em *Daphnia*.** Dissertação de Mestrado. Curitiba, PR: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018. p. 45-52.

LIANG, F.; WU, J. J.; LIANG, G. Q. The first report of the test on the flight ability of oriental fruit fly. **Acta Agriculture University Jiangxi,** v. 2, n. 1, p. 259-260, 2001.

- LIU, H.; ZHANG, D. J.; XU, Y.; WANG, L.; CHENG, D.; QI, Y.; ZENG, L.; LU, Y. Invasion, expansion, and control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in China. **Journal of Integrative Agriculture** 18(4), 771-787, 2019.
- LIU, L.; LIU, J.; WANG, Q.; NDAYIRAGIJE, P.; NTAHIMPERA, A.; NKUBAYE, E.; YANG, Q.; LI, Z. Identification of *Bactrocera invadens* (Diptera:Tephritidae) from Burundi, based on morphological characteristics and DNA barcode. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.62, pp. 13623-13630, 12 October, 2011
- MANRAKHAN, A.; VENTER, J.; HATTINGH, V. **Action Plan for the control of the Oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel)**. Pretoria, Republic of South Africa: Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2018. 56p.
- MARGOSIAN, M. L.; BERTONE, C.A.; BORCHERT, D. M.; TAKEUCHI, Y. **Identification of Areas Susceptible to the Establishment of Fifty-three *Bactrocera* spp. (Diptera: Tephritidae: Dacinae) in the United States**. Manhattan, USA: USDA-APHIS-PPQ-CPHST-STT/ USDA-APHIS-PPQ-CPHST-PERAL, 2007. 43p.
- MICHEL, D. K.; FIABOE, K. K. M.; KEKEUNOU, S.; NANGA, S. N.; KUATE, A. F. TONNANG, H. E. Z.; GNANVOSSOUD, D.; HANNA, R. Temperature-based phenology model to predict the development, survival, and reproduction of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*, **Journal of Thermal Biology**, v.97, April, 2021.
- MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PESSOA, M. C. P. Y.; SIQUEIRA, C. DE. A.; PARANHOS, B. A. G.; JESUS, C. R. de. Zoneamentos territoriais mensais de áreas brasileiras favoráveis a um maior desenvolvimento de *Bactrocera dorsalis*. Campinas: Embrapa Territorial, 2022a. 53 p. (Embrapa Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/232955/1/6014.pdf> Acesso em: 13 jan. 2023.
- MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; JACOMO, B. DE O.; MARINHO-PRADO, J. S.; PARANHOS, B. A. J. Territorial zoning of Brazilian areas favorable to *Anastrepha curvicauda* (Diptera: Tephritidae) in papaya crop. **Journal of Agricultural Sciences Research**, v.2, n.3, 2022b. 10p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143045/1/6037.pdf> Acesso em: 28 jun. 2022.
- MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; SÁ, L. A. N. de; PRADO, J. S. M.; SIQUEIRA, C. de A.; MUNHOZ, V. C.; BERALDO, G. N.; FARIAS, A. R. Acompanhamento georreferenciado de áreas brasileiras de Cerrado sujeitas aos ataques de *Helicoverpa armigera*. In: PRANDEL, J. A. (Org.). **Processamento, análise e disponibilização de informação geográfica**. 1ed. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, v. 1, p. 117-130, 2019.
- MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E.; BRASCO, M. A.; PESSOA, M. C. P. Y.; SÁ, L. A. N. de; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R.; MARINHO-PRADO, J. S. **Identificação dos locais mais vulneráveis à entrada de *Prodioplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) no Brasil**. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2017. 29 p. (Embrapa Gestão Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 6). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160807/1/20170613-BPD6-SGTE.pdf> Acesso em: 02 jan. 2021.
- NBOYINE, J. A.; BILLAH, M.K.; AFREH-NUAMAH, K. Species range of fruit flies associated with mango from three agro-ecological zones in Ghana, **Journal of Applied Biosciences**, n. 52, pp.3696– 3703, 2012.
- NUGNES, F.; RUSSO, E.; VIGGIANI, G.; BERNARDO, U. First record of an invasive fruit fly belonging to *Bactrocera dorsalis* Complex (Diptera: Tephritidae) in Europe, **Insects** 2018, 9, 182. Disponível em: doi:10.3390/insects9040182 ou https://pdfs.semanticscholar.org/ca5f/ba2d374264ce5c980335a598db497abe74ee.pdf?_ga=2.28327420.1748081961.1666292020-1347616284.1654027520 Acesso em: 18 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; MORIYA, L. M.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PIVA, P. L. B. *Scirtothrips dorsalis* e prospecção de seu desenvolvimento em condição térmica de Dois Córregos, SP. IN: OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. (orgs.) **Entomologia; estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica de insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2022, p. 71-89 (capítulo 5).

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; SÁ, L. A. N. de; PARANHOS, B. A. J.; VALLE, L. B. do; LOVISI FILHO, E.; BERALDO, G. N.; FARIAS, A. R. Áreas aptas ao parasitoide exótico *Fopius arisanus* e a *Bactrocera carambolae* considerando seis hospedeiros no Brasil. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO (SICONBIOL), 16. 2019, Londrina. **Anais...** Londrina: SEB; UEL; Embrapa, 2019. p. 455. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206716/1/RA-PessoaMCPY-et-al-16SICONBIOL-2019-p455.pdf> Acesso em: 20 out. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; PRADO, J. S. M.; SÁ, L. A. de; MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; SPADOTTO, C. A. Priorização de regiões do Cerrado brasileiro para monitoramento de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 5, p. 697-701, maio 2016a.

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; MINGOTI, R.; PRADO, S. de S.; LOVISI FILHO, E.; SÁ, L. A. N. de; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Avaliação do potencial desenvolvimento de *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) e de três bioagentes de controle exóticos em condições climáticas da região Norte do Brasil- Estados do Amapá e Roraima**. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2016b. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153800/1/20161215-NotaTecnica-10.pdf> Acesso em: 21 out. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; MINGOTI, R.; PRADO, S. de S.; LOVISI FILHO, E.; SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; SILVA FILHO, P. P. da; SÁ, L. A. N. de; PRADO, S. de S.; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Estimativas de potencial adaptação de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Praga Quarentenária A2) – Estudo de caso para dois perímetros irrigados do Vale do São Francisco**. Campinas, SP: Embrapa Gestão territorial, 2016c. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161389/1/20161202-NotaTecnica-9.pdf> Acesso em: 21 out. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H.; QUEIROZ, S. C. N.; FERRACINI, V. L.; JARDIM, I. C. S. Screening models and system simulation applied to risk assessment of water contamination by pesticides in areas of soybean, corn and rice cultivation: Case study in the Araguaia River Springs in the region of Mineiros, Goiás State (GO), and in the Jacaguá. In: GOMES, M. A. F. (Org.). **Agricultural use of the Guarani Aquifer recharge areas in Brazil: implications for groundwater and proposed agri-environmental schemes**. 1ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 185-198. 2012.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SCRAMIN, S.; CERDEIRA, A.; SILVA, A. de S.; GUSSAKOV, K. C. Avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas das bacias hidrográficas brasileiras por agrotóxicos em função da vulnerabilidade natural dos solos. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DE PAULÍNIA E REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, 1., 2004, Paulínia. [**Anais...**] Paulínia: Prefeitura Municipal: Região Metropolitana de Campinas, 2004. p. 33-34. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162645/1/2004PL-24-Pessoa-Avaliacao-5080.pdf> Acesso em: 23 mar. 2023.

PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. de S.; CHAIM, A.; LOPES, P. R. C.; GOMES, M. A. F.; SOARES, J. M. **Risco de contaminação das águas subterrâneas do submédio do rio São Francisco por agrotóxicos utilizados nas culturas de cana-de-açúcar e banana: uma avaliação por simulação de sistemas**. Jaguariúna/SP: Embrapa-CNPMA, 1999 (Nota Técnica - Embrapa). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196941/1/1999PA-Pessoa-Risco.PDF> Acesso em: 28 mar. 2023.

RATTANAPUN, W.; AMORNSAK, W.; CLARKE, A. R. *Bactrocera dorsalis* preference for and performance on two mango varieties at three stages of ripeness. **Entomol. Exp. Appl.** N.131, p.243–53.2009.

RWOMUSHANA, I.; EKESI, S.; OGOL, C. K. P. O.; GORDON, I. Effect of temperature on development and survival of immature stages of *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 132. p. 832-839, 2008.

SAMAYOA, A. C.; CHOI, K. S.; WANG, Y. S.; HWANG, S.Y.; HUANG, Y.B.; AHN, J. J. Thermal effects on the development of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) and model validation in Taiwan. **Phytoparasitica**, v. 46, p. 365–376, 2018.

SCHUTZE, M.; MAHMOOD, K.; PAVASOVIC, A.; BO, W.; NEWMAN, J.; CLARKE, A. R.; KROSCHE, M. N.; CAMERON, S. L. One and the same: integrative taxonomic evidence that *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) is the same species as the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*. **Systematic Entomology**. n. 40, p. 472–86.2015a.

SCHUTZE, M. *et al.* Synonymization of key pest species within the *Bactrocera dorsalis* species complex (Diptera: Tephritidae): taxonomic changes based on a review of 20years of integrative morphological, molecular, cytogenetic, behavioural and chemoecological data, **Systematic Entomology**, n.40, p.456–471. 2015b.

SILVA, M. L da; FIDELIS, E. G.; NEGRINI, M.; COLMENARE, Y. C. *Bactrocera dorsalis* (Handel 1912) (Diptera: Tephritidae), 2018. IN: FIDELIS, E. G.; LOHEMAN, T. R.; SILVA, M. L. da; PARIZZI, P.; LARANJEIRA, F. F. **Priorização de Pragas Quarentenárias Ausentes no Brasil**, Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 135-154 (Capítulo 10).

STIBICK, J.N.L. **General Reference for Fruit Fly Programs Tephritidae**, USDA,APHIS,PPQ, Pest Detection and Management Programs, March, 2004.

VARGAS, R. I.; PIÑERO, J. C.; LEBLANC, L. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region. **Insects**, v.6, n.2, .p. 297-318. 2015.

VARGAS, R. I.; LEBLANC, L.; PUTOA, R.; EITAM, A. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and classical biological control releases of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on economically important fruit flies in French Polynesia. **Journal of Economic Entomology**, v.100, n.3, p. 670- 679, June 2007.

YAN, Q. T. Study on *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Trypetidae) on Okinawa. **Chinese Journal of Entomology**, v. 4, n. 1, pp.107-120, 1984.

WEEMS, H.V.; HEPPNER, J.B.; NATION, J. L.; STECK, G. **Oriental fruit fly**. Publication n. EENY-83, Feature Creatures- Entomology and Nematology- FDACS/DPI- EDIS, UF/IFAS- University of Florida, May 1999, August 2016. Latest review: September 2019. Disponível em: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/tropical/oriental_fruit_fly.htm Acesso em: 14 out. 2022.

WEI, D.; JIANG, M.; DOU, W.; WANG, J. Oriental Fruit Fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel). 2017. pp. 267-283 (Chapter 15) IN: WAN, F. et al. (eds.). **Biological invasions and its management in China**, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology 11, DOI 10.1007/978-94-024-0948-2_15.