

CARLOS DIÓGENES LUCENA FERNANDES

**RISCO DE DISPERSÃO DE *Anastrepha grandis* (MACQUART) (DIPTERA:
TEPHRITIDAE), COM ÊNFASE NA ÁREA LIVRE DA PRAGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa UFV – *Campus* Viçosa como parte das exigências de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do Título de *Magister Scientiae* em Defesa Sanitária Vegetal.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elisangela Gomes Fidelis

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Siqueira da Silva

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2023

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

F363r
2023
Fernandes, Carlos Diógenes Lucena, 1974-
Risco de dispersão de *Anastrepha grandis* (Macquart)
(Diptera: Tephritidae), com ênfase na área livre da praga / Carlos
Diógenes Lucena Fernandes. – Viçosa, MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (57 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Elisângela Gomes Fidelis.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Entomologia, 2023.
Referências bibliográficas: f. 49-57.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.746>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Mosca-das-frutas - Distribuição geográfica.
2. Mosca-das-frutas - Distribuição sazonal. 3. Melão - Doenças e
pragas - Controle. 4. Abóbora - Doenças e pragas - Controle.
I. Fidelis, Elisângela Gomes, 1981-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de
Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. III. Título.

CDD 22. ed. 595.77409


CARLOS DIÓGENES LUCENA FERNANDES

**RISCO DE DISPERSÃO DE *Anastrepha grandis* (MACQUART) (DIPTERA:
TEPHRITIDAE), COM ÊNFASE NA ÁREA LIVRE DA PRAGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa UFV – *Campus* Viçosa como parte das exigências de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do Título de *Magister Scientiae* em Defesa Sanitária Vegetal.


Aprovada em 05 de outubro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **CARLOS DIOGENES LUCENA FERNANDES**
Data: 11/12/2023 09:10:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Carlos Diógenes Lucena Fernandes

Autor

Documento assinado digitalmente
 **ELISANGELA GOMES FIDELIS**
Data: 08/12/2023 16:54:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Elisangela Gomes Fidelis
Orientadora

À minha família.

Especialmente, filhos, esposa, irmãos, pais e avós.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e avós, pelo ensinamento e pelo apoio.

À minha esposa e aos meus filhos, pelas vezes que estive ausente.

Ao Curso de Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal, pela riqueza de informações.

À UFV *Campus* Viçosa, pela iniciativa de criação do curso.

Ao supervisor regional do Cariri em nome da Adagri

À Adriene Caldeira Batista pelos mapas gerados.

Ao meu coorientador que prestou um grande apoio.

À minha orientadora que foi fundamental para a execução do trabalho.

Ao meu irmão caçula que me apoiou nos momentos mais difíceis.

“Duas coisas são infinitas: o universo e a estupidez humana. Mas, em relação ao universo, ainda não tenho certeza absoluta”.

(Albert Einstein)

RESUMO

FERNANDES, Carlos Diógenes Lucena, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2023. **Risco de dispersão de *Anastrepha grandis* (Macquart) (Diptera: Tephritidae), com ênfase na área livre da praga.** Orientador: Elisangela Gomes Fdielis. Coorientador: Ricardo Siqueira da Silva.

Anastrepha grandis (Diptera: Tephritidae) é uma mosca-das-frutas que causa danos econômicos em cucurbitáceas, como melão e abóbora. A praga possui *status* de quarentenária em vários países, pois está restrita à América do Sul e é o principal fator limitante à exportação de cucurbitáceas brasileiras. Na região do Jaguaribe-Apodi e no seu entorno (Ceará e Rio Grande do Norte), há uma área livre de *A. grandis*, reconhecida pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Tal condição tem sido mantida devido a uma política de vigilância preconizada pelo Mapa e realizada pelas agências de defesa de ambos os estados. Os frutos de cucurbitáceas brasileiras só podem ser exportados para países que impõem restrições a essa praga se oriundos de áreas livres da praga ou produzidos sob sistema de mitigação de risco. *Anastrepha grandis* é nativa do Brasil, porém não é encontrada no bioma Caatinga, onde está a grande maioria da área livre da praga. Então, que fatores realmente são limitantes para o estabelecimento da praga em um bioma exótico a ela? Para dar subsídios às medidas de manutenção de áreas livres da praga, esse trabalho apresenta a distribuição geográfica potencial de *A. grandis* no mundo, com ênfase na área livre nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. A estimativa de potencial distribuição foi feita com a modelagem CLIMEX. Dados de ocorrência e de biologia da espécie foram obtidos da literatura e banco de dados, para definição dos parâmetros e validação do modelo. Mapas indicando as regiões com adequabilidade climática para *A. grandis* foram gerados com e sem irrigação. O modelo indica que regiões de clima tropical e temperado em todo o globo possuem adequação à praga, sendo que ao se adicionar a irrigação, a adequabilidade aumenta. A maior parte da área livre não é adequada a *A. grandis*, mesmo sob irrigação, exceto na parte leste, na região de transição entre Caatinga e Mata Atlântica. Assim a adoção de medidas de prevenção de entrada de *A. grandis* nessas áreas devem ser intensificadas.

Palavras-chave: Área Livre de Pragas. Moscas-das-frutas. Cucurbitáceas.

ABSTRACT

FERNANDES, Carlos Diógenes Lucena, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2023. **Dispersal risk of *Anastrepha grandis* (Macquart) (Diptera: Tephritidae), with emphasis on the pest-free area.** Adviser: Elisangela Gomes Fdielis. Co-Adviser: Ricardo Siqueira da Silva.

Anastrepha grandis (Diptera: Tephritidae) is fruit fly that causes economic damage to cucurbits, such as melon and pumpkin. The pest has quarantine status in several countries, since it is restricted to South America and it is the main limiting factor for the export of Brazilian cucurbits. In the Jaguaribe-Apodi region and its surroundings (Ceará and Rio Grande do Norte states), there is an area free of *A. grandis*, recognized by the Ministry of Agriculture and Livestock (Mapa). This condition has been maintained due to a surveillance policy advocated by Mapa and carried out by the defense agencies of both states. Brazilian cucurbit fruits can only be exported to countries that impose restrictions on this pest if they produced in pest-free areas or regions under a risk mitigation system. *Anastrepha grandis* is native to Brazil, but is not found in the Caatinga biome, where the vast majority of the pest-free area is located. So, what factors are really limiting for the establishment of the pest in a biome that is exotic to it? To support measures to maintain pest-free areas, this work presents the potential geographic distribution of *A. grandis* in the world, with an emphasis on the pest-free area in Ceará and Rio Grande do Norte. The potential distribution was estimated using CLIMEX modeling. the occurrence and biology data of the species were obtained from the literature and database, to define the parameters and validate the model. Maps indicating regions with climatic suitability for *A. grandis* were generated with and without irrigation. The model indicates that regions with tropical and temperate climates across the globe are suitable for the pest, and when irrigation was added, the suitability increases. Most of the Brazilian pest-free area is not suitable for *A. grandis*, even under irrigation, except in the eastern part, in a region of transition between Caatinga and Atlantic Forest. Therefore, the adoption of measures to prevent the entry of *A. grandis* into these areas must be intensified.

Keywords: Pest-Free Area. Fruit flies. Cucurbits.

LISTA DE SIGLAS

SIGLAS	DESCRIÇÃO
ALP	Área Livre de Pragas
ALP-MF	Área Livre de Pragas para Moscas-das-Frutas
ARP	Análise de Risco de Pragas
CIPV	Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais
DDIV	Departamento de Defesa e Inspeção vegetal
DSV	Departamento de Sanidade Vegetal
EI	Índice Ecoclimático
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FF-PFA	Fruit Flies Pest Freedom Area (Área Livre de Pragas para Moscas-das-Frutas)
IN	Instrução Normativa
IPPC	International Plant Protection Convention (Convenção Internacional de Proteção do Vegetais)
ISPM	International Standard for Phytosanitary Measures (Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias)
MAD	Mosca/Armadilha/Dia
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
NIMF	Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias
SDA	Secretaria de Defesa Agropecuária
SMR	Sistema de Mitigação de Risco de Pragas
OEDSV	Órgão Estadual de Defesa Sanitária Vegetal
ONPF	Organização Nacional de Proteção Fitossanitária
UF	Unidade da Federação

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLOS	DESCRIÇÃO
<u>Af</u>	Clima de floresta tropical
Am	Clima tropical de monções
As	Clima tropical úmido e seco de savana com chuva no inverno
<u>Aw</u>	Clima tropical úmido e seco de savana com chuva no verão
BSh	Clima seco semiárido quente
BSk	Clima seco semiárido frio
BWh	Clima seco árido quente
BWk	Clima seco árido frio
Cfa	Clima temperado sem estação seca com verão quente
Cfb	Clima temperado sem estação seca com verão fresco
Cfc	Clima temperado sem estação seca com verão frio
Csa	Clima temperado com verão seco quente
Csb	Clima temperado com verão seco fresco
Csc	Clima temperado com verão seco frio
Cwa	Clima temperado com inverno seco e verão quente
Cwb	Clima temperado com inverno seco e verão fresco
Cwc	Clima temperado com inverno seco e verão frio
DHCS	taxa diária de acumulação de estresse pelo frio
DTCS	limiar de graus-dia
DV0	limiar inferior de temperatura
DV1	temperatura ideal mais baixa
DV2	temperatura ótima superior
DV3	limiar superior
HDS	taxa de acumulação de estresse por seca
HWS	taxa de acumulação de estresse por umidade
PDD	graus dias por geração
SM0	limiar de umidade do solo mais baixo
SM1	menor umidade ideal do solo

SM2	umidade ótica do solo superior
SM3	limiar superior de umidade do solo
SMWS	limiar de umidade alta do solo
SMDS	limiar de umidade baixa do solo
THCS	taxa de acumulação de estresse pelo frio
THHS	taxa de acumulação de estresse por calor
TTCS	limiar de temperatura baixa
TTHS	limiar de temperatura alta

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Figura 1. Asa de *Anastrepha grandis* com destaque para a localização e a identificação das células alares.....16
- Figura 2.** Fêmea adulta de *Anastrepha grandis* com destaque para o aspecto geral da coloração do corpo.....17
- Figura 3.** Distribuição global de *Anastrepha grandis*. Os países destacados em vermelho têm a presença da praga19
- Figura 4.** Distribuição de *Anastrepha grandis* (pontos em vermelho) nos diferentes tipos climáticos da classificação de Köppen.....21
- Figura 5.** Representação dos diversos climas do globo terrestre, segundo Köppen. Na legenda os climas preferidos por *Anastrepha grandis*.....22
- Figura 6.** Área livre (amarelo) e área tampão (azul) para *Anastrepha grandis*, com destaque para a divisa entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte (linha verde).....29
- Figura 7.** Pontos de presença (em verde) de *Anastrepha grandis* e sua potencial distribuição usando o modelo Climex, sem uso de irrigação (A) e com irrigação de 9,3 mm/dia (B). As áreas em branco ($EI = 0$), laranja ($0 < EI < 30$) e marrom ($30 < EI < 100$) indicam áreas climáticas inadequadas, adequadas e muito adequadas para a espécie.....42
- Figura 8.** Pontos de presença de *Anastrepha grandis* e sua potencial distribuição no Brasil usando o modelo Climex, sem uso de irrigação (A) e com irrigação de 9,3 mm/dia (B). As áreas em branco ($EI = 0$), laranja ($0 < EI < 30$) e marrom ($30 < EI < 100$) indicam áreas climáticas inadequadas, adequadas e muito adequadas para a espécie. Área circundada: região do Jaguaribe-Apodi.....44
- Figura 9.** Potencial distribuição de *Anastrepha grandis* na área livre da praga usando o modelo Climex, sem uso de irrigação (A) e com irrigação de 9,3 mm/dia (B). As áreas em branco ($EI = 0$), laranja ($0 < EI < 30$) e marrom ($30 < EI < 100$) indicam áreas climáticas inadequadas, adequadas e muito adequadas para a espécie. Área circundada: região do Jaguaribe-Apodi.....46

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Temperatura e precipitação dos tipos climáticos da classificação de Köppen preferidos por *Anastrepha grandis*.....21
- Tabela 2.** Municípios brasileiros com Sistema de Mitigação de Risco de Praga reconhecido para *Anastrepha grandis* de acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária.....33
- Tabela 3.** Valores dos parâmetros de *Anastrepha grandis* usados no modelo CLIMEX.....39

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Características Morfológicas de <i>A. grandis</i>	15
2.2	Biologia de <i>A. grandis</i>	18
2.3	Distribuição Geográfica de <i>A. grandis</i>	18
2.4	Área Livre de Praga – ALP	22
2.5	Sistema de Mitigação de Risco de Praga – SMR	30
2.6	Características Edáficas da Chapada do Apodi	33
2.7	Modelagem de Nichos Ecológicos	35
3.	MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1	Sistema CLIMEX	37
3.2	Parâmetros de calibração no software CLIMEX	38
3.2.1	<i>Temperatura</i>	38
3.2.2	<i>Umidade</i>	39
3.2.3	<i>Estresse</i>	39
3.2.3.1	<i>Estresse pelo frio</i>	39
3.2.3.2	<i>Estresse pelo calor</i>	40
3.2.3.3	<i>Estresse seco</i>	40
3.2.3.4	<i>Estresse úmido</i>	40
3.3	Validação dos modelos	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

As cucurbitáceas são uma família de grande importância alimentar, possuindo um significativo número de espécies que compõem a rotina alimentar de pessoas e animais em todos os continentes, inclusive no Brasil (Borges *et al.*, 2007). O Brasil é o quarto maior produtor mundial de melancia, que já foi a cucurbitácea de maior importância econômica, principalmente devido ao apelo comercial (FAO 2019), com uma área plantada de aproximadamente de 39.697 ha apenas na região Nordeste e com uma de produção de R\$ 775.324 ton (IBGE, 2020) distribuídos principalmente pelo Ceará e pelo Rio Grande do Norte (351.997 ton), que são os que apresentam maior área de produção e maiores volumes de exportações do Brasil (Silva, 2019). Atualmente o melão é principal cucurbitácea exportada, só no Ceará foram realizados negócios que ultrapassaram 41 milhões de dólares na cotação de novembro de 2022. Representando sozinho 35% do volume financeiro das frutas exportadas pelo estado (CIN, 2022). Anualmente, as exportações brasileiras de cucurbitáceas geraram um montante de aproximadamente US\$ 180 milhões (FAOSTAT, 2018), com expectativa de crescimento. Havendo para os próximos anos, com a abertura de novos mercados, como é o caso do mercado chinês, incremento na exportações (Sixcomex, 2023).

