

Zoneamento de risco econômico de *Bactrocera carambolae* para produção de tomate no Brasil

George Amaro¹

Elisangela Gomes Fidelis²

Ricardo Siqueira da Silva³

Cesar Augusto Marchioro⁴

A mosca-da-carambola *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae) é uma espécie de mosca-das-frutas nativa do sudeste asiático, com registros de ocorrência em países como Malásia, Tailândia e Indonésia (Schutze et al., 2015). No Brasil, essa espécie é classificada como praga quarentenária presente (PQP), tendo ocorrências em áreas dos estados do Amapá (AP), Pará (PA) e Roraima (RR), desde 1996 (Lemos et al., 2014; Jesus-Barros et al., 2017). *Bactrocera carambolae* é altamente polífaga, com preferência por frutos de espécies como *Averrhoa carambola* (carambola), *Mangifera indica* (manga), *Syzygium samarangense* (jambo) e *Psidium guajava* (goiaba), podendo causar danos significativos à fruticultura devido à oviposição e ao desenvolvimento larval nos frutos (Castilho et al., 2019; Belo et al., 2020; Sánchez-Tapia et al., 2020). Além dos prejuízos diretos, sua presença pode acarretar restrições fitossanitárias ao comércio interestadual e internacional, impactando a economia agrícola (Clarke et al., 2005; CABI, 2021).

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas globalmente, com ampla relevância econômica e social. Entre 2013 e 2023, países como China, Índia, Estados Unidos, Turquia e Egito destacaram-se como os principais produtores mundiais, sendo a China responsável por mais de 30% da produção global (FAO, 2025). No Brasil, a produção de tomate alcançou 4,2 milhões de toneladas em 2023, representando um aumento de 6,3% em relação ao ano anterior, impulsionado principalmente pelo incremento de 5,9% na produtividade, que atingiu 74.374 kg/ha (IBGE, 2024). Os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais concentram a maior parte da produção nacional, com destaque para Goiás, que registrou crescimento de 36,6% na produção em comparação a 2022 (IBGE, 2024). A cadeia produtiva do tomate no Brasil é diversificada, abrangendo desde o consumo in natura até a industrialização em molhos, extratos e conservas, agregando valor ao produto e gerando

¹ Pesquisador da Embrapa Roraima, MSc. Economia, Boa Vista, RR, Brasil. E-mail: george.amaro@embrapa.br.

² Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, DSc. Entomologia, Brasília, DF, Brasil. E-mail: elisangela.fidelis@embrapa.br.

³ Professor e Pesquisador da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, DSc. Fitotecnia, Diamantina, MG, Brasil. Guest Researcher at Department of Ecological Modelling, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, DSc. Fitotecnia, Leipzig, Germany. E-mail: ricardo.siqueira@ufvjm.edu.br.

⁴ Professor e Pesquisador da Universidade Federal de Santa Catarina, DSc. Zoologia, Curitiba, SC, Brasil. E-mail: cesmarc@gmail.com.

empregos diretos e indiretos, podendo gerar cinco a seis empregos diretos e indiretos por hectare/ano⁵. Em 2023, as exportações brasileiras de tomates preparados e conservados totalizaram US\$ 3,5 bilhões, com os principais destinos sendo países da América do Sul e América do Norte (MDIC, 2025).

Para um manejo eficaz das espécies exóticas invasoras, é necessário compreender sua distribuição atual e potencial. Estima-se que espécies invasoras custem US\$ 423 bilhões anualmente em escala global, sendo que esse custo aumentou significativamente nas últimas décadas, dobrando aproximadamente a cada seis anos (Diagne et al., 2021; Henry et al., 2023). Entre 1984 e 2019, os custos relacionados às espécies invasoras no Brasil totalizaram, no mínimo, US\$ 105,53 bilhões. Desse montante, cerca de US\$ 104,33 bilhões referem-se a prejuízos e danos causados por essas espécies, enquanto apenas US\$ 1,19 bilhão foi direcionado a ações de manejo, como prevenção, controle ou erradicação (Adelino et al., 2021), embora esses valores possam estar subestimados em cerca de 1.646% (Soto et al., 2025). A quantidade cada vez maior de invasões por espécies exóticas, como resultado do aumento do comércio de bens e serviços, é parcialmente responsável pelo aumento dos impactos econômicos ao longo do tempo (Seebens et al., 2017; Seebens et al., 2021; Turbelin et al., 2022).

O zoneamento de risco econômico de espécies invasoras para a produção agrícola brasileira é uma ferramenta importante para a orientação e formulação de políticas públicas fitossanitárias e a gestão de custos de produção por parte dos produtores. A partir do cruzamento de modelos de distribuição geográfica potencial de espécies com indicadores econômicos de concentração produtiva (que permitem avaliar a importância econômica de uma cultura para a produção agrícola municipal) podem ser estimados os prejuízos econômicos potenciais causados por espécie invasoras aos municípios do Brasil.

Foram utilizados 175 pontos georreferenciados de ocorrências globais de *B. carambolae* (após ajustes e correção do viés de amostragem) a partir de diversas fontes, incluindo dados do GBIF⁶ e literatura (Amaro et al., 2025a), e 19 variáveis bioclimáticas derivadas das médias anuais de temperatura máxima mensal, temperatura mínima mensal e precipitação acumulada, entre os anos 2000 e 2021 com resolução espacial de 30 segundos do WorldClim 2.1⁷ e uma variável de elevação (SRTM), para calibrar um modelo de máxima entropia (Maxent), através de um processo de pontos de Poisson (IPP) não homogêneo (Phillips et al., 2006; Phillips, 2008; Renner & Warton, 2013; Renner et al., 2015; Phillips, 2017; Phillips et al., 2017).

O modelo foi gerado utilizando um *workflow* totalmente automatizado desenvolvido em ambiente R (R Core Team, 2023). Para projeção do modelo nas condições climáticas atuais para o Brasil, foi utilizado um conjunto de 19 variáveis bioclimáticas geradas a partir das

⁵ <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/tomate/pre-producao/socioeconomia/importancia#:~:text=No%20Brasil%2C%20a%20cultura%20do%20tomateiro%20para,e%20o%20mesmo%20número%20de%20empregos%20indiretos>

⁶ <https://doi.org/10.15468/dl.gq4erm>

⁷ <https://worldclim.org/data/monthlywth.html>

normais climatológicas do período 1994-2023, com dados BR-DWGD (Xavier et al., 2022), juntamente com a mesma variável de elevação.

O modelo desenvolvido permitiu discriminar as ocorrências de *B. carambolae* no Brasil, considerando as características ambientais em condições climáticas atuais, de acordo com várias métricas utilizadas (Sensibilidade = 95,21%; Especificidade = 76,11%; TSS = 0,71320; Omissão = 4,79%; Índice de Boyce = 0,86893; AUC = 0,87863). As probabilidades de ocorrência de *B. carambolae* para o Brasil foram divididas em cinco classes fixas: a) Inadequada (*Unsuitable*), 0 – MTP⁸; b) Marginal (*Marginal*), MTP – 10MTP⁹/2; c) Moderada (*Moderate*), 10MTP/2 – 10MTP; d) Alta (*High*), 10MTP – Md(Maxent(ocorrências))¹⁰; e) Muito Alta (*Very High*), > Md(Maxent(ocorrências)) (Pearson et al., 2007; Neven et al., 2018; Suárez-Seoane et al., 2020).

A Produção Agrícola Municipal (PAM), pesquisa realizada anualmente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), reúne informações sobre os principais produtos cultivados no Brasil (IBGE, 2024). A pesquisa abrange dados como área plantada, área colhida, volume produzido, produtividade e valor da produção, detalhados por município. Essas informações são fundamentais para orientar políticas públicas, apoiar estudos econômicos e auxiliar no planejamento de ações ligadas ao setor agrícola (IBGE, 2024). A partir dos dados da PAM, foram calculados índices de especialização (concentração) produtiva (Crocco et al., 2006) para identificar a importância econômica de tomate para todos os municípios do Brasil, considerando três características principais: 1) a especificidade da produção para o município; 2) o peso do produto em relação à produção do município; e, 3) a importância da produção do município para a produção nacional do produto. O Quociente Locacional (QL), o Índice de Hirschman-Herfindahl (IHH) e o índice de Participação Relativa (PR) foram utilizados para calcular o Índice de Concentração Normalizado (ICn), através de uma combinação linear dos índices de concentração produtiva normalizados (*z-score*) ponderados por PCA (análise de componentes principais). Os valores de ICn para os municípios do Brasil foram divididos e agrupados em cinco classes, utilizando-se o método Fisher-Jenks (Fisher, 1958; Slocum et al., 2022), que possibilita criar classes mais heterogêneas entre si e mais homogêneas internamente, para hierarquização dos municípios pela magnitude dos seus ICns relativos ao produto avaliado, enfatizando desigualdades regionais.

As classes de ICn foram combinadas com as classes de probabilidade de ocorrências de *B. carambolae*, definidas anteriormente, considerando a média das probabilidades de ocorrência nos limites municipais, aplicando-se uma matriz de risco (Figura 1). Estimativas dos prejuízos econômicos potenciais foram feitas a partir dos valores da produção obtidos da PAM, considerando as seguintes faixas: a) risco baixo (1), 25%; b) risco médio (2), 50%; risco alto (3), 75%; e, d) risco muito alto (4), 100% do valor da produção municipal do produto avaliado.

⁸ *Minimum Training Presence (MTP)*: define o menor valor de adequação previsto que corresponda a pelo menos uma ocorrência identificada durante a fase de treinamento (calibração) do modelo.

⁹ *10% Minimum Training Presence (10MTP)*: define o valor de adequação que exclui os 10% das localidades com os valores previstos mais baixos.

¹⁰ Mediana das probabilidades previstas pelo modelo nas coordenadas de ocorrência da espécie.

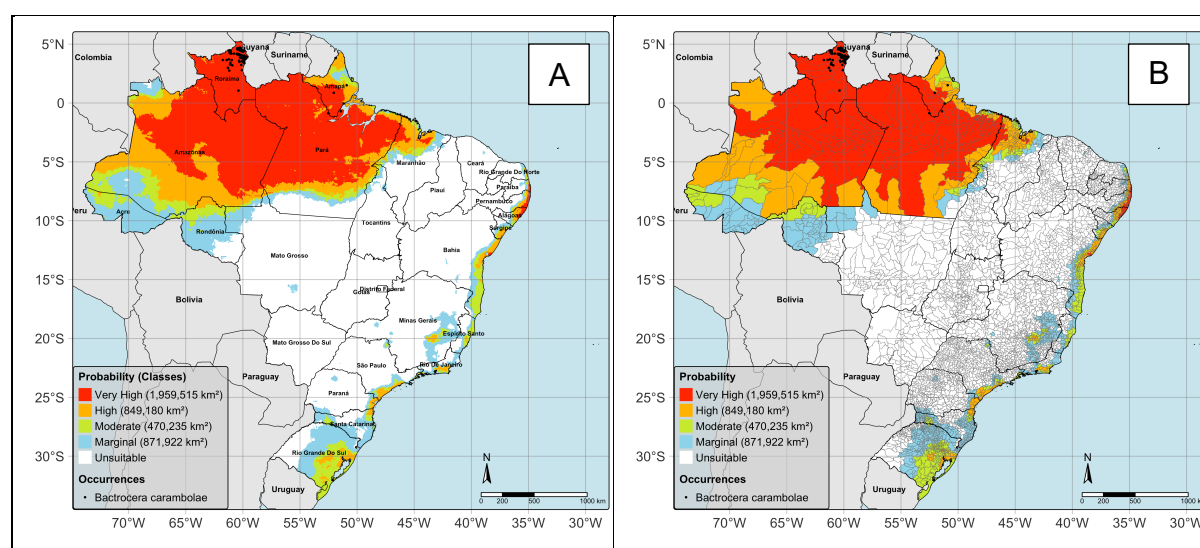
Detalhes dos procedimentos adotados, tanto para o desenvolvimento do modelo de distribuição geográfica potencial quanto para as estimativas de risco econômico de *B. carambolae* à produção de tomate com a utilização de indicadores de concentração produtiva, seguem a descrição e a sequência definidas pelos projetos eNichos (03.16.04.030.00.00) e eNichos II (10.20.03.056.00.00), desenvolvidos pela Embrapa Roraima, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Universidade Federal de Santa Catarina (Amaro et al., 2025b; Amaro et al., 2025c) a partir dos valores identificados na PAM 2023.

RISCO da Praga para a Produção							
Importância da Cultura Hospedeira (ICn)	muito grande	5	sem risco	alto	muito alto	muito alto	muito alto
	grande	4	sem risco	alto	muito alto	muito alto	muito alto
	moderada	3	sem risco	alto	alto	alto	muito alto
	pequena	2	sem risco	médio	médio	médio	médio
	muito pequena	1	sem risco	baixo	baixo	médio	médio
			1	2	3	4	5
			inadequada	marginal	moderada	alta	muito alta
			Probabilidade de Ocorrência da Praga (SDM)				

Quanto maior a importância da cultura (ICn), maior a severidade (ou impacto) associado.

Figura 1. Matriz de Risco utilizada para definir as classes de risco a partir da importância da cultura hospedeira (ICn = impacto) e da probabilidade de ocorrência de uma espécie invasora ou praga.

A maioria dos municípios com probabilidade de ocorrência muito alta de *B. carambolae* está localizada nos estados do Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e norte do Maranhão (Figuras 2A e 2B). A produção de tomate foi identificada em 1.755 municípios do Brasil e os municípios com maior concentração de produção estão localizados nas regiões Sul, Sudeste e parte do Nordeste (Figura 2C). O zoneamento de risco econômico de *B. carambolae* para a produção de tomate no Brasil, considerando a probabilidade de ocorrência e a importância econômica da produção é apresentado na Figura 2D, para 521 municípios.



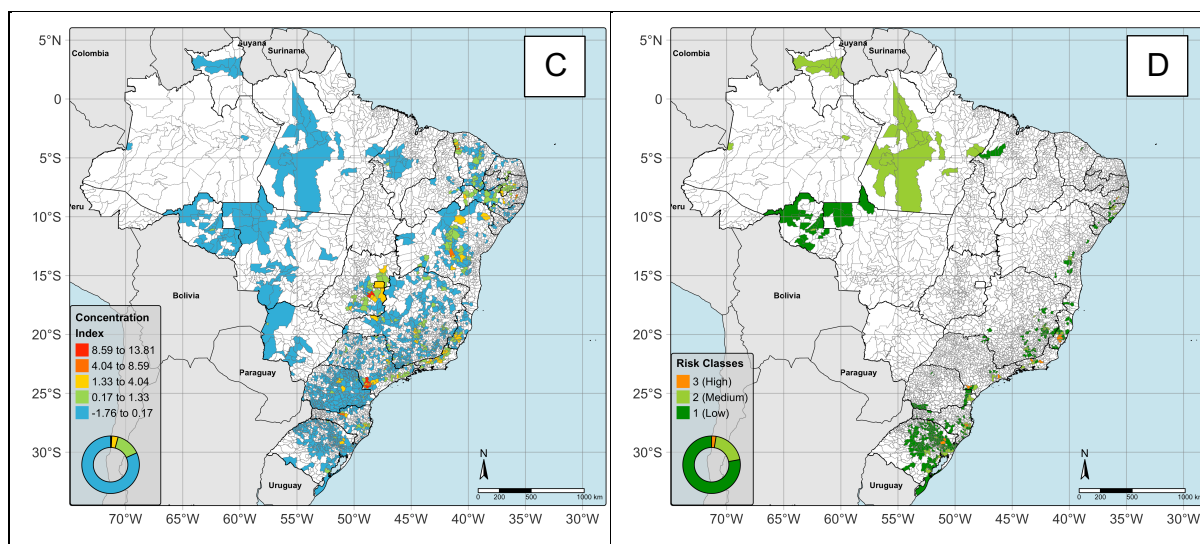
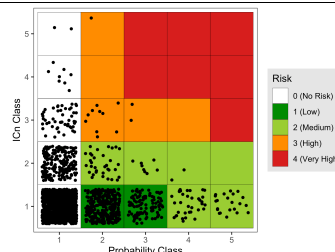


Figura 2. Modelo Maxent de probabilidade de ocorrência de *Bactrocera carambolae* para o Brasil (A) e moda da probabilidade para os municípios do Brasil (B); especialização produtiva de tomate pelos municípios brasileiros (C); risco econômico de *B. carambolae* para produção de tomate no Brasil (D).

As classes de risco econômico estimado de *B. carambolae* à produção de tomate no Brasil, estão apresentadas na Tabela 1, considerando a aplicação da matriz de risco e a distribuição dos municípios produtores entre as classes de especialização (concentração) produtiva e de probabilidade média de ocorrência de *B. carambolae*.

Tabela 1. Distribuição dos 1.755 municípios brasileiros com produção de tomate em 2023 de acordo com o risco econômico estimado de *Bactrocera carambolae* à produção, considerando as classes de probabilidade de ocorrência e as classes de especialização (concentração) produtiva, juntamente com gráfico representativo da matriz de risco.

Classes de Especialização	Classes de Probabilidade				
	1	2	3	4	5
1	973	304	102	35	22
2	200	35	8	2	0
3	51	10	2	0	0
4	8	0	0	0	0
5	2	1	0	0	0



O valor total da produção de tomate no Brasil em 2023 foi superior a R\$ 10,5 bilhões (IBGE, 2024). Considerando a distribuição dos municípios nas classes de risco e os percentuais de perdas potenciais definidos, o prejuízo econômico potencial foi estimado acima R\$ 972 milhões.

Na Tabela 2 são apresentados os dados dos quarenta municípios com maiores riscos econômicos, considerando a probabilidade de ocorrência de *B. carambolae* e seu nível de concentração produtiva de tomate.

Tabela 2. Relação dos quarenta municípios com maiores riscos econômicos considerando a probabilidade de ocorrência de *Bactrocera carambolae* e seu nível de concentração produtiva de tomate.

Nome do Município	UF	Valor Produção Municipal (R\$ 1.000)	Valor Total Produção Municipal (R\$ 1.000)	% Produção Municipal	Índice de Concentração	Probabilidade de Ocorrência	Risco Econômico	Prejuízo Potencial (R\$ 1.000)
Apiai	SP	360.000,00	436.113,00	82,55	10,96255	0,01261	3 (Alto)	270.000,00
Caxias do Sul	RS	89.584,00	670.533,00	13,36	2,26036	0,04576	3 (Alto)	67.188,00
São Joaquim do Monte	PE	67.337,00	89.915,00	74,89	2,91361	0,02816	3 (Alto)	50.502,75
Domingos Martins	ES	65.030,00	328.640,00	19,79	1,77331	0,01667	3 (Alto)	48.772,50
Alfredo Chaves	ES	57.346,00	223.572,00	25,65	1,69290	0,01849	3 (Alto)	43.009,50
Santa Maria de Jetibá	ES	56.474,00	188.215,00	30,01	1,75725	0,01917	3 (Alto)	42.355,50
Nova Friburgo	RJ	49.024,00	60.038,00	81,65	2,54752	0,02345	3 (Alto)	36.768,00
Mogi das Cruzes	SP	36.480,00	65.201,00	55,95	1,72223	0,04148	3 (Alto)	27.360,00
Paraíba do Sul	RJ	35.000,00	36.662,00	95,47	2,42940	0,00951	3 (Alto)	26.250,00
Rancho Queimado	SC	23.421,00	30.913,00	75,76	1,74508	0,01119	3 (Alto)	17.565,75
Águas Mornas	SC	23.328,00	29.749,00	78,42	1,79258	0,01895	3 (Alto)	17.496,00
Camocim de São Félix	PE	23.000,00	24.868,00	92,49	2,04889	0,01759	3 (Alto)	17.250,00
Itaoca	SP	8.325,00	10.847,00	76,75	1,35622	0,02582	3 (Alto)	6.243,75
Pelotas	RS	34.227,00	519.407,00	6,59	0,65309	0,06929	2 (Médio)	17.113,50
Nova Bassano	RS	30.290,00	74.095,00	40,88	1,26903	0,02969	2 (Médio)	15.145,00
Santa Teresa	ES	28.795,00	323.957,00	8,89	0,58305	0,03526	2 (Médio)	14.397,50
Barbacena	MG	25.685,00	90.691,00	28,32	0,90480	0,01237	2 (Médio)	12.842,50
Angelina	SC	24.664,00	63.009,00	39,14	1,08523	0,01470	2 (Médio)	12.332,00
São José do Vale do Rio Preto	RJ	22.262,00	57.737,00	38,56	1,00977	0,01625	2 (Médio)	11.131,00
Laranja da Terra	ES	20.331,00	153.996,00	13,20	0,46381	0,01685	2 (Médio)	10.165,50
Santa Bárbara do Leste	MG	17.542,00	75.385,00	23,27	0,59096	0,01143	2 (Médio)	8.771,00
Marcelhal Floriano	ES	16.429,00	122.766,00	13,38	0,36651	0,02176	2 (Médio)	8.214,50
Inhapim	MG	14.420,00	173.473,00	8,31	0,20759	0,02587	2 (Médio)	7.210,00
São Pedro de Alcântara	SC	12.000,00	18.158,00	66,09	1,25464	0,02767	2 (Médio)	6.000,00
Jaguaquara	BA	11.504,00	38.469,00	29,90	0,55779	0,01754	2 (Médio)	5.752,00
Sairé	PE	11.475,00	25.462,00	45,07	0,84416	0,01565	2 (Médio)	5.737,50
Santo Amaro da Imperatriz	SC	10.312,00	16.735,00	61,62	1,12502	0,01930	2 (Médio)	5.156,00
Mulungu	CE	8.784,00	20.425,00	43,01	0,73308	0,01231	2 (Médio)	4.392,00
Alfredo Vasconcelos	MG	8.184,00	16.086,00	50,88	0,86538	0,01134	2 (Médio)	4.092,00
Iapu	MG	7.700,00	19.343,00	39,81	0,64368	0,04589	2 (Médio)	3.850,00
Uruará	PA	7.500,00	381.567,00	1,97	-0,13688	0,86922	2 (Médio)	3.750,00
Viamão	RS	7.420,00	283.817,00	2,61	-0,10955	0,08274	2 (Médio)	3.710,00
Nova Prata	RS	5.815,00	29.988,00	19,39	0,20691	0,03864	2 (Médio)	2.907,50
Anitápolis	SC	5.600,00	11.286,00	49,62	0,77227	0,01359	2 (Médio)	2.800,00
Feliz	RS	5.470,00	16.983,00	32,21	0,44063	0,10059	2 (Médio)	2.735,00
Aratiba	RS	5.280,00	26.944,00	19,60	0,19674	0,03234	2 (Médio)	2.640,00
Ressaquinha	MG	5.135,00	13.573,00	37,83	0,53777	0,01078	2 (Médio)	2.567,50
Monte Alegre	PA	4.441,00	189.562,00	2,34	-0,17905	0,59737	2 (Médio)	2.220,50
Palhoça	SC	4.308,00	16.360,00	26,33	0,29872	0,02886	2 (Médio)	2.154,00
Braço do Norte	SC	4.284,00	19.943,00	21,48	0,20629	0,01707	2 (Médio)	2.142,00

O modelo desenvolvido expressa a probabilidade de presença da espécie em uma determinada localização, condicionada às variáveis ambientais e à amostragem de *background*, com a premissa de que as condições ambientais permaneçam estáveis, na escala utilizada, e nenhum fator não modelo seja alterado.

O resultado de um modelo de distribuição potencial de espécies representa uma hipótese a ser testada e validada com amostras adicionais e informações complementares, sendo a modelagem parte de um processo iterativo e complementar ao monitoramento de espécies invasoras, especialmente importante ao serem utilizados dados econômicos, que podem variar conforme incentivos e vantagens comparativas.

Além disso, o modelo considera apenas variáveis abióticas, negligenciando a influência potencial de interações bióticas, antropogênicas e de práticas do uso do solo. Isso implica que, para as projeções para cenários de mudanças climáticas, assume-se que o nicho ecológico da espécie seja estático, não considerando a plasticidade comportamental, a capacidade de resposta a alterações ambientais ou a dinâmica de políticas que poderiam alterar os resultados futuros da distribuição.

O zoneamento de risco econômico de *B. carambolae* para produção de tomate no Brasil apresentado nesta Nota Técnica pode auxiliar na implementação de políticas públicas de controle fitossanitário dessa praga, servindo ainda como ferramenta de informação e comunicação, além da gestão pública, para os produtores, como um complemento valioso para as ações de prevenção e mitigação dos riscos associados nos municípios.

Referências Bibliográficas

ADELINO, J. R. P.; HERINGER, G.; DIAGNE, C.; COURCHAMP, F.; FARIA, L. D. B.; ZENNI, R. D. The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. *NeoBiota*, v. 67, p. 349–374, 2021. DOI: 10.3897/neobiota.67.59185.

AMARO, G. C.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S. DA; MARCHIORO, C. A. **Bactrocera carambolae global occurrence data**. Redape, 2025a. Disponível em: <https://doi.org/10.48432/ZPDYI9>.

AMARO, G. C.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S.; MARCHIORO, C. A. **Metodologia para Modelagem da Distribuição Geográfica Potencial de Espécies Invasoras em Condições Climáticas Atuais e Futuras**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2025b.

AMARO, G. C.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S.; MARCHIORO, C. A. **Metodologia para Zoneamento de Risco Econômico de Espécies Invasoras para o Brasil**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2025c.

BELO, A. P. D.; ROCHA, L. M. DA S.; CORRÊA, J. M. G.; FERREIRA, R. M. DOS A.; COSTA-NETO, S. V. DA; SOUSA, M. DO S. M. DE; ADAIME, R.; LEMOS, L. DO N. New host plants records of *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Brazil. *Entomological Communications*, v. 2, p. ec02036–ec02036, 2020. DOI: 10.37486/2675-1305.ec02036.

CABI. *Bactrocera carambolae* (carambola fruit fly). **CABI Compendium**, v. CABI Compendium, p. 8700, 2021. DOI: 10.1079/cabicompendium.8700.

CASTILHO, A. P.; PASINATO, J.; SANTOS, J. E. V. D.; COSTA, A. E. S. D.; NAVA, D. E.; JESUS, C. R. D.; ADAIME, R. Biology of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) on four hosts. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 63, p. 302–307, 2019. DOI: 10.1016/j.rbe.2019.09.002.

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. DOI: 10.1146/annurev.ento.50.071803.130428.

CROCCO, M. A.; GALINARI, R.; SANTOS, F.; LEMOS, M. B.; SIMÕES, R. Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. *Nova Economia*, v. 16, p. 211–241, 2006. DOI: 10.1590/S0103-63512006000200001.

DIAGNE, C.; LEROY, B.; VAISSIÈRE, A.-C.; GOZLAN, R. E.; ROIZ, D.; JARIĆ, I.; SALLES, J.-M.; BRADSHAW, C. J. A.; COURCHAMP, F. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. **Nature**, v. 592, p. 571–576, 2021. DOI: 10.1038/s41586-021-03405-6.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 26 jul. 2025.

FISHER, W. D. On Grouping for Maximum Homogeneity. **Journal of the American Statistical Association**, v. 53, p. 789–798, 1958. DOI: 10.1080/01621459.1958.10501479.

HENRY, M.; LEUNG, B.; CUTHBERT, R. N.; BODEY, T. W.; AHMED, D. A.; ANGULO, E.; BALZANI, P.; BRISKI, E.; COURCHAMP, F.; HULME, P. E.; KOUBA, A.; KOURANTIDOU, M.; LIU, C.; MACÊDO, R. L.; OFICIALDEGUI, F. J.; RENAULT, D.; SOTO, I.; TARKAN, A. S.; TURBELIN, A. J.; BRADSHAW, C. J. A.; HAUBROCK, P. J. Unveiling the hidden economic toll of biological invasions in the European Union. **Environmental Sciences Europe**, v. 35, p. 43, 2023. DOI: 10.1186/s12302-023-00750-3.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal – PAM 2023: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

JESUS-BARROS, C. R.; MOTA JÚNIOR, L. O.; COSTA, A. S.; PASINATO, J.; ADAIME, R. Fecundidade e longevidade de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae). **Biotemas**, v. 30, p. 7–13, 2017. DOI: 10.5007/2175-7925.2017v30n4p7.

LEMONS, L. D. N.; ADAIME, R.; JERUS-BARROS, C. R. DE; DE DEUS, EZEQUIEL DA GÓRIA. NOVOS REGISTROS DE BACTROCERA CARAMBOLAE (DIPTERA: TEPHRITIDAE) NO BRASIL. 2014.

MDIC. **Comex Stat**. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 26 jul. 2025.

NEVEN, L. G.; KUMAR, S.; YEE, W. L.; WAKIE, T. Current and Future Potential Risk of Establishment of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in Washington State. **Environmental Entomology**, v. 47, p. 448–456, 2018. DOI: 10.1093/ee/nvx203.

PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A. T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**, v. 34, p. 102–117, 2007.

PHILLIPS, S. J. Transferability, sample selection bias and background data in presence-only modelling: a response to Peterson et al. (2007). **Ecography**, v. 31, p. 272–278, 2008. DOI: 10.1111/j.0906-7590.2008.5378.x.

PHILLIPS, S. J. A Brief Tutorial on Maxent. 2017.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E.; BLAIR, M. E. Opening the black box: an open-source release of Maxent. **Ecography**, v. 40, p. 887–893, 2017. DOI: 10.1111/ecog.03049.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, p. 231–259, 2006. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2023.

RENNER, I. W.; ELITH, J.; BADDELEY, A.; FITHIAN, W.; HASTIE, T.; PHILLIPS, S. J.; POPOVIC, G.; WARTON, D. I. Point process models for presence-only analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 366–379, 2015. DOI: 10.1111/2041-210X.12352.

RENNER, I. W.; WARTON, D. I. Equivalence of MAXENT and Poisson Point Process Models for Species Distribution Modeling in Ecology: Equivalence of MAXENT and Poisson Point Process Models. **Biometrics**, v. 69, p. 274–281, 2013. DOI: 10.1111/j.1541-0420.2012.01824.x.

SÁNCHEZ-TAPIA, A.; MORTARA, S. R.; BEZERRA ROCHA, D. S.; MENDES BARROS, F. S.; GALL, G.; SIQUEIRA, M. F. DE. **modleR: a modular workflow to perform ecological niche modeling in R**. [s.l.] Ecology, 2020.

SCHUTZE, M. K.; AKETARAWONG, N.; AMORNSAK, W.; ARMSTRONG, K. F.; AUGUSTINOS, A. A.; BARR, N.; BO, W.; BOURTZIS, K.; BOYKIN, L. M.; CÁCERES, C.; CAMERON, S. L.; CHAPMAN, T. A.; CHINVINIJKUL, S.; CHOMIČ, A.; DE MEYER, M.; DROSOPOULOU, E.; ENGLEZOU, A.; EKESI, S.; GARIOU-PAPALEXIOU, A.; GEIB, S. M.; HAILSTONES, D.; HASANUZZAMAN, M.; HAYMER, D.; HEE, A. K. W.; HENDRICH, J.; JESSUP, A.; JI, Q.; KHAMIS, F. M.; KROSCHE, M. N.; LEBLANC, L.; MAHMOOD, K.; MALACRIDA, A. R.; MAVRAGANI-TSIPIDOU, P.; MWATAWALA, M.; NISHIDA, R.; ONO, H.; REYES, J.; RUBINOFF, D.; SAN JOSE, M.; SHELLY, T. E.; SRIKACHAR, S.; TAN, K. H.; THANAPHUM, S.; HAQ, I.; VIJAYSEGARAN, S.; WEE, S. L.; YESMIN, F.; ZACHAROPOULOU, A.; CLARKE, A. R. Synonymization of key pest species within the *Bactrocera dorsalis* species complex (Diptera: Tephritidae): taxonomic changes based on a review of 20 years of integrative morphological, molecular, cytogenetic, behavioural and chemoeological data. **Systematic Entomology**, v. 40, p. 456–471, 2015. DOI: 10.1111/syen.12113.

SEEBENS, H.; BACHER, S.; BLACKBURN, T. M.; CAPINHA, C.; DAWSON, W.; DULLINGER, S.; GENOVESI, P.; HULME, P. E.; KLEUNEN, M. VAN; KÜHN, I.; JESCHKE, J. M.; LENZNER, B.; LIEBHOLD, A. M.; PATTISON, Z.; PERGL, J.; PYŠEK, P.; WINTER, M.; ESSL, F. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. **Global Change Biology**, v. 27, p. 970–982, 2021. DOI: 10.1111/gcb.15333.

SEEBENS, H.; BLACKBURN, T. M.; DYER, E. E.; GENOVESI, P.; HULME, P. E.; JESCHKE, J. M.; PAGAD, S.; PYŠEK, P.; WINTER, M.; ARIANOUTSOU, M.; BACHER, S.; BLASIUS, B.; BRUNDU, G.; CAPINHA, C.; CELESTI-GRAPOW, L.; DAWSON, W.; DULLINGER, S.; FUENTES, N.; JÄGER, H.; KARTESZ, J.; KENIS, M.; KREFT, H.; KÜHN, I.; LENZNER, B.; LIEBHOLD, A.; MOSENA, A.; MOSER, D.; NISHINO, M.; PEARMAN, D.; PERGL, J.; RABITSCH, W.; ROJAS-SANDOVAL, J.; ROQUES, A.; RORKE, S.; ROSSINELLI, S.; ROY, H. E.; SCALERA, R.; SCHINDLER, S.; ŠTAJEROVÁ, K.; TOKARSKA-GUZIŁ, B.; KLEUNEN, M. VAN; WALKER, K.; WEIGELT, P.; YAMANAKA, T.; ESSL, F. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. **Nature Communications**, v. 8, p. 14435, 2017. DOI: 10.1038/ncomms14435.

SLOCUM, T. A.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 4th. Edition ed. . Boca Raton: CRC Press, 2022. 612p. DOI: 10.1201/9781003150527.

SOTO, I.; COURTOIS, P.; PILI, A.; TORDONI, E.; MANFRINI, E.; ANGULO, E.; BELLARD, C.; BRISKI, E.; BUŘIČ, M.; CUTHBERT, R. N.; KOUBA, A.; KOURANTIDOU, M.; MACÊDO, R. L.; LEROY, B.; HAUBROCK, P. J.; COURCHAMP, F.; LEUNG, B. Using species ranges and macroeconomic data to fill the gap in costs of biological invasions. **Nature Ecology & Evolution**, v. 9, p. 1021–1030, 2025. DOI: 10.1038/s41559-025-02697-5.

SUÁREZ-SEOANE, S.; JIMÉNEZ-ALFARO, B.; OBESO, J. R. Habitat-partitioning improves regional distribution models in multi-habitat species: a case study with the European bilberry. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 987–1008, 2020. DOI: 10.1007/s10531-019-01922-5.

TURBELIN, A. J.; DIAGNE, C.; HUDGINS, E. J.; MOODLEY, D.; KOURANTIDOU, M.; NOVOA, A.; HAUBROCK, P. J.; BERNERY, C.; GOZLAN, R. E.; FRANCIS, R. A.; COURCHAMP, F. Introduction pathways of economically costly invasive alien species. **Biological Invasions**, v. 24, p. 2061–2079, 2022. DOI: 10.1007/s10530-022-02796-5.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, p. 8390–8404, 2022. DOI: 10.1002/joc.7731.