A questão fitossanitária está entre os principais entraves para a produção brasileira de cucurbitáceas. As pragas são muito relevantes, causando perdas diretas devido ao ataque às lavouras (Duarte, 2003) e indiretas, pelas restrições internacionais ao comércio destes frutos (Bolzan, *et al.*, 2014). *Anastrepha grandis* (Macquart) (Diptera: Tephritidae) é uma mosca-da-fruta considerada uma das principais pragas de cucurbitáceas, conhecida como “mosca-sul-americana-das-cucurbitáceas”, que ataca tanto espécies nativas quanto exóticas desta família de plantas (Norrbon, 2000). No Brasil, *A. grandis* está entre as sete espécies de moscas-das-frutas que possui maior importância econômica (Zucchi, 2000).

A mosca-sul-americana-das-cucurbitáceas, *A. grandis* é a principal limitação à exportação de cucurbitáceas brasileiras (Bolzan *et al.*, 2017; Silva e Castro, 2023). Este inseto-praga é específico de algumas cucurbitáceas, principalmente abóbora (*Cucurbita* spp.), pois ambas têm uma convivência co-evolutiva há milhares de anos, isto justifica a preferência pelo gênero *Cucurbita*. Entretanto, o melão (*Cucumis melo*, Lineu) e a melancia (*Citrulus lanatus*, Schrad) são também hospedeiros (Bolzan, 2015). Estas são três das quatro principais espécies de cucurbitáceas produzidas e comercializadas mundialmente (Rodrigues *et al.*, 2020).

A mosca-sul-americana-das-cucurbitáceas, *A. grandis* está restrita à América do Sul e

a parte meridional da América Central. Sua presença foi relatada na Argentina, Paraguai, Bolívia, Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Venezuela e Panamá (NAPPO, 2009). No Brasil, ela está no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal (Bolzan, 2015; Garcia and Norrbom, 2011; Savaris *et al.*, 2021; Mesquita Filho *et al.*, 2021; CABI, 2001; Martins, 2011; Pirovani, 2010; Uchoa *et al.*, 2002; Veloso *et al.*, 2012; Pedro, 2018).

Além dos danos causados aos frutos em consequência do ataque de *A. grandis*, há também restrições quarentenárias são impostas por vários países importadores (Paranhos, 2008; NAPPO, 2009). Com o intuito de atender às exigências desses países e observando os regulamentos estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO, o Brasil fixou procedimentos para implantação de Sistemas de Mitigação de Risco de Praga – SMR e Áreas Livres da Praga – ALP, estabelecidos respectivamente nas instruções normativas SDA-MAPA nº 16 de 05 de março de 2006 e nº 13, de 31 de março de 2006 (MAPA, 2006). Atualmente, as regiões exportadoras de cucurbitáceas do Baixo Jaguaribe, no Ceará, e na Chapada do Apodi, no Rio Grande do Norte, são consideradas livres da praga (Portaria SDA-MAPA nº 277 de 23 de abril de 2021).

Para dar suporte ao sistema de mitigação de risco de introdução e o monitoramento de *A. grandis* nas áreas livres dessa praga, faz-se necessária uma investigação sobre sua probabilidade de estabelecimento nestas áreas. A modelagem de nicho ecológico é uma abordagem muito utilizada na atualidade para se predizer a potencial distribuição de espécies invasoras, com o mapeamento das condições bióticas e abióticas que possibilitam o estabelecimento (Kriticos, 2015). O objetivo desse estudo é estimar a distribuição geográfica potencial de *A. grandis* no mundo, com ênfase nas áreas livre dessa praga no Brasil, levando-se em conta os dados de sua distribuição e biologia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características morfológicas de *Anastrepha grandis*

A mosca-sul-americana-das-cucurbitáceas, *A. grandis* foi descrita pela primeira vez por Macquart no ano de 1846 em publicação intitulada “*Diptères exotiques nouveaux ou peu connus*”. Em 1991, Norrbom redescreveu a forma adulta com ilustração do dorso torácico, das asas e das terminálias, tanto masculina quanto feminina. Uma característica que distingue os indivíduos deste gênero é a nervura alar M, que atinge a margem da asa logo após o ápice

dela, curvando-se frontalmente e em seguida se une à margem da asa. As asas possuem comprimento que varia de 7,95 – 10,3 mm. A faixa S completa ou no máximo interrompida na nervura cruzada r-m, assim como a faixa C também completa e com ao menos o ramo proximal da faixa V presente, são também características típicas deste gênero (Figura 1).

Legenda:

1^ªC= primeira Costal
 2^ªC= segunda Costal
 Sc= Sub-costal
 r.1= radial 1
 r2+3= radial 2+3
 r4+5= radial 4+5
 br= radial basal
 M= Medial
 dm= medial dorsal
 BM= Medial Basal
 Cu= Cubital
 BCu= Cubital Basal
 A= Anal
 al= lateral anal

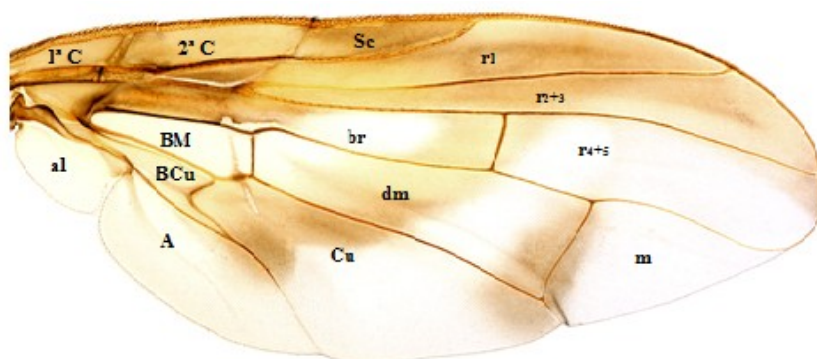


Figura 1. Asa de *Anastrepha grandis* com destaque para a localização e a identificação das células alares. Fonte: Norrbom *et al.*, (2019).

As características das asas de *A. grandis* são: ramo proximal da faixa V terminando em M e tão escuro quanto a metade apical da faixa S, podendo também se estender anteriormente de forma branda, até a faixa S ao longo da nervura R₄₊₅ ou ainda na célula r₂₊₃, que por sua vez não estendida distalmente ao ápice da nervura M; ramo distal da faixa V ausente; a faixa C estende-se pela nervura M na célula br ao longo da célula BM, antes de bm-cu, cobrindo a base da célula r₂₊₃; a faixa C e a faixa S são amplamente conectadas uma a outra ao longo da margem costal, cuja conexão vai até a nervura R₄₊₅ e podendo atingir r₄₊₅.

Havendo uma área hialina na base sob a faixa C e a faixa S, que se estende até tocar a nervura R₄₊₅, e a faixa S cobre a totalidade a nervura cruzada r-m. A nervura R₄₊₅ distalmente à nervura cruzada r-m é razoavelmente com uniformidade curvada ou não fortemente curvada medialmente. A nervura R₂₊₃ é quase reta e sem nervura acessória, enquanto que a nervura M tem moderadamente curvada a sua parte apical.

Asas com faixas marrom-amarelado fraco a marrom-alaranjado, com as margens das faixas muitas vezes difusas. A célula r₂₊₃ é totalmente infundida. A célula br com grande área hialina apical à nervura bm-cu, expandindo-se mais da metade, até próximo à nervura r-m. A célula dm com uma grande área hialina basal. A célula BM é hialina e pode ser infusada ao longo da prega subapical (Figura 1) (Norrbom *et al.*, 1991; Norrbom *et al.*, 2019).

Os adultos de *A. grandis* apresentam uma variação de laranja a marrom-avermelhado (Figura 2). As cerdas, geralmente apresentam um marrom-avermelhado moderado. A cabeça possui tonalidade concolor, excetuando o tubérculo ocelar marrom-escuro; de três a cinco cer-

das frontais; uma ou duas cerdas orbitais, uma delas posterior que com frequência se apresenta fraca se presente (Norrbon *et al.*, 2019).

O escudo é inteiramente microtrícico, notadamente laranja a marrom-avermelhado; faixa medial amarelada única e distinta da margem anterior até ligeiramente posterior à seta acrostical, e posteriormente expandida com leve moderação, estendendo-se lateralmente além da seta acrostical, mas sem atingir a seta dorsocentral; com inexistência de faixa amarelada estreita alinhada com a cerda dorsocentral, mas há uma faixa marrom-escura, às vezes pouco destacada, ligeiramente lateral à cerda dorsocentral; faixa sublateral amarelada que se distingue da sutura transversal até a margem posterior, e cruza a seta intra-alar; sutura escuto-escutelar geralmente com mancha medial irregular marrom-escura (Norrbon *et al.*, 2019). O subescutelo e o mediotergito são de coloração marrom-alaranjada, com destaque para o marrom-escuro a preto lateralmente. A pleura possui áreas escuras bem características pouco diferenciadas, excetuando o anepímero comumente com uma mancha marrom-escura. O abdômen é formado por tergitos unicolores de amarelados a alaranjados. O sintergito₁₊₂ alarga-se gradualmente ou de lados paralelos. O tergitto abdominal sem manchas marrons. A margem pósterodorsal do epândrio é arredondada uniformemente (Figura 2).

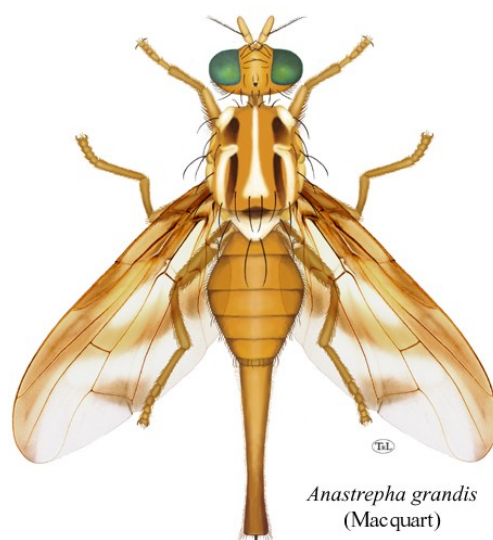


Figura 2. Fêmea adulta de *Anastrepha grandis* com destaque para o aspecto geral da coloração do corpo. Fonte: Norrbom *et al.*, (2019).

Sob o ponto de vista taxonômico, esta mosca-da-fruta está dentro do complexo *Anastrepha* (com aproximadamente 200 espécies descritas) e do grupo infragenérico *grandis*, que inclui mais quatro espécies *A. atrigona* Hendel, *A. castilloi* Norrbom, *A. grandicula* Norrbom e *A. shannoni* Stone, provavelmente mais recentemente diferenciadas das demais (Norrbom,

1991). Fato surgido, principalmente devido a isolamentos reprodutivos que ocorreram (Selivon; Perondini; Morgante, 2005) e que são comuns em um continente com grande diversidade climática e de hospedeiros nestes ambientes.

2.2 Biologia *Anastrepha grandis*

Os adultos de *A. grandis* comumente são encontrados nas próprias plantas hospedeiras (cucurbitáceas) ou em plantas vizinhas a estas, onde permanecem durante a maior parte do tempo de vida. Silva e Malavasi (1996) observaram em laboratório que a longevidade média de fêmeas e machos infestando abóbora (*Curcubita* spp.), que é o hospedeiro preferencial, foi respectivamente de 52,2 a 148,4 dias, sendo a 25 e 15 °C respectivamente. Já Bolzan *et.al.* (2017) testaram em abobrinha (*Cucurbita pepo*), e encontraram valores mais elevados para condições idênticas, com 77,9 e 156,2 dias para 25 e 15 °C respectivamente. Em temperaturas mais amenas, a longevidade aumenta e em temperaturas mais altas a longevidade diminui, com menores e maiores números de gerações respectivamente.

As fêmeas depositam os ovos dentro dos frutos e duram em média 3,93 dias (de 3 a 7 dias) até a eclosão das larvas. Ao eclodirem, o principal dano é causado pelas larvas, que se alimentam da polpa do fruto. Estas passam por três estádios, totalizando em média 17,7 dias (de 13 a 28 dias). No último instar, as larvas deixam os frutos e caem no solo, onde empupam e após aproximadamente 19,7 dias (14 a 23 dias) emergem novos adultos (Silva e Malavasi, 1996).

2.3 Distribuição geográfica de *Anastrepha grandis*

A mosca-sul-americana-das-cucurbitáceas *A. grandis* é restrita à América do Sul e a parte meridional da América Central. Em se tratando de América do Sul, apenas o Chile, o Uruguai e as Guianas (Francesa, Britânica e Suriname) não têm registros oficiais de sua presença (CABI, 2022). No território brasileiro é encontrada no Centro Sul do país. Estando todo o Norte e Nordeste sem ocorrência da praga. Havendo ainda um relato de ocorrência na Bahia (Bondar, 1950), embora não se tenha verificado populações residentes no bioma Caatinga (Silva *et al.*, 2019). A distribuição atual de *A. grandis* está representada na Figura 3.

outras florestas tropicais mais afastadas da linha equatorial, como é o caso da mata atlântica (Peel *et al.*, 2007). O clima 'Aw' é clima tropical úmido e seco de savana, com precipitações médias menores que 60 mm no mês mais seco e inferiores a 100 mm no mês mais chuvoso.

Os climas de savana têm normalmente temperaturas médias mensais acima de 18 °C durante todo o ano, e possuem tipicamente uma estação seca bem definida (Peel *et al.*, 2007). O clima 'Am' é o clima tropical de monções, com precipitações médias menores que 60 mm no mês mais seco e superiores a 100 mm no mês mais chuvoso. O clima monçônico em sua essência, possui tendência a ter mais chuvas do que o clima de savana tropical ou ter estações secas menos pronunciadas. Além disso, um clima tropical de monção também tem tendência a ter menos variações nas temperaturas durante a sazonalidade anual do que o clima de savana tropical (Peel *et al.*, 2007). Pode ser considerado um tipo de clima intermediário entre ambos (Af e Aw)

***A. grandis* também tem ocorrência no clima do grupo 'C'. Esse grupo abrange os climas chamados de temperados. Especificamente os subgrupos 'Cs' e 'Cw'. O 'Cs' é um clima temperado quente com verão seco, também chamado de subtropical mediterrânico e possui temperatura média quente superior a 10°C e média fria superior a 0°C. É também um clima com precipitações abaixo de 40 mm no verão, valor correspondente a menos de um terço do registrado no inverno (Köppen e Geiger, 1936; Peel *et al.*, 2007). O 'Cw' que é um clima temperado quente com inverno seco, também chamado de temperado marítimo, com temperatura média quente superior a 10°C e média fria superior a 0°C. A precipitação ocorre em volumes superiores a 90% do total apenas no período de verão (Köppen e Geiger, 1936; Peel *et al.*, 2007).**

Adicionalmente, há ainda uma provável preferência por um outro tipo de clima temperado, o 'Cf'. Neste caso, a preferência é percebida principalmente nas áreas de transição com os demais climas do grupo temperado. Diferentemente dos dois grupos de clima temperado anteriores, o 'Cf' não possui uma estação caracterizada como seca. Predominando durante todo o ano, estações com umidade considerável, principalmente no subclima 'Cfa'. Tal preferência é citada na tabela 1 como 'preferência subjetiva' porque pelos mapas climáticos de Köppen em algumas áreas do subclima Cf, também se verifica presença da praga, principalmente no sul do país e áreas limítrofes. Embora a literatura tenha deixado de fora na hora de citar as preferências climáticas.

A tabela 1 apresenta as características de cada um dos climas preferidos por *A. grandis*. A distribuição da praga nos diferentes tipos de climas está representada na figura 4. O mapa mundial de classificação climática de Köppen está na figura 5.

Tabela 1. Temperatura e precipitação dos tipos climáticos da classificação de Köppen preferidos por *Anastrepha grandis*.

Clima	Preferência	Temperatura, precipitação e sazonalidade.
A - Clima tropical/megathermal	Preferência objetiva	Temperatura média. do mês mais frio > 18°C, precipitação anual > 1500 mm
Af - Clima de floresta tropical	Preferência objetiva	Precipitação por mês > 60 mm
Am - Clima tropical de monções	Preferência objetiva	Clima de monção tropical (precipitação no mês mais seco < 60 mm e do mês mais úmido > 100mm)
Aw - Clima tropical úmido e seco de savana	Preferência objetiva	Precipitação no mês mais seco (no inverno) < 60 mm e no mês mais úmido < 100 mm
C - Clima temperado	Preferência objetiva	Temperatura média quente > 10°C, temperatura média fria > 0°C
Cs - Clima temperado quente com verão seco	Preferência objetiva	Temperatura média quente > 10°C, temperatura média fria > 0°C, verões secos
Cw - Clima temperado quente com inverno seco	Preferência objetiva	Temperatura média quente > 10°C, temperatura média fria > 0°C, invernos secos
Cf - Clima temperado ameno e úmido	Preferência subjetiva	Temperatura média quente > 10°C, temperatura média fria > 0°C, invernos secos

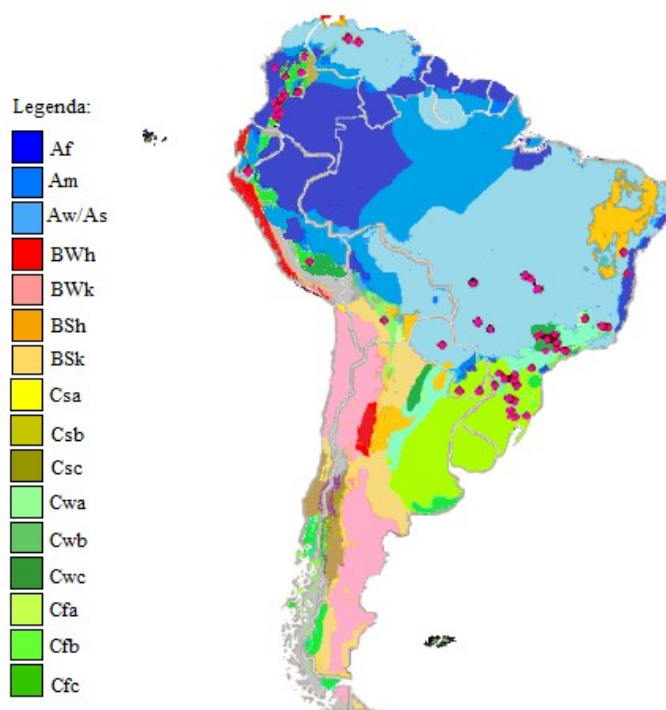


Figura 4. Distribuição de *Anastrepha grandis* (pontos em vermelho) nos diferentes tipos climáticos da classificação de Köppen. Fonte: Teixeira *et.al.*, (2021).

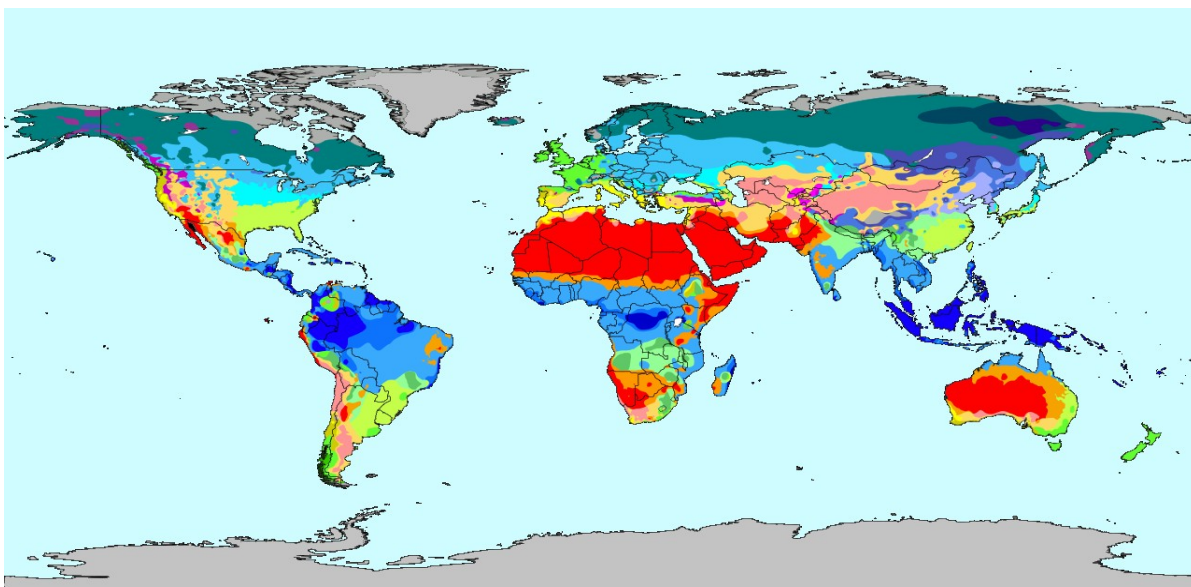


Figura 5. Representação dos diversos climas do globo terrestre, segundo Köppen. Na lenda os climas preferidos por *Anastrepha grandis*. Fonte: Köppen e Geiger (1936).

Legenda:

<ul style="list-style-type: none"> Af Am Aw 	<ul style="list-style-type: none"> Csa Csb Csc Cwa 	<ul style="list-style-type: none"> Cwb Cfa Cfb Cfc
--	--	--

2.4 Área Livre de Praga – ALP

A FAO estabelece que cada estado membro deve ter uma Organização Nacional de Proteção Fitossanitária – ONPF, que no caso do Brasil é o Departamento de Sanidade Vegetal e Insumos Agrícolas do Ministério da Agricultura e Pecuária – DSV/MAPA. Órgão encarregado de determinar a situação de uma praga em relação a uma determinada área. Isto implica em tomar decisões sobre a descrição mais apropriada da situação da(s) praga(s) na(s) área(s) em questão. Esta categorização pode incluir os seguintes itens:

- registros da praga provenientes de levantamentos realizados periodicamente;
- registros ou outras indicações de ausência da praga, conforme o caso;
- resultados da vigilância realizada de forma geral, principalmente se feita por órgãos estatais especializados;
- informações em publicações e bases de dados científicos;
- medidas fitossanitárias utilizadas para prevenir a introdução ou a disseminação, incluindo plano de contingência;
- outras informações referentes à verificação da ausência ou da presença da praga que

pode ter a participação de instituições parceiras e da própria iniciativa privada (IN SDA/MAPA nº 13/2006).

A confiabilidade e coerência da informação deverão ser levadas em conta, principalmente quando se requer uma análise cuidadosa e quando existem informações contraditórias (ISPM/FAO nº 8, 1998), como preconiza a Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais – CIPV ou na sua sigla em inglês IPPC, tratado intergovernamental vinculado à FAO.

Caso não exista registro da presença de uma praga nos relatos da vigilância geral referente a uma determinada área, é possível chegar à conclusão de que a praga não é existente ou nunca tenha existido nesta área. Isto é possível porque os registros específicos respaldam a condição de ausência da praga em questão. Também é possível chegar a conclusão de que uma praga está ausente, mesmo que existam registros que sugerem sua presença. A sua ausência pode ser confirmada assim mesmo por meio de pesquisas específicas (ISPM/FAO nº 6, 2006) e nesse caso, deverá adicionar-se a seguinte frase: “confirmação por pesquisa”. De forma análoga, quando se estabelece uma área livre de alguma praga de acordo com a NIMF apropriada (ou ISPM em inglês) deverá adicionar-se a seguinte frase: “declarada área livre de pragas” (ISPM/FAO nº 4, 2005).

As partes contratantes (países que aderiram à CIPV) deverão assegurar que suas Medidas Fitossanitárias adotadas em relação aos envios que cheguem aos seus respectivos territórios, levem em conta o status das áreas, tal como é designado pelas ONPF dos países exportadores. Estas podem ser áreas onde uma praga regulamentada não está presente (ALP) ou tenha baixa prevalência (em casos onde existe a praga, mas esta, se mantém abaixo de um determinado nível estabelecido), ou podem ser lugares de produção considerados livres de pragas (lugares de produção em que uma praga determinada não ocorre, conforme tenha se evidenciado cientificamente) ou ainda, ser locais de produção livre de pragas (uma parte definida de um lugar de produção onde se possa mantê-la livre de pragas, conforme evidência científica) (ISPM/FAO nº 10, 1999).

A criação e manutenção de uma ALP por qualquer ONPF permite que o país desta ONPF possa exportar vegetais, produtos vegetais e outros tipos de artigos regulamentados oriundos da ALP em questão para outros mercados (países), sem a necessidade de se fazer uso de Medidas Fitossanitárias adicionais (de cunho quarentenário, como é o caso do tratamento hidrotérmico submetido à manga) quando determinados requisitos forem cumpridos. Dessa forma, ao se conseguir o status de livre de pragas em uma certa área, possibilita-se que esta seja empregada como base para uma certificação fitossanitária de plantas, dos produtos delas

oriundos, inclusive outros tipos de artigos regulamentados em relação à(s) praga(s) para as quais se está realizando a certificação (ISPM/FAO nº 4, 1995). A ALP é então um componente em meio às justificativas para as Medidas Fitossanitárias adotadas por um país importador que visam proteger uma área em perigo.

Os três principais estágios considerados para o estabelecimento e a posterior manutenção de uma ALP, constituem-se em: existência de sistemas capazes de **estabelecer** uma área como livre de uma praga; adoção de Medidas Fitossanitárias que permitam **manter** essa área considerada livre de uma praga; e ter a sua disposição **controles** para se averiguar a manutenção de uma área livre de uma certa praga (ISPM/FAO nº 4, 1995).

A natureza adotada em cada estágio variará de acordo com as características biológicas da praga, os tipos de ALP e suas características, além do nível que se deseja de segurança fitossanitária, anteriormente baseado na ARP. A metodologia utilizada para obtenção desses estágios pode incluir a realização de **compilação e tabulação** estatística dos dados; levantamentos realizados por **inspeção** (delimitação, detecção, verificação); **controles** regulatórios utilizados (legislação a ser adotada); **auditoria** (revisão e avaliação da situação encontrada); e **documentação** disponível (relatórios confeccionados, elaboração de planos de trabalho, etc) (ISPM/FAO nº 4, 1995).

A delimitação de uma ALP deveria ser em princípio relacionada estreitamente com a ocorrência ou a ausência da praga. Porém, não é exatamente o que se observa efetivamente. Geralmente, por questões práticas, as ALP's são delimitadas por fronteiras que se apresentam facilmente distinguíveis, coincidindo com os limites estabelecidos pela biologia de uma praga na maioria das vezes. Esses limites podem ter natureza administrativa (quando forem países, unidades da federação ou até municípios, por exemplo), estar vinculados às características físicas (no caso de rios, lagos, mares, oceanos, montanhas, encostas e estradas, por exemplo) ou limites de propriedade que sejam bem definidos e claros para todas as partes (ISPM/FAO nº 4, 1995).

Ainda falando dos estágios para estabelecimento e manutenção de uma ALP, a natureza deles poderá apresentar variações em consonância com:

- As características biológicas detalhadas da praga alvo, incluindo:
 - sua potencialidade de sobrevivência nas condições encontradas na região da ALP;
 - sua taxa de reprodução correlacionada ao clima e a sazonalidade do clima;
 - seus meios de dispersão, incluindo os meios próprios e a ação humana para tal; e
 - a disponibilidade de plantas hospedeiras na área, tanto cultivadas quanto nativas, etc.
- As características de maior relevância da ALP, incluindo:

- dimensão geográfica da área (tamanho);
- grau de isolamento geográfico, ecológico ou social da área;
- condições ecológicas da área em si e do seu entorno; e
- homogeneidade do território como um todo (diferenças entre microclimas, se existentes).

- O nível desejado de segurança fitossanitária para o nível de risco que foi avaliado, em sintonia com a ARP realizada (ISPM/FAO nº 4, 1995; IN SDA/MAPA nº 13/2006).

Como forma de estabelecer o status de ‘livre de pragas’ em uma determinada ALP e com a finalidade prover meios de como gestão dela vai atuar, a continuidade desse status está condicionada à verificação das medidas fitossanitárias que foram implementadas para sua manutenção. O nível de intensidade dos sistemas de verificação adotados devem estar em conformidade com o nível desejado de segurança fitossanitária. Esses controles ainda podem incluir a inspeção pontual e periódica dos envios exportados; estabelecer exigência para que os pesquisadores, consultores e inspetores envolvidos naquela área, notifiquem a ONPF do país exportador de todas as ocorrências da praga durante as inspeções; e realização de levantamentos para verificação (ISPM/FAO nº 4, 1995).

Especificamente se tratando dos requisitos de modo geral para se estabelecer uma ALP de moscas-das-frutas, conhecida em inglês como FF-PFA ou a sigla homônima em português, ALP-MF, deve-se incluir requisitos como a preparação e adoção de um programa e sensibilização do público, principalmente daquela área e de áreas circundantes; os elementos disponíveis de georreferenciamento do sistema adotado (mecanismos de documentação e de revisão, manutenção de todos os registros); e ainda, realização de atividades de supervisão (ISPM/FAO nº 26, 2015).

Os elementos considerados principais de uma ALP-MF são a caracterização da ALP-MF e o seu estabelecimento e sua manutenção (ISPM/FAO nº 26, 2015). Esses elementos incluem as atividades de vigilância da captura de moscas-das-frutas, realização de amostragens de frutos e controle oficial sobre a movimentação de outros tipos de artigos regulamentados (barreiras sanitárias) (ISPM/FAO nº 26, 2015). Elementos adicionais incluem um planejamento de ações corretivas e suspensão, reintegração (caso seja possível) e revogação do status de livre de pragas da ALP-MF. Medidas de controle para a ocorrência de um eventual surto numa zona isenta de pragas de mosca-da-fruta e Medidas Fitossanitárias procedimentais para a gestão da ALP da mosca-da-fruta (ISPM/FAO nº 26, 2015).

Uma ALP é, de acordo com a FAO, “uma área na qual uma dada praga específica não ocorre conforme demonstrado por evidência científica, e em que, quando apropriado, esta

condição seja oficialmente mantida” (ISPM/FAO nº 5, 2021). As áreas livres de moscas-das-frutas podem até permanecer naturalmente livres delas em consequência da existência de barreiras (naturais na maioria dos casos) ou condições climáticas, podendo continuar ser mantidas livres por meio de restrições ao movimento dos hospedeiros e outras medidas relacionadas (ISPM/FAO nº 4, 1995), cujo texto da FAO descreve diferentes tipos de ALP e fornece orientação geral sobre o estabelecimento de ALP. Ou simplesmente as moscas podem ser alvo de um programa de erradicação (ISPM/FAO nº 26, 2015). No entanto, a necessidade de mais orientação sobre o estabelecimento e manutenção de ALPs especificamente para moscas-das-frutas já foi reconhecida. O texto atual traz a descrição dos requisitos adicionais para estabelecer e se manter uma ALP-MF's. As pragas-alvo para as quais este padrão foi desenvolvido, são pertencentes aos gêneros *Anastrepha*, *Ceratitidis*, *Bactrocera*, *Toxotrypana*, *Dacus* e *Rhagoletis*.

Os preceitos dispostos na NIMF/FAO nº 4 são aplicados para se estabelecer e manter uma ALP para todas as pragas, neste caso, Observam-se suas disposições também para as moscas-das-frutas. Portanto, a NIMF/FAO nº 4 deve ser referida juntamente com a NIMF Nº 26, que em português são conhecidas como Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias – NIMF. Trata-se de uma tradução para International Standard for Phytosanitary Measures – ISPM (em inglês). As medidas fitossanitárias adotadas e os procedimentos específicos descritos na norma citada podem ser necessários para tornar possível o estabelecimento e a manutenção de uma ALP-MF. A tomada de decisão de estabelecer uma ALP-MF pode vir a ser realizada com base nos fatores técnicos previstos. Estes fatores incluem necessariamente componentes como biologia da determinada praga; a dimensão da área em estudo; os níveis populacionais da praga e a possível rota de dispersão; as condições ecológicas da área em si e do seu entorno; e o isolamento geográfico e/ou ecológico, além da disponibilidade de métodos aplicáveis para uma possível erradicação da praga. As ALP-MF's podem ser estabelecidas em conformidade com a NIMF/FAO nº 4, sob uma diversidade de situações e variáveis. Algumas delas exigem a aplicação de toda a rede de elementos previstos; em outras situações requerem apenas a aplicação de alguns dos elementos. Nas regiões em que as moscas-das-frutas têm a capacidade de se estabelecer devido às condições favoráveis e não houver registro de presença da praga, pode ser razoável concluir que a praga está ausente (ISPM/FAO nº 8, 1998). Entretanto, caso elas sejam detectadas e possam causar danos de ordem econômica durante uma temporada (Art. VII.3 da CIPV, 1997), ações com viés corretivo devem ser aplicadas para que se permita a manutenção de uma ALP-MF. Em regiões onde as moscas-das-frutas têm notória capacidade de se estabelecer, mas estão ausentes, a vigilância geral de acordo com a NINF/FAO nº 8 é normalmente suficiente para delimitar e estabelecer uma ALP. Quando

apropriado, pode-se fazer uso de requisitos de importação e/ou restrições de movimentação doméstica, visando não permitir a introdução das espécies indesejadas de moscas-das-frutas na área e assim procurar manter o status de ALP (ISPM/FAO nº 26, 2015).

Um programa de conscientização da população é um dos fatores mais importantes nas áreas onde há um risco de introdução maior. Fatores importantes para se estabelecer e manter uma ALP-MF são o apoio e participação efetiva do público, principalmente da comunidade residente local e daquela população que costuma trafegar por locais próximos à ALP-MF ou pela própria área (ISPM/FAO nº 26, 2015). O público em geral e os interessados devem ser informados através de diferentes meios (escritos, rádio, televisão) sobre a importância econômica de se estabelecer e manter o status ALP e evitar a introdução de material hospedeiro que pode estar potencialmente infestado. Isso vai contribuir sobremaneira para a conformidade e a eficácia das Medidas Fitossanitárias para salvaguarda da ALP-MF. A conscientização pública e a educação fitossanitária programada deve ter carácter contínuo (ISPM/FAO nº 26, 2015) e pode incluir informações sobre:

- checkpoints (barreiras) permanentes ou móveis nas principais rotas de acesso;
- afixação de sinalização de alerta nos pontos de entrada e corredores de trânsito;
- lixeiras de fácil acesso para material hospedeiro bem distribuídas pelas rotas;
- folhetos ou brochuras com boa didática contendo informações sobre a praga e a ALP;
- publicações (impressas, eletrônicas);
- sistematização regulatória (normas) para restringir o movimento de frutas hospedeiras;
- vigilância até sobre os hospedeiros não comerciais, caso existam na região;
- segurança comprovada das armadilhas; e
- previsão de penalidades por inconformidade, conforme o caso (ISPM/FAO nº 26, 2015).

Em áreas onde o isolamento geográfico e/ou ecológico não é considerado adequado por alguma razão, para se prevenir de uma introdução ou reinfestação de uma praga alvo na ALP ou então, onde não há outros meios de se impedir o movimento de moscas-das-frutas para ALPs, deve ser estabelecida uma Zona Tampão (caso da área estabelecida no CE e RN).

Os fatores que devem ser levados em consideração para o estabelecimento e para a eficácia de uma zona tampão, devem incluir:

- Meios para supressão de pragas, que podem ser usados para baixar o nível populacional da praga, incluindo:
 - a adoção de isca inseticida, se possível, seletiva,
 - realização de pulverizações, tanto terrestres terrestres, quanto aéreas (se possível),
 - uso do método do inseto estéril (discutível),

- adoção de uma metodologia de aniquilação masculina (discutível),
 - efetuar o controle biológico, se possível,
 - fazer uso do controle mecânico, quando adequado, etc.
- Existência de hospedeiros na região, tanto nas áreas de cultivo quanto na vegetação nativa;
- as condições edafoclimáticas existentes;
- a geografia predominante da área (relevo);
- o potencial de propagação natural através de caminhos identificados (dispersão própria); e
- a capacidade de implementar um sistema de monitoramento eficiente que se permita testar a eficácia do estabelecimento da zona tampão (ISPM/FAO nº 26, 2015).

No caso da ALP-MF presente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, trata-se de parte do território brasileiro não infestada, mesmo que dentro do país hajam áreas infestadas. Este tipo de ALP é reconhecido mesmo estando em um país cuja área no geral esteja com uma potencial infestação, e que foi elevada ao status livre de uma praga específica (*A. grandis*). Ela é desde sua implantação, mantida livre da praga para que o país exportador (Brasil) possa fazer uso de tal status como base para permitir a certificação fitossanitária de vegetais (no caso específico, frutos de cucurbitáceas) (IN SDA/MAPA nº 13/2006).

No Brasil, dentre os parâmetros para manutenção do status de uma área livre de moscas-das-frutas, definidos na Instrução Normativa – IN SDA/MAPA nº 13/2006, preconiza-se o estabelecimento de uma zona tampão circundante à área livre, pois não há isolamento geográfico e/ou ecológico suficiente para prevenir a introdução ou reintrodução da praga alvo (IN SDA/MAPA nº 13/2006); devendo haver a realização de monitoramentos periódicos ininterruptos; cadastramento de todas as áreas produtoras de cucurbitáceas hospedeiras com um respectivo responsável técnico (independentemente da propriedade realizar exportação ou não) (IN SDA/MAPA nº 13/2006); controle e fiscalização do trânsito de cucurbitáceas dentro da área livre e na zona tampão, pois é imprescindível o monitoramento ao redor da ALP-MF; e ainda a proibição do ingresso de cucurbitáceas de fora da área livre, de acordo com o Decreto Estadual nº 26.719, de 20 de agosto de 2002. Assim, faz-se necessário que haja uma fiscalização efetiva do trânsito de veículos e especialmente que todo o perímetro esteja constantemente sob vigilância ostensiva, principalmente nos corredores sanitários.

A ALP-MF cearense foi reconhecida pela Portaria nº 150, de 1º de dezembro de 2003, emitida pelo Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal – DDIV (hoje, DSV) e englobava os municípios de Aracati, Itaiçaba, Jaguaruana, Icapuí, Limoeiro do Norte, Quixeré e Russas. Recentemente a ALP-MF que compreende também o estado do Rio Grande do Norte, foi expandida por meio da Portaria SDA/MAPA nº 305/2021, editada Secretaria de Defesa Agrope-

consigo a praga dentro si e assim abrir uma janela para uma possível introdução da praga (IN SDA/MAPA nº 13/2006). Além desta vigilância de caráter ininterrupto, existe também o estabelecimento de armadilhas (conhecidas como Mcphail) à base de proteína hidrolisada, colocadas em locais estratégicos para que semanalmente sejam inspecionadas e coletados os insetos ali capturados. Na área tampão, também se faz as mesmas atividades, com a diferença de que nesta há alguma tolerância, caso haja detecção de indivíduos da praga, enquanto naquela não existe esta tolerância, pois a condição de ALP-MF será suspensa imediatamente em caso de detecção de indivíduos da espécie alvo (IN SDA/MAPA nº 13/2006).

O perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi localiza-se na parte cearense da Chapada do Apodi, envolvendo principalmente os municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré. Começou a ser implementado em 1987, passando a funcionar efetivamente em 1989. O suprimento hídrico é parcialmente assegurado pelo rio Jaguaribe, que se tornou perenizado pelos açudes Orós e Castanhão (Pinheiro *et al.*, 2003), havendo ainda uma derivação por meio da barragem de Pedrinhas, situada em um braço do Jaguaribe, nominado de Rio Quixeré. A produção agrícola não se resume às cucurbitáceas, sendo muito abundantes também as culturas da banana, do mamão, da goiaba, do pimentão, da graviola, além de culturas anuais como milho, algodão herbáceo, feijão vigna e sorgo. Mais recentemente tem se introduzido outras culturas como cacau, soja e trigo. O destaque dado às cucurbitáceas se dá em virtude da importância delas para as exportações de frutas brasileiras. Estando os dois estados entre os maiores exportadores de frutas do Brasil (IBGE, 2020). Do lado norte-rio-grandense, encontra-se o rio Apodi, ou Apodi-Mossoró. É o segundo maior rio potiguar. Nasce na Serra de Luís Gomes. O rio só mantém sua perenização no curso inferior, principalmente em virtude da barragem de Santa Cruz. Grande parte da água utilizada para irrigação provém de poços artesianos.

2.5 Sistema de Mitigação de Risco de Praga – SMR

Além da opção por estabelecimento de uma ALP, há também a oportunidade de se obter o reconhecimento de um SMR, cujo nível de exigência é inferior ao da ALP. Caso se deseja comercializar frutos para o mercado externo e em consequência da presença de *A. grandis* na região produtora, e assim havendo restrições quarentenárias impostas por vários países importadores (Paranhos, 2008; NAPPO, 2009), o SMR é uma boa alternativa para viabilizar o comércio, desde que algumas condicionantes sejam atendidas. Com o intuito de conseguir atender às exigências dos países importadores e observando os regramentos estabelecidos pela FAO (ISPM/FAO nº 14, 2002), o Brasil, por intermédio de sua ONPF, fixou procedimentos

para implantação de SMR de Praga, estabelecidos na IN SDA/MAPA nº 16/2006 (MAPA, 2006).

O Sistema de Mitigação de Risco – SMR, como opção a ser adotada para realizar o manejo de risco de pragas, é uma alternativa a ser usada por produtores de cucurbitáceas que desejarem exportar esses produtos para países que impõem exigências para que os frutos oriundos cultivos de cucurbitáceas não ofereçam risco de natureza quarentenária para a praga *A. grandis* (IN SDA/MAPA nº16-2006). Os produtores que objetivarem aderir ao SMR deverão procurar o Órgão Estadual de Defesa Sanitária Vegetal – OEDSV e manifestar seu interesse expressamente. Ficando o referido órgão a cargo da responsabilidade pela articulação, bem como, pela mobilização e organização das partes interessadas (IN SDA/MAPA nº16-2006). Também será de responsabilidade do OEDSV, a elaboração e o encaminhamento do projeto de solicitação para adesão ao SMR na respectiva Unidade da Federação – UF. Ao DSV-MAPA, via Superintendência Federal de Agricultura Pecuária – SFA na UF, se encarregará de abrir processo formalizando a solicitação do OEDSV (IN SDA/MAPA nº16-2006).

Em alguns aspectos, as informações constantes da solicitação de SMR são semelhantes à de ALP:

- No tocante à descrição da área como um todo, deve estar incluída a sua extensão geográfica com a respectivas coordenadas geográficas;
- Os Regulamentos disponíveis para o controle normativo a ser utilizado;
- Descrição da data inicial do monitoramento;
- Situação e características dos cultivos das cucurbitáceas na UF, e especificamente, na área proposta, com indicação:
 - da área total de produção comercial, em hectares;
 - do nome comum e científico das espécies e variedades já cultivadas ou que se deseja cultivar;
 - estimativa de produção total, em toneladas, por espécie e variedade, se possível;
 - o volume estimado de exportação por cada variedade, caso já exista;
 - quais os sistemas adotados para os cultivos e quais os procedimentos de colheita e pós-colheita estão sendo realizados;
 - ocorrência de outras pragas associadas à cultura ou culturas na área em questão, incluindo o nome científico, a taxonomia, parte atacada da planta e tipo de dano, de acordo com a situação fenológica da cultura.
- Mapas disponíveis com indicação de:
 - localização da área proponente dentro da UF, caso não seja a UF por inteiro;

- distribuição geográfica da praga na UF e UF's vizinhas, caso já esteja presente;
 - localização com as respectivas coordenadas geográficas, os cultivos de cucurbitáceas previamente existentes;
 - possíveis rotas de transporte de toda a produção até o ponto de egresso (para os frutos destinados ao mercado externo);
 - localização georreferenciada das estações meteorológicas que existam na área, e que são responsáveis pelo fornecimento dos dados de cunho climático para obtenção do reconhecimento do SMR pelo mercado internacional;
 - localização (com as coordenadas) dos locais onde se realizam os monitoramentos de rotina.
- Confecção de tabelas em haja indicação:
- da listagem nominal das estações meteorológicas existentes na área, e que são responsáveis pelo fornecimento dos dados de cunho climático para obtenção do reconhecimento do SMR pelo mercado internacional, com os respectivos pontos georreferenciados;
 - da listagem completa das armadilhas usadas no monitoramento, e seus respectivos locais georreferenciados (IN SDA/MAPA nº16-2006).

Esses dados citados acima, dos quais muitos também compõem uma solicitação de ALP, são necessariamente importantes para apreciação do DSV. Após um período contínuo de seis meses com realização de monitoramento da praga em cultivos de cucurbitáceas, faz-se imprescindível que OEDSV apresente ao DSV, relatório contendo dados de natureza climatológica da área, sobre:

- Médias mensais das temperaturas do ar dos últimos cinco anos, com máximas e mínimas registradas;
- Média mensal da pluviosidade aferida nos últimos cinco anos;
- Médias mensais dos últimos cinco anos da umidade relativa do ar;
- Direção/sentido dominante e velocidades dos ventos, médias mensais dos últimos cinco anos;
- Temperatura do solo a uma profundidade de 2 e 10 cm, com suas médias dos últimos dois anos, aferidas continuamente, caso exista (IN SDA/MAPA nº16-2006).

Os dados da realização do monitoramento deverão ser adicionados ao processo, e após a respectiva análise e conseqüente parecer do DSV, será enviado à SDA-MAPA para auditoria e reconhecimento. À SDA caberá a recomendação da publicação, caso entenda que todas as exigências estão atendidas, do reconhecimento oficial do SMR. A SDA tem a prerrogativa de

a qualquer momento sustar o reconhecimento do SMR se detectar que as exigências não estão sendo observadas para sua manutenção, ou se houver mudança do status fitossanitário da praga em questão na área (IN SDA/MAPA nº16-2006).

Os levantamentos fitossanitários deverão ser feitos com o uso de armadilhas do tipo McPhail e com um atrativo alimentar à base de proteína hidrolisada (IN SDA/MAPA nº16-2006). O OEDSV ficará a cargo da responsabilidade de coordenação de todo o processo de monitoramento, efetuando periodicamente, inspeções in loco e auditorias também periódicas (ISPM/FAO nº 14, 2002). As armadilhas McPhail deverão estar instaladas em até 35 dias da semeadura ou até mesmo após o transplântio, devendo o armadilhamento permanecer na área enquanto existirem restos culturais, mesmo após a colheita (ISPM/FAO nº 14, 2002). Todas as armadilhas deverão estar instaladas em cada Unidade de Produção – UP e dispostas de maneira a representar toda a área (IN SDA/MAPA nº16-2006).

A realização das inspeções oficiais de detecção e/ou verificação nas áreas de produção de cucurbitáceas nas propriedades dos respectivos interessados, ficarão sob a responsabilidade dos produtores que aderiram ao SMR pelo período mínimo e contínuo de seis meses (IN SDA/MAPA nº16-2006). A partir daí, o OEDSV definirá como continuarão a ser realizados os monitoramentos. A área que apresentar um resultado do índice Mosca/Armadilha/Dia – MAD, com valor superior a 0,1 nas coletas semanais de monitoramento, será suspensa de maneira automática da adesão ao SMR, devendo ser repetida a coleta após a aplicação do plano de controle para a praga (IN SDA/MAPA nº16-2006).

Atualmente existem 30 municípios com SMR reconhecidos pelo MAPA, nos estados da Bahia, Goiás, São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais (Tabela 2).

Tabela 2. Municípios brasileiros com Sistema de Mitigação de Risco de Praga reconhecido para *Anastrepha grandis* de acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária

Municípios	Estado
Curaçá e Ribeira do Amparo.	Bahia
Nova Crixás, São Miguel do Araguaia, Goianésia, Luziânia, Edealina, Rio Verde, Maurilândia, Santa Helena, Carmo do Rio Verde, Itapuranga, Jaraguá e Uruana.	Goiás
Mesópolis, Urânia, Parapuã, Indiana, Presidente Bernardes e Tabarai.	São Paulo
Dom Pedrito, Bagé e Herval.	Rio Grande do Sul
Paracatu, João Pinheiro, Unaí, Uberlândia, Jaíba, Matias Cardoso e Manga.	Minas Gerais

2.6 Características Edáficas da Chapada do Apodi

A região da Chapada do Apodi caracteriza-se, dentre outras coisas, por ser um divisor de águas entre as bacias dos rios Jaguaribe e Apodi. Estando o primeiro em terras cearenses e o segundo em terras potiguares. Configura-se num extenso platô de baixa altitude, com uma formação baseada em rochas sedimentares litificadas no lado da bacia Potiguar, na porção mais oriental do Ceará, incluindo a sua divisa com o Rio Grande do Norte. A parte de cima da chapada atinge altitudes que variam de 80 e 160 metros. É considerada como forma de relevo dissimétrica ampla com uma suavização acentuada para norte-nordeste (Souza *et al.*, 1979), possuindo uma face francamente erodida mais íngreme, sob forma de um rebordo erosivo abrupto na faixa de 50 até 100 metros de desnível, rumando para sul e sudoeste, no sentido da parte cearense, conhecida com vale do Rio Jaguaribe. É justamente este rebordo erosivo que revela um acontecimento considerado moderno de um tipo de erosão regressiva, mostrando uma superfície de aplainamento anterior às rochas sedimentares sobrepostas, sendo então, do período cretácio, provavelmente, pré-Albiano (Claudino Sales; Peulvast, 2007; Peulvast *et al.*, 2008). Está delimitada a sul e a oeste, pela Depressão Sertaneja juntamente com o vale do Rio Jaguaribe, caracterizando-se por uma superfície de topos planificados e solos com uma média profundidade e de fertilidade natural elevada, originados sobre formações rochosas majoritariamente sedimentares calcárias, notadamente Cambissolos Háplicos Eutróficos, mas com presença marcante de Latossolos e Argissolos. É uma área onde se predomina a percolação e a infiltração da água no solo em comparação com o escoamento na superfície, sendo assim pouco suscetível à erosão. De maneira que a densidade de drenagem no ápice da chapada é considerada muito baixa, já que a precipitação não é alta, mesmo apresentando um alto potencial hidrogeológico (IBGE-EMBRAPA, 2001). Importantes projetos de fruticultura irrigada foram implementados com utilização de água subterrânea, em especial, em sua porção potiguar. Entretanto, do lado cearense a perenização de um trecho do rio Jaguaribe possibilita maior acesso à água para irrigação.

No caso específico da Chapada do Apodi, existem tanto solos com característica arenosa quanto argilosa. Na chapada propriamente dita, os solos calcários predominantes não diferem significativamente do que geralmente apresentam os solos deste grupo, com colorações amarelo-avermelhada (variando no matiz de 2,5YR a 5YR) com uma textura variando de argilosa até silto-argilosa e franca. No Apodi, a característica vermelha é tanto mais intensa conforme intensa é a rubificação e formação de óxidos à base de ferro. Inclusive estes solos são a nível global, amplamente distribuídos em regiões que apresentam clima

mediterrâneo, possuindo como substrato rochoso, calcário calcítico e/ou dolomítico. São solos que sempre ocorrem em locais bem drenados (Merino; Banerjee, 2008; Miko *et al.*, 1999; Yassoglou *et al.*, 1997) a exemplo da Chapada do Apodi. Os solos do Apodi apresentam resíduo insolúvel de cor marrom-avermelhado, resultante do intemperismo de rochas carbonáticas em condições de clima mediterrâneo. A resultante da coloração dos solos e dos afloramentos de rocha, além de marcos topográficos, propiciam a melhor identificação a nível de campo. Em ordem decrescente, tem-se Cambissolos, Rendzinas e Vertissolos e as combinações entre eles, compõem a paisagem geral pedológica. Os solos intermediários para Latossolos podem ser encontrados em pequenas áreas, onde provavelmente o lençol freático favoreceu melhores condições de drenagem (Ernesto Sobrinho, 1980). Em um levantamento realizado na parte cearense da chapada, promovido pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Ceará - CENTEC, foram identificadas as seguintes classes de solo: Cambissolo Háplico Tb Eutrófico Latossóloico, Latossolo Vermelho Eutrófico Câmbico e Argissolo Vermelho Eutrófico Latossólico (Alencar, 2002). Na parte potiguar da chapada foram encontrados solos resultantes do mesmo material por Mota *et al.* (2007), semelhantes às classes citadas anteriormente, sendo os mais comuns em ordem decrescente: Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico, Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Argissólico e Argissolo Vermelho Distrófico Arênico.

Os óxidos de ferro apresentam um importante papel na agregação dos solos (Schwertmann, 1988) e de acordo com Boeiro *et al.* (1992) a presença de hematita em regiões de Terra “Roxa” é devida a uma intensa intemperização do material mineral sob condições de clima tropical e subtropical. Juntamente com a goethita, os óxidos de ferro cristalino são os mais encontrados em solos derivados de calcário, como no sudoeste da Itália, por exemplo (Colombo; Torrent, 1991). Na Chapada do Apodi foram encontradas altas concentrações de goethita no material rochoso amarelado (horizonte C/R). Os altos teores de deste óxido nos solos bem drenados e no material originário, descartam a hipótese de enriquecimento de Fe_2O_3 por outras formações (Ernesto Sobrinho, 1979).

2.7 Modelagem de Nichos Ecológicos

Fatores abióticos tais como temperatura, umidade relativa (do ar e do solo) e precipitação exercem sensivelmente influência sobre o ciclo de vida das moscas-das-frutas das mais variadas espécies. Da mesma forma, estas espécies também são influenciadas pelos fatores bióticos (plantas hospedeiras e seus inimigos naturais)

(Baterman, 1972; Aluja, *et al.*, 2012).

A temperatura em si é considerada um fator que determina a distribuição de insetos no mundo (Aluja, *et al.*, 2014; Hill *et al.*, 2016), e dentre os fatores abióticos, ela é o mais relevante para a sobrevivência e para o desenvolvimento das moscas-das-frutas (Fletcher, 1989). Já existem estudos realizados com o objetivo de compreender a relação das condições climáticas e a distribuição de mosca-das-frutas, com publicações recentes de estudos referentes à relação de *A. grandis* com o clima (Bolzan *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019; Teixeira *et al.*, 2021). A modelagem baseada no desenvolvimento destes insetos em diferentes temperaturas e umidades, pode nos indicar as possibilidades de *A. grandis* conseguir sobreviver nas condições edafoclimáticas do semiárido do Nordeste brasileiro (Teixeira *et al.*, 2021) e até a possibilidade de uma dispersão para fora da América do Sul.

Estimar a capacidade de uma determinada população de uma praga se desenvolver em uma dada região, ajuda a obter certas informações que poderão ser valiosas com relação ao risco real de infestação, principalmente se nesta região há cultivos de hospedeiros da praga em questão (Soberón, 2010). Assim sendo, estratégias de manejo poderão oferecer um suporte a possíveis medidas de quarentena que venham a ser tomadas, visando erradicar o surgimento de um foco ou mesmo impedir o aparecimento de focos. No caso específico, na região do Baixo Jaguaribe e Chapada do Apodi, que são áreas consideradas livres da praga e onde existem propriedades que exportam cucurbitáceas (principalmente melão e melancia) para mercados que impõem restrições para a importação destes frutos por se tratar de hospedeiros da praga alvo (Bolzan *et al.*, 2014, 2016).

Para maximizar as ações de monitoramento e controle de prevenção da introdução de *A. grandis* na área livre dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, estudos de previsão de potencial estabelecimento da espécie são muito importantes, sobre tudo porque não existem barreiras naturais que possibilitem um isolamento geográfico e/ou ecológico que seja suficiente para impedir ou dificultar a introdução da praga alvo.

Fatores abióticos tais como temperatura, umidade relativa, tanto do ar quanto do solo, e pluviosidade, são determinantes para a distribuição de moscas-das-frutas no mundo, sendo a temperatura o fator mais importante (Aluja, *et al.*, 2014; Hill *et al.*, 2016). Alguns estudos já foram realizados para entender como os fatores climáticos afetam o desenvolvimento e a reprodução de *A. grandis* (Bolzan *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019; Teixeira *et al.*, 2021). Fatores bióticos, como plantas hospedeiras e inimigos naturais também podem influenciar a ocorrên-

cia de espécies de moscas-das-frutas (Baterman, 1972; Aluja, *et al.*, 2012).

O tipo de solo também influencia a ocorrência de *A. grandis* (Mesquita Filho *et al.*, 2021). Estes autores verificaram que solos com textura mais arenosa, que possuem menor capacidade de armazenar água durante as épocas mais secas do ano tendem a não oferecer às pupas ali depositadas, boas condições para o desenvolvimento. Enquanto que, solos com textura mais argilosa e com conseqüente capacidade de armazenar umidade no período mais seco do ano, oferecem melhores condições para as pupas sobreviverem e se desenvolverem.

Sabendo-se que a biologia de *A. grandis* é influenciada pelo clima, uma das modelagens aconselhadas é o CLIMEX (Kriticos, 2015). O CLIMEX é um sistema que faz simulações baseadas em parâmetros ecofisiológicos, dos fatores que limitam a distribuição das espécies relacionando com o clima, criando sequências de mapas, e assim possibilitando observar como a adequação muda tanto no espaço quanto no tempo (Kriticos *et al.*, 2015).

O CLIMEX supõe que ao se conhecer onde habita certa espécie, é possível deduzir quais as condições climáticas capazes de possibilitar a sobrevivência dessa espécie. Fundamentalmente, este parâmetro é à base da maioria dos modelos de distribuição de espécies existentes até o momento. O CLIMEX realiza uma simulação dos mecanismos limitantes que possibilitam as distribuições geográficas naturais das espécies, determinando sua sazonalidade ecofisiológica, além de sua abundância relativa (Kriticos, 2015). Enquanto a maioria dos modelos focam nas relações estáticas existentes entre as ocorrências de espécies em relação a algumas variáveis ambientais, CLIMEX propõe-se a descrever como seriam as respostas das espécies às variáveis climáticas em escalas temporais apropriadas, a depender do período sazonal desejado. As respostas funcionais das espécies-alvo são fundamentadas em um conjunto de teorias sustentadas por longo tempo de estudo científico sobre as respostas dadas pelas espécies às variáveis climáticas. Essa herança ecofisiológica aprofundada distingue o modelo CLIMEX dos demais, além de fornecer uma base para se realizar uma modelagem de distribuição potencial de espécies com grande exatidão mediante novas situações climáticas (Kriticos, 2015). Existe a possibilidade de o usuário efetuar estimativas da distribuição geográfica natural potencial e de flutuação sazonal de certa espécie em relação com o clima observado.

CLIMEX é direcionado a uma dada espécie, evidenciando-se valores para um certo conjunto de parâmetros, que por sua vez, descrevem sua resposta à temperatura, à umidade do solo e, à luz, etc. Índices de crescimento e estresse de uma população da praga são combinados em um Índice Ecoclimático (EI, sua sigla em inglês), para se ter uma visão generalizada de favorecimento da localidade ou da época para ocupação permanente pelas espécies-alvo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Modelagem CLIMEX

O estudo da dinâmica espaço-temporal de adequação climática da espécie *A. grandis*, utilizando o CLIMEX, consiste na simulação de limitações de dispersão geográfica da espécie, relacionando-a ao clima e desse modo, permitindo fazer estimativas da sua distribuição potencial, tendo-se por base as suas preferências climáticas (Kriticos *et al.*, 2015). Conhecendo os valores dos parâmetros biológicos, os dados de dispersão e os locais de ocorrência, pressupõem-se as respostas que a espécie dará às condições climáticas adversas por ela enfrentadas, provocando a sua delimitação geográfica (Kriticos *et al.*, 2015). Os dados referentes à ocorrência da espécie servem para validar os parâmetros dos modelos criados por meio de um procedimento iterativo, onde existem ajustes entre os parâmetros biológicos da espécie, até que o intervalo estabelecido esteja adequado à distribuição conhecida da espécie (Sutherst, 2003).

O Índice Ecoclimático, resultado da combinação do crescimento e do estresse da população da praga, possibilita uma visão generalizada do favorecimento ou desfavorecimento da localidade ou sazonalidade para ocupação permanente pelas espécies-alvo. É considerado um índice médio anual, em que o crescimento e estresse da população da praga são suas bases de sustentação. O EI oferece uma medida geral do potencial de uma dada localidade para permitir a sobrevivência da espécie, possuindo uma escala de variação de 0 a 100. Em que os valores mais próximos a zero indicam a tendência de que o local não é adequado ao estabelecimento da praga, enquanto que os valores acima de 30 representam um clima mais favorável, e à medida que estes números crescem a adaptabilidade ao ambiente é aumentada (Kriticos *et al.*, 2015).

3.2 Parâmetros de calibração no software CLIMEX

Os parâmetros biológicos utilizados no modelo de *A. grandis* foram aqueles definidos por Bolzan *et al.* (2017) e Mesquita Filho *et al.* 2021e também nas características climáticas dos locais de ocorrência da praga (Tabela 3). Os modelos construídos pelo CLIMEX foram exportados para visualização no ArcGIS, permitindo a criação de mapas temáticos que mostram a adequação climática estimada para a espécie em diferentes áreas geográficas. A

temperatura média mínima mensal (Tmin), a temperatura média mensal máxima (Tmax), a precipitação média mensal (Ptotal) e a umidade relativa às 09:00 h e às 15:00 h foram utilizadas para representar o clima histórico dos últimos 30 anos. Assim, todos os valores sofreram ajustes dependendo dos registros de localização da espécie e com a precisão da previsão do modelo gerado pelo CLIMEX.

Temperatura

Bolzan *et. al.* (2017) e Mesquita Filho *et al.* 2021, estudaram o efeito da temperatura no desenvolvimento e na sobrevivência em todos os estádios imaturos da mosca-sulamericana-cucurbitáceas, indicaram um limiar de eclosão para ovos em 8,3°C, e nenhuma emergência de adultos a 35°C. Portanto, utilizamos uma temperatura limite baixa de 8,3°C (DV0) e uma temperatura alta limite de 35°C (DV3). Temperaturas de 14 a 25 °C apresentaram maiores taxas de sobrevivência para *A. grandis*. Assim, definimos como temperatura ideal mais baixa (DV1) 14°C e temperatura ótima superior (DV2) em 25 °C. A quantidade de graus-dia necessários para *A. grandis* completar seu ciclo de vida foi definida em 858,7 °C (Bolzan *et. al.* (2017) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores dos parâmetros de *Anastrepha grandis* usados no modelo CLIMEX.

Índice	Parâmetro	Valores	Unidade	Referência
Temperatura	DV0 = limiar inferior	8,3	°C	Mesquita
	DV1 = temperatura ideal mais baixa	14	°C	Filho <i>et al.</i>
	DV2 = temperatura ótima superior	25	°C	2021
	DV3 = limiar superior	35	°C	Bolzan <i>et al.</i>
Umidade	SM0 = limiar umidade do solo mais baixo	0,25	a	2017
	SM1 = menor umidade ideal do solo	0,80	a	
	SM2 = umidade ótima do solo superior	1,50	a	
	SM3 = limiar superior de umidade do solo	2,50	a	
Estresse – Frio	TTCS = limiar de temperatura	0	°C	
	THCS = taxa de acumulação de estresse	0	Semana ⁻¹	
	DTCS = limiar de graus-dia	11	°C dias	
	DHCS = taxa de acumulação de estresse	-0,0001	Semana ⁻¹	
Estresse - Calor	TTHS = limiar de temperatura	31	°C	
	THHS = taxa de acumulação de estresse	0,005	Semana ⁻¹	
Estresse - Seca	SMDS = limiar de umidade do solo	0,25		
	HDS = taxa de acumulação de estresse	-0,01	Semana ⁻¹	
Estresse - Umidade	SMWS = limiar de umidade do solo	2,5	a	
	HWS = taxa de acumulação de estresse	0,002	Semana ⁻¹	
	PDD = graus dias por geração	858,7	°C dias	
Irrigação	280 mm mês ⁻¹	9,3	mm dia ⁻¹	

Umidade

Para o índice de umidade do solo, foi utilizado 0,01 como um limite de umidade do solo mais baixo (SM0), sendo 0,8 e 1,20, respectivamente, para menor umidade ideal do solo (SM1) e umidade ótima do solo superior (SM2). Já para o limiar superior de umidade do solo (SM3), foi utilizado 2,8. Todos os dados utilizados basearam-se nas pesquisas de Bolzan *et al.* (2017) e Mesquita Filho *et al.* 2021, além de relatos de Silva e Malavasi (1996), e ainda alguns ajustes que objetivaram um melhor resultado de cada modelo, conforme os registros de ocorrência de *A. grandis* (Tabela 3).

Estresse

Estresse pelo frio

Para o limiar de estresse provocado pelo frio (TTCS), foi utilizado 0°C, pois nas regiões de clima temperado se observaram temperaturas próximas a este patamar e com infestação da praga (Bolzan *et al.* 2017; Somar Meteorologia). A taxa de acumulação de estresse (THCS) é de zero semanas, com o limiar de graus-dia (DTCS) igual 11. Já para graus-dia de estresse pelo frio (DHCS), foi usado -0,0001 semana⁻¹ (Tabela 3). Os valores usados também foram baseados em dados encontrados por Bolzan *et al.* (2017) e Mesquita

Filho *et al.* 2021, que apresentaram similaridades com a dispesão de *A. grandis* (Tabela 1), além de relatos de Silva e Malavasi (1996), servirem como base inicial para o estabelecimento dos parâmetros.

Estresse pelo calor

Para o limiar de estresse provocado pelo calor foi baseada que nenhuma emergência de adultos foi encontrada em temperaturas de 35°C (Bolzan *et. al.* 2017). Então, o parâmetro de estresse por calor, limiar de temperatura (TTHS) ficou definido nesta mesma temperatura, com uma taxa de acúmulo (THHS) ficando estabelecida em 0,0001 semana⁻¹ (Tabela 3). Os valores usados também foram baseados em dados encontrados por Bolzan *et. al.* (2017 e Mesquita Filho *et al.* 2021, que apresentaram similaridades com a dispesão de *A. grandis*.

Estresse seco

Para o limite de estresse provocado pela seca, foram observadas que as ocorrências de *A. grandis* predominantemente estão em regiões tropicais e subtropicais, onde se encontra clima quente e úmido. Para o nível do limiar de umidade do solo (SMDS), foi definido em 0,25 e para a taxa de acumulação de estresse (HDS), definiu-se em -0,01 semana⁻¹ (Tabela 3). Os valores usados também foram baseados em dados encontrados por Bolzan *et. al.* (2017 e Mesquita Filho *et al.* 2021, que apresentaram similaridades com a dispesão de *A. grandis*.

Estresse úmido

Para o limite de estresse provocado pela umidade, também foram observadas que as ocorrências de *A. grandis* predominantemente estão em regiões tropicais e subtropicais, porém quando a umidade é excessiva nessas regiões, torna-se um fator limitante. O estresse por umidade pode afetar negativamente o desenvolvimento dos insetos, prejudicando o desenvolvimento de pupas e emergência de adultos (Amaral *et al.*, 2021). Para o estresse úmido, o limiar de umidade do solo (SMWS) foi estabelecido em 2,5 e a taxa de acumulação de estresse (HWS) em 0,002 semana⁻¹ (Tabela 3). Assim como os valores anteriores usados, também foram baseados em dados encontrados por Bolzan *et. al.* (2017 e Mesquita Filho *et al.* 2021, que apresentaram similaridades com a dispesão de *A. grandis*.

3.3 Validação dos modelos

Os dados climáticos dos locais de ocorrência de *A. grandis* foram comparados com as características da Chapada do Apodi e seu entorno, adicionando-se os dados produzidos pelo CLIMEX e o resultado foi a adequabilidade que a praga alvo tem ao clima da região. Foram testados cenários com atividade de sequeiro e com uso da irrigação de 280 mm por mês (9,3 mm/dia). Esses valores de irrigação são os habitualmente usados por produtores de melão na Chapada do Apodi.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 7A e 7B mostram as áreas muito adequadas, adequadas e inadequadas para *A. grandis*, em condições de sequeiro e irrigadas, respectivamente. O modelo indica que as áreas de maior adequabilidade a *A. grandis* estão em regiões de clima tropical e temperado e não tem potencial para se estabelecer em regiões áridas e glaciais. A praga tem potencial para se expandir para áreas sem ocorrência na América do Sul (ex. Chile e Uruguai), para a América Central e Caribe, uma área central do México e Leste e Oeste dos Estados Unidos, Sul do Canadá e também para outros continentes: Europa, África, Ásia e Oceania (Figura 7A). Em condições irrigadas, as áreas de adequabilidade se expandem e as áreas com adequabilidade passam para muito adequadas, aumentando assim, as chances de estabelecimento da praga (Figura 7B).

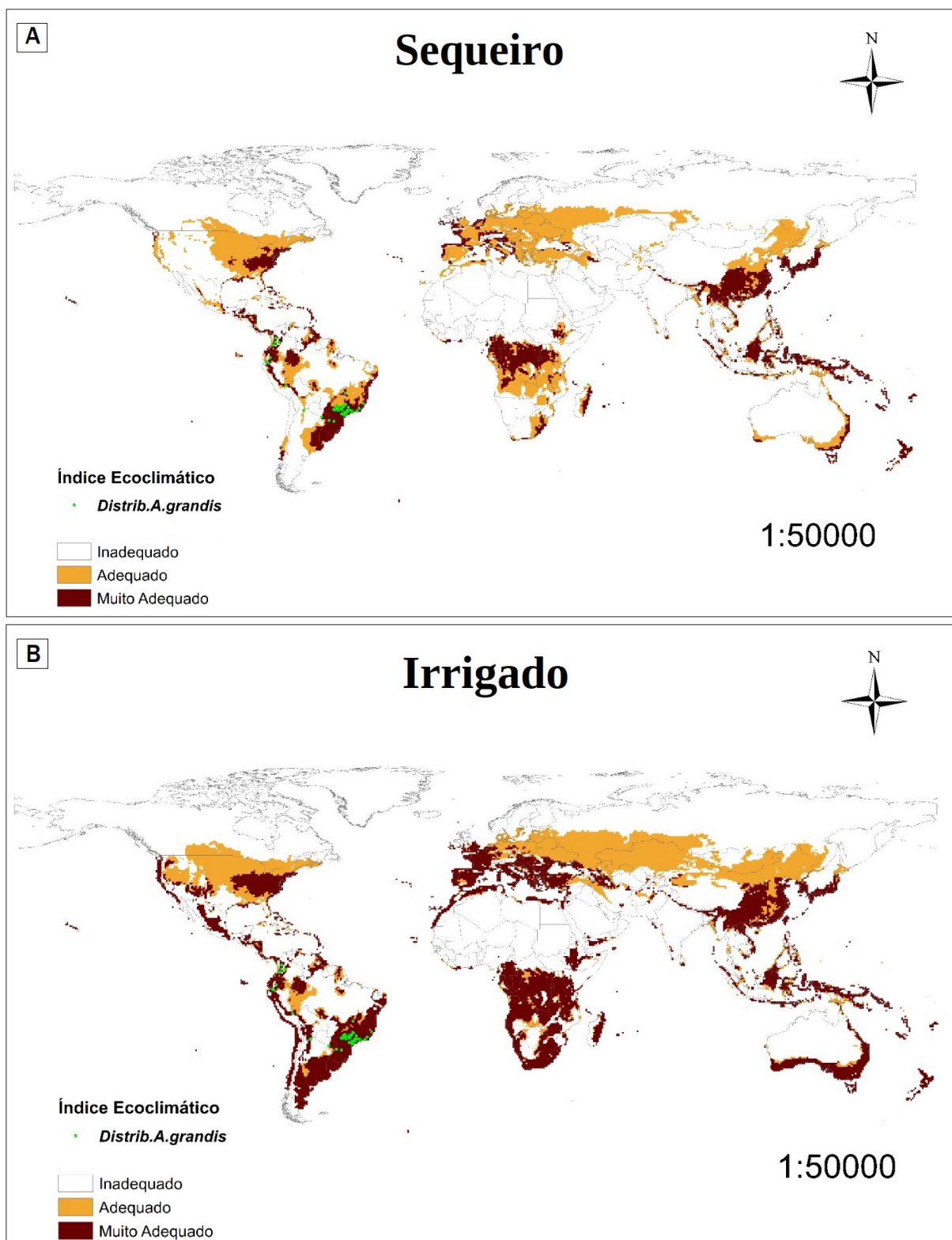


Figura 7. Pontos de presença (em verde) de *Anastrepha grandis* e sua potencial distribuição usando o modelo Climex, sem uso de irrigação (A) e com irrigação de 9,3 mm/dia (B). As áreas em branco (EI = 0), laranja ($0 < EI < 30$) e marrom ($30 < EI < 100$) indicam áreas climáticas inadequadas, adequadas e muito adequadas para a espécie.

Vale salientar que em um cenário de sequeiro, o resultado apresentado pelo CLIMEX foi similar ao encontrado por Teixeira *et al.*, (2021) utilizando o algoritmo Maxent, também com relação à distribuição potencial de *A. grandis* a nível global. Diferindo deste sobretudo no tocante ao Hemisfério Norte, pois se observou uma adequabilidade menor deste em relação a aquele nesta banda da superfície global. Provavelmente o Maxent levou mais em conta a maior amplitude térmica existente acima da Linha do Equador quando comparada ao Hemisfério Sul. Segundo Novais (2017), os oceanos amenizam a amplitude térmica da atmosfera quando comparados com os continentes. O Hemisfério Norte, devido uma maior extensão territorial, provoca uma amplitude térmica maior quando comparado ao seu homólogo do Sul, que com a predominância dos oceanos, apresenta amplitude térmica menor.

No Brasil, mesmo em condições de sequeiro, *A. grandis* tem potencial para se expandir para todas as regiões, como os estados do Sul, no Nordeste da Bahia até o Ceará e costa do Maranhão, no Centro-Oeste, para o Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás e no Norte para o sul de Rondônia, Acre, Oeste do Amazonas, Norte de Roraima, região central do Pará e Norte do Amapá (Figura 8A). Em condições irrigadas, a maior parte das áreas antes classificadas como “adequadas” com adequabilidade passam para o status de “muito adequadas” (Figura 8B).

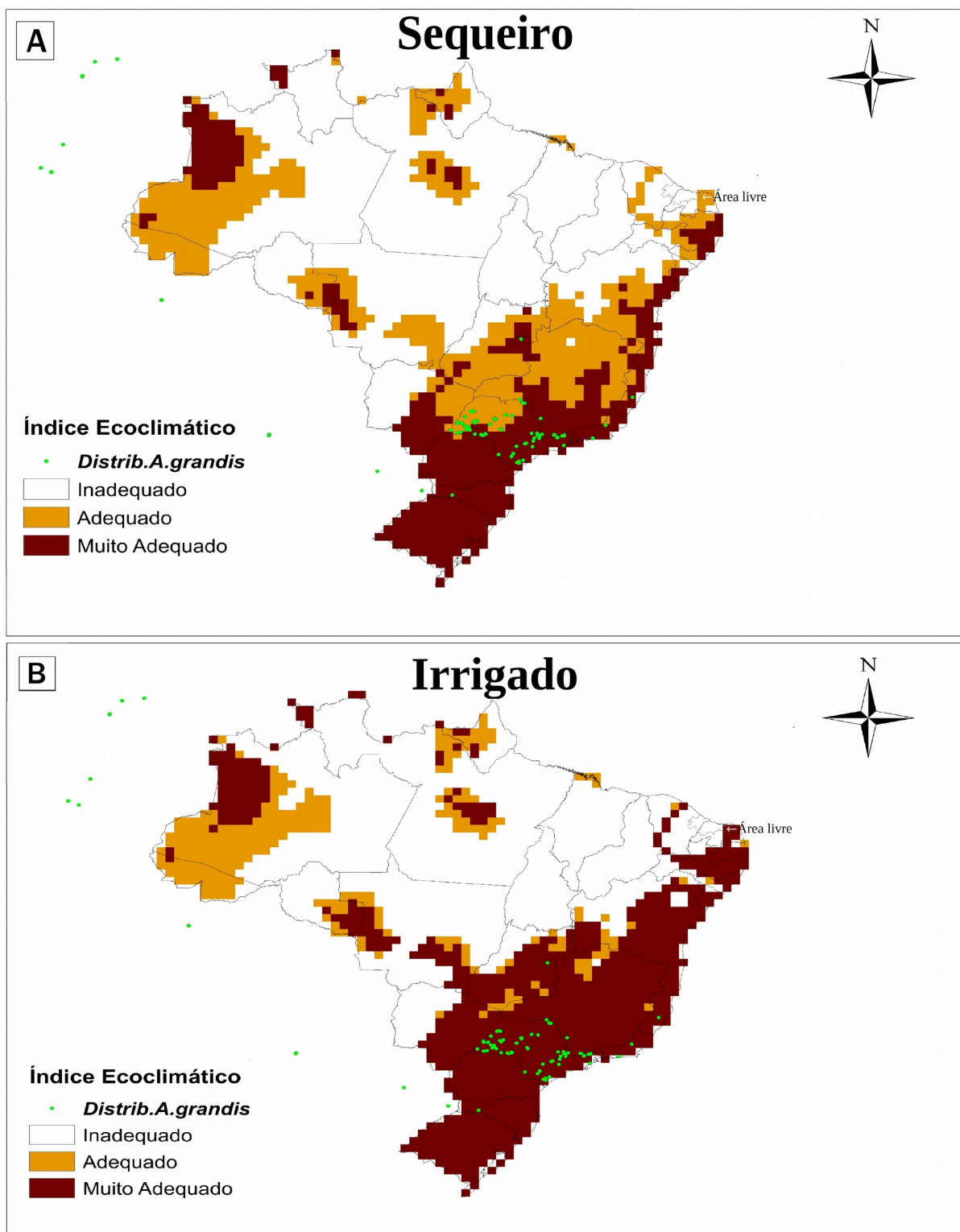


Figura 8. Pontos de presença de *Anastrepha grandis* e sua potencial distribuição no Brasil usando o modelo Climex, sem uso de irrigação (A) e com irrigação de 9,3 mm/dia (B). As áreas em branco (EI = 0), laranja ($0 < EI < 30$) e marrom ($30 < EI < 100$) indicam áreas climáticas inadequadas, adequadas e muito adequadas para a espécie. Área circundada: região do Jaguaribe-Apodi.

Na região da área livre, os municípios de Pedro Avelino, Jandaíra e a parte Leste de Macau (RN) apresentaram adequabilidade para *A. grandis* (Figura 9A), passando para alta em condições irrigadas adicionadas ao modelo (Figura 9B). Os projetos de irrigação e a expansão das áreas de cultivo de cucurbitáceas têm mudado as características microclimáticas da região da área livre, pois os solos antes, extremamente secos nos períodos sem chuva, passaram a ficar úmidos em quase todo o ano. Isso, além do cultivo de hospedeiros também favorece o potencial estabelecimento de *A. grandis*, e por isso, parte da área livre está com alto risco para a introdução da praga, conforme demonstrado na Figura 9B.

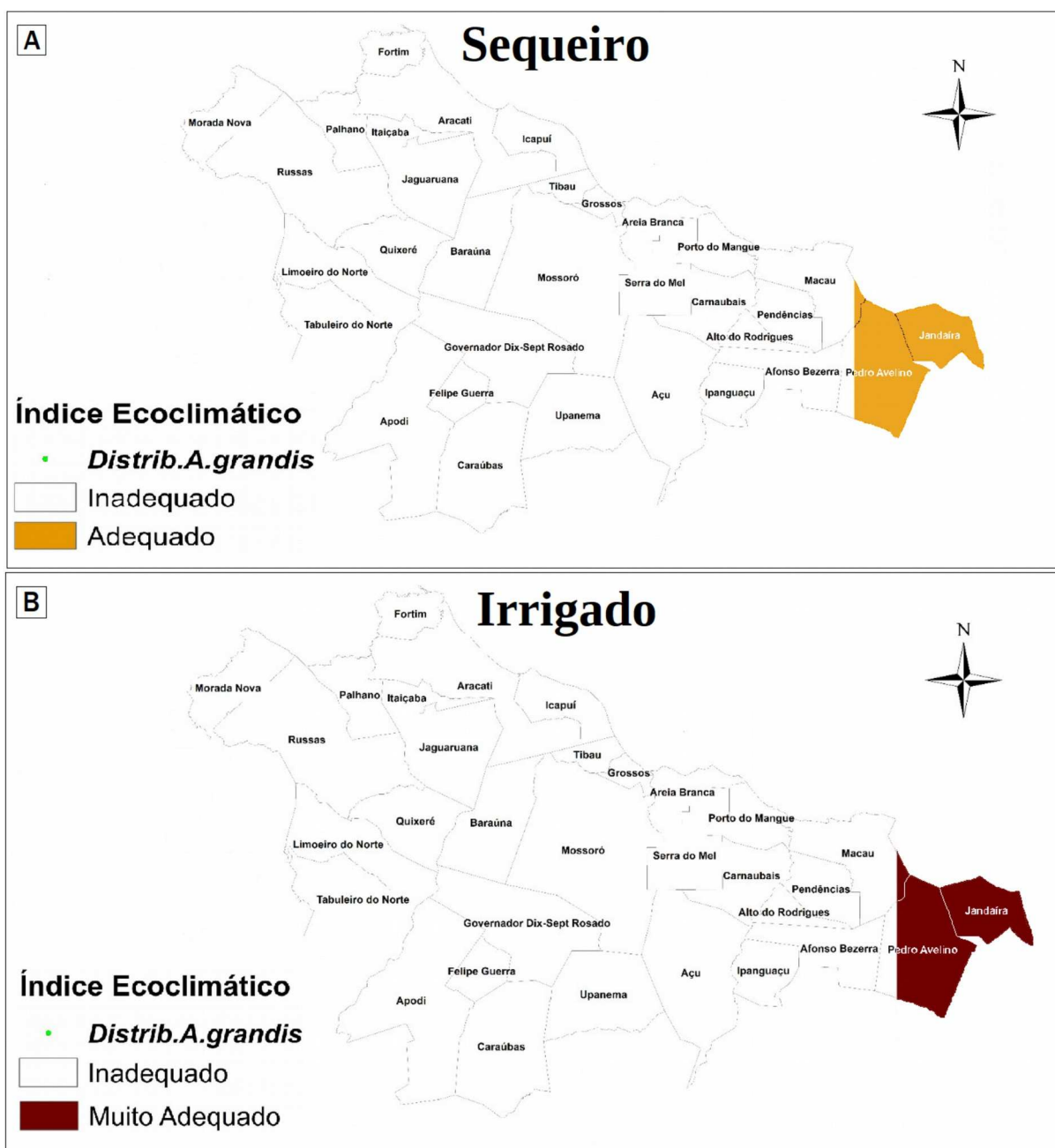


Figura 9. Potencial distribuição de *Anastrepha grandis* na área livre da praga usando o modelo Climex, sem uso de irrigação (A) e com irrigação de 9,3 mm/dia (B). As áreas em

branco ($EI = 0$), laranja ($0 < EI < 30$) e marrom ($30 < EI < 100$) indicam áreas climáticas inadequadas, adequadas e muito adequadas para a espécie. Área circundada: região do Jaguaribe-Apodi.

Também deve ser destacado que o risco atual está concentrado na parte potiguar (a leste) da área livre, que está localizado em municípios que recentemente ingressaram a área livre (Portaria SDA/MAPA nº305, de 12 de maio de 2021) em virtude da maior expansão ocorrida naquele estado. Embora na parte cearense tenha havido também um incremento do perímetro sob certificação fitossanitária, esse aumento não chegou a áreas cujo clima pudesse indicar alguma adequabilidade. O trabalho de Teixeira *et al.*, (2021), utilizando o algoritmo Maxent, embora tenha revelado um mapa global de adequabilidade, não pormenorizou ao nível de municípios para se fazer um comparativo com o presente trabalho quando se deseja focar unicamente na área livre.

A condição de ALP-MF é passível de renovação, desde que atendidas às exigências fitossanitárias, dentre estas está o índice Mosca/Armadilha/Dia, ou simplesmente MAD, que necessariamente tem que ser igual a zero (IN SDA/MAPA nº 13/2006). Isto significa que a captura de um único exemplar da espécie durante o monitoramento causará a suspensão do *status* atual. Desde 2003 a ALP-MF teve um avanço significativo, sobretudo em virtude de novos produtores na busca de mercados internacionais, além dos produtores já existentes que estão em franca expansão das áreas já certificadas para exportação (Sixcomex, 2023). Os municípios que estão na faixa de maior risco para estabelecimento de *A. grandis* são justamente aqueles que passaram a fazer parte da ALP-MF mais recentemente.

Originalmente a ALP-MF estava totalmente inserida na região do Apodi, entretanto, com as expansões da fronteira irrigada (principalmente no RN), existem cultivos de cucurbitáceas na área livre se expandiu para outras regiões. Um exemplo disso são os cultivos certificados para o mercado chinês (Sixcomex, 2023) que chegaram às imediações do município de Jucurutu, já pertencente à região do Seridó no Rio Grande do Norte (Somar Meteorologia, 2023). Esta expansão está diretamente ligada ao incremento das exportações que vem acontecendo ao longo do tempo e devido às condições edafoclimáticas semelhantes que permitem a adoção da mesma tecnologia de produção.

A temperatura e a umidade relativa do ar e do solo são os principais fatores limitantes para *A. grandis* (Bolzan *et al.* 2017). A faixa ideal de temperatura para *A. grandis* é de 25 °C (Bolzan *et al.*, 2017) e não se desenvolve bem em temperaturas acima de 29 °C (Mesquita Filho *et al.*, 2021). A mosca também prefere regiões com umidade relativa entre 70 a 76% e

de maior pluviosidade (Mesquita Filho *et al.*, 2021). Isso explica a não adequabilidade da maior parte da região da área livre dos estados do CE e RN, especialmente na região da Chapada do Apodi que tem temperatura média anual de 27,8 °C e pluviosidade média anual de 555 mm (Inmet, 2023).

A adequabilidade em Pedro Avelino, Jandaíra e a parte Leste de Macau (RN) a *A. grandis* deve estar relacionado ao fato que esses municípios estão na região do Mato Grande, em pleno Agreste potiguar (Angelim *et al.* 2006). Sendo classificado como área de transição entre o clima semiárido e o clima tropical úmido (Silva *et al.*, 2011). Essa região apresenta uma influência do oceano atlântico e por isso tem menor amplitude térmica (Novais, 2017), fato que favorece o ciclo de vida de *A. grandis* (Bolzan *et. al.* 2017 e Mesquita Filho *et al.* 2021). Para efeito de comparação, o município de Mossoró, que se encontra no entorno da Chapada do Apodi, apresenta clima tipo BswH de acordo com a classificação de Köppen está no semiárido quente (Carmo Filho e Oliveira, 1995). Isso indica que ações de defesa fitossanitária precisam ser intensificadas nessa região, na tentativa de impedir a entrada de frutos de cucurbitáceas vindos de regiões com ocorrência de *A. grandis* e para tal deve se fazer intensificação do monitoramento.

5 CONCLUSÕES

Em nível mundial o modelo CLIMEX indica que *A. grandis* tem potencial para expandir sua distribuição geográfica para regiões de não ocorrência na América do Sul (ex. Chile e Uruguai), América Central e Caribe, México, Estados Unidos, sul do Canadá e também para outros continentes como Europa, África, Ásia e Oceania.

Em todas as regiões do globo, quando a irrigação é considerada, grande parte das áreas com adequabilidade passa para muito alta adequabilidade.

Em nível nacional, *A. grandis* tem potencial para se expandir para todas as regiões como Rio Grande do Sul, no Nordeste da Bahia até o Ceará e costa do Maranhão, no Centro-Oeste, para o Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás e no Norte, para o Sul de Rondônia, Acre, oeste do Amazonas, Norte de Roraima, região central do Pará e norte do Amapá

Na região da área livre, os municípios de Pedro Avelino, Jandaíra e a parte leste de Macau (RN) apresentaram adequabilidade a *A. grandis*, e quando a irrigação é adicionada ao modelo, mudam o status para alta adequabilidade.

A região da chapada do Apodi não tem condições climáticas ao estabelecimento de *A. grandis*.

REFERÊNCIAS

- Aluja, M., Birke, A., Ceyman, M., Guillén, L., Arrigoni, E., Baugartner, D., Pascacio-Villafan, C., Samietz, J. R. Agroecosystem resilience to an invasive insect species that could expand its 963 geographical range in response to global climate change. **Agric Ecosyst Environ**, v. 186, p. 54-63, 2014.
- Aluja, M., Orlando, M., Guillén, L., Rull, L. Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for area-wide management. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 823-836, 2012.
- Amaral, E. J. F. do *et al.* Effect of soil class and moisture on the depth of pupation and pupal viability of *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (1994). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 65, n. 1, 2021.
- Angelim, L. A. A.; Medeiros, V. C.; Nesi, J. R. **Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte** – Escala 1:500.000. Mapa e texto explicativo. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, p. 119, 2006.
- Bateman, M. A. The ecology of fruit flies. **Annual Review Entomology**, v. 17, p. 493-518, 1972.
- Betard, F.; Peulvast, J. P.; Sales, V. Claudino. Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semi-árido do Nordeste brasileiro: o caso do maciço de Baturité-CE. **Mercator**, Fortaleza. v. 6, n. 12, p. 107-126. jul./dez. 2007.
- Bolzan, A.; Nava, D. E.; Garcia, F. R. M.; Valgas, R. A.; Smaniotto, G. Biology of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in Different Cucurbits , **Journal of Economic Entomology**, v. 108, Issue 3, p. 1034–1039, June. 2015. <https://doi.org/10.1093/jee/tov056>.
- Bolzan, A.; Nava, D. E.; Smaniotto, G.; Valgas, R. A.; Garcia, F. R. M.; Development of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) under constant temperatures and field validation of a laboratory model for temperature requirements. **Crop Protection**, v. 100, p. 38–44, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.217.06.001>.
- Bolzan, A.; Smaniotto, G.; Garcia, F. R. M.; Nava, D. E.; **Risco mitigado. Cultivar Hortaliças e Frutas**, p. 17-19, jun./jul. 2014.
- Borges, R. M. E., Lima, M. A. C. de; Dias, R. de C. S., Resende, G. M. Caracterização e avaliação morfo-agronômica em abóboras visando a identificação de genótipos com alto teor

de carotenóides totais e resistentes à mosca branca para cultivo no semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido**, p. 15, 2007.

CIN (Centro Internacional de Negócios do Ceará) e FIEC (Federação das Indústrias do Ceará). Ceará em Comex. Disponível em: https://arquivos.sfiec.org.br/cin/files/files/CearaemComex_Novembro_2022.pdf. Acesso em 01/08/2023.

Duarte, M. L. R. Doenças de plantas no Trópico Úmido brasileiro. II. Fruteiras nativas e exóticas. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, Distrito Federal, p. 305, 2003.

Epstein, E.; Bloom, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípio e aplicações**, 2. ed. Londrina: Editora Planta, p. 402, 2006.

FAO. **Determination of pest status in an area**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 8, 1998.

FAO. **Establishment of pest free areas for fruit flies (Tephritidae)**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 26, 2015.

FAO. **Glossary of phytosanitary terms**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 5, 2021.

FAO. **Guidelines for pest eradication programmes**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 9, 1998.

FAO. **Guidelines for surveillance**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 6, 2018.

FAO. **The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 14, 2002.

FAO. **Requirements for the establishment of pest free areas**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 4, 1995.

FAO. **Requirements for the establishment of pest free places of production and pest free production sites**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome: ISPM Publ. n. 10, 1999.

FAOSTAT - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2018. Food and agriculture data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 13/07/2021.

Fletcher, B. S. Life history strategies of tephritid fruit flies, 1989.

Hora, R. C.; Camargo, J. and Buzarini, A. C. Cucurbitáceas e outras. In: Brandão Filho, J. U. T.; Freitas, P. S. L.; Berian, L. O. S. and Goto, R. comps. *Hortaliças-fruto* [online]. Maringá: EDUEM, 2018. p. 71-111. ISBN: 978-65-86383-01-0.
<https://doi.org/10.7476/9786586383010.0005>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e EMBRAPA SOLOS. **Mapa de Solos do Brasil**, Rio de Janeiro, 2001. 1 mapa color., 107 cm x 100 cm. Escala 1:5.000.000.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção Agrícola - Lavoura Temporária / Ceará**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/14/10193?tipo=grafico>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção Agrícola - Lavoura Temporária / Rio Grande do Norte**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pesquisa/14/10193?tipo=grafico>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

IPPC. **International Plant Protection Convention, 1997 - (New Revised Text Publication)**. Secretariat of the International Plant Protection Convention of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome. p. 9. 2011.

Köppen, W. Das geographische System de Klimate. **Handbuch der klimatologie**, 1936.

Macquart, P. J. M. **Diptères exotiques nouveaux ou peu connus**, Tome 3, Suppt. 1-5, p. 212-256, 1846.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 4, de 18 de março de 2013. Reconhecer o Sistema de Mitigação de Risco da Praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas nos municípios de ... D.O.U., Brasília, DF,

20/03/2013. Ed. nº 54. Seção 1. p. 2.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 9, de 1º de abril de 2014. Reconhece o sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas no município de ... D.O.U., Brasília, DF, 04/04/2014. Ed. nº 63. Seção 1. p. 6.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 13, de 31 de março de 2006. Estabelece, para fins de Certificação Fitossanitária com Declaração Adicional, a condição para Área Livre de Praga, como opção reconhecida de manejo de risco para a praga *Anastrepha grandis* Macquart, em ... D.O.U., Brasília, DF, 13/04/2006. Ed nº 72. Seção 1. p. 18.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 16, de 05 de março de 2006. Estabelece, para fins de Certificação Fitossanitária com Declaração Adicional, a condição para Sistema de Mitigação de Risco, como opção reconhecida de manejo de risco para a praga *Anastrepha grandis* Macquart. D.O.U., Brasília, DF, 12/04/2006. Ed. nº 71. Seção 1. p. 2.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 22, de 05 de março de 2006. Integra os municípios de Rio Verde, Maurilândia e Santa Helena, do Estado de Goiás, ao sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em ... D.O.U., Brasília, DF, 18/07/2008. Ed. nº 137. Seção 1. p. 7.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 22, de 19 de junho de 2017. Reconhece o sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas no município de ... D.O.U., Brasília, DF, 23/06/2017. Ed. nº 119. Seção 1. p. 5.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 23, de 18 de outubro de 2012. Reconhece o sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas no município de ... D.O.U., Brasília, DF, 19/10/2012. Ed. nº 203. Seção 1. p. 6.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 29, de 08 de agosto de 2007. Reconhecer o Sistema de Mitigação de Risco da Praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas, implantado na área que compreende os Municípios de ... D.O.U., Brasília, DF, 09/08/2007. Ed. nº 153. Seção 1. p. 26.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 32, de 15 de agosto de 2017. Reconhece o sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas no município de ... D.O.U., Brasília, DF, 23/08/2017. Ed. nº 162. Seção 1. p. 20.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 32, de 30 de outubro de 2008. Incluir o município de Regente Feijó, no Estado de São Paulo, no Sistema de Mitigação de Risco da Praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas. D.O.U., Brasília, DF, 31/10/2008. Ed. nº 212. Seção 1. p. 9.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 35, de 21 de novembro de 2008. Reconhece o sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas nos municípios de ... D.O.U., Brasília, DF, 24/11/2017. Ed. nº 228. Seção 1. p. 7.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 37, de 22 de outubro de 2007. Integrar o município de Tarabai, no Estado de São Paulo, no sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas, ... D.O.U., Brasília, DF, 23/10/2007. Ed. nº 204. Seção 1. p. 5.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 41, de 07 de agosto de 2006. Reconhecer o Sistema de Mitigação de Risco da Praga *Anastrepha grandis* Macquart implantado na área que compreende os Municípios de ... D.O.U., Brasília, DF, 10/08/2006. Ed. nº 153. Seção 1. p. 3.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 42, de 09 de agosto de 2006. Reconhecer o Sistema de Mitigação de Risco da Praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas, implantado na área que compreende os Municípios de ... D.O.U., Brasília, DF, 10/08/2006. Ed. nº 153. Seção 1. p. 3.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 89, de 23 de dezembro de 2004. Reconhece como área livre da praga *Anastrepha grandis* Macquart a área que compreende os municípios de ... D.O.U., Brasília, DF, 23/12/2004. Ed. nº 246. Seção 1. p. 19.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Instrução Normativa SDA-MAPA nº 95, de 18 de setembro de 2020. Reconhece o sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas no município de Luziânia, do Estado de Goiás. D.O.U., Brasília, DF, 22/09/2020. Ed. nº 182. Seção 1. p. 6.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Portaria nº 150, de 1º de dezembro de 2003. Reconhece como Área Livre da Praga *Anastrepha grandis* Macquart a área que compreende os Municípios de Aracati, Itaiçaba, Jaguaruana, Icapuí, Russas, Quixeré e Limoeiro do Norte, ... D.O.U., Brasília, DF, 02/12/2003. Ed. nº 234. Seção 1. p. 20.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Portaria nº 277, de 23 de abril de 2021.

Revalida a condição de Área Livre da Praga *Anastrepha grandis* Macquart e amplia área que compreende os municípios do Rio Grande do Norte. D.O.U., Brasília, DF, 27/04/2021. Ed. n° 77. Seção 1. p. 5.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Portaria n° 305, de 12 de maio de 2021. Revalida a condição de Área Livre da Praga *Anastrepha grandis* Macquart e amplia área que compreende os municípios do Ceará e do Rio Grande do Norte. D.O.U., Brasília, DF, 17/05/2021. Ed. 91. Seção 1. p. 15.

MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Portaria n° 318, de 21 de maio de 2021. Reconhece o sistema de mitigação de risco da praga *Anastrepha grandis* Macquart em cultivos de cucurbitáceas no município de Nova Crixás, do Estado de Goiás. D.O.U., Brasília, DF, 25/05/2021. Ed. n° 97. Seção 1. p. 18.

Martins, D. S. Diversidade, distribuição geográfica e hospedeiros de moscas-das frutas (Diptera: Tephritidae) no Estado do Espírito Santo, Brasil, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, p. 136. 2011.

Mesquita Filho, W.; Souza-Filho, M. F.; Raga, A.; Oliveira, A. S.; Almeida, A. M.; Garcia, M. J. D. M.; Azevedo-Filho, J. A.; Pereira, M. F. A.; Montes, S. M. N. M.; Michelotto, M. D.; Garcia, A. G.; Godoy, W. A. C. and Zucchi, R. A. Climatic and Edaphic Characteristics Constrain the Distribution of the Quarantine Pest *Anastrepha Grandis*, **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 169. n. 7, p. 586-596, 2021.

NAPPO: North American Plant Protection Organization. **Phytosanitary Alert System. Outbreak of *Anastrepha grandis* (South American cucurbit fruit fly) in Panamá**, 2009. Disponível em: (<http://www.pestalert.org/viewNewsAlert.cfm?naid=76>). Acesso em: 09/09/2017.

Norrbom, A. L. A espécie de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) com padrão de asa do tipo *grandis*, **Anais da Sociedade Entomológica de Washington**, v. 93, n. 1, p. 101-124, 1991.

Norrbom, A. L. Host plant database for *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Diptera: Tephritidae: *Toxotrypani*), Diptera Data Dissemination Disk 2. USDA-APHIS, Washington, DC. 2000. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=108854>. Acesso em: 16/10/2023.

Norrbom, A. L., Korytkowski, C. A., Zucchi, R. A., Uramoto, K., Venable, G. L., McCormick, J., and Dallwitz, M. J. 2012 onwards. ***Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys**, Version: 9th April 2019. Disponível em: delta-intkey.com. Acesso em 16/10/2023.

NOVAIS, G. T. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física, Recife**, v. 10, n. 5, p. 1614-1623, 2017.

Nunes, E. D., Lima, M. A. C. de, Rossatti, S. R., Trindade, D. C. G. de, e Borges, R. M. E. **Avaliação do Teor de Carotenóides Totais em Acessos de Abóboras Procedentes de Estados da Região Nordeste**, IV Reunião de Biofortificação, Teresina-PI, 2011.
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/904896/1/Dora12011.pdf#:~:text=Valores%20m%C3%A9dios%20do%20teor%20de%20caroten%C3%B3ides%20totais%20presentes,Ativo%20de%20Germoplasma%20de%20Cucurbit%C3%A1ceas%20da%20Embrapa%20Semi%C3%A1rido.>

Pedro, T. O. Catálogo das Espécies de *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) da Coleção Entomológica da Universidade de Brasília, Trabalho de conclusão de curso, Universidade de Brasília, DF, Brasil, p. 5. 2018.

Peel, M. C.; Finlayson, B. L. and McMahon, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, 5nd ed., p. 1633–1644, 2007. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>. Acesso em 23/10/2023.

Peuvast, J. P.; Claudino-Sales, V.; Betard, F.; Gunnell, Y. Low Cenomanian denudation depths across the Brazilian northeast: implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin, **Global and Planetary Change**, Amsterdam. v. 62, n. 1-2, p. 39–60, 2008.

Pinheiro, P. L.; Freitas, H. B. De; Chaves, F. A.; Maia, E. C. M. **Operação do açude Castanhão para perenização do rio Jaguaribe**, Ceará, Brasil, p. 1-7, 2003.

Pirovani, V. D.; Martins, D. S.; Souza, S. A. S.; Uramoto, K.; Ferreira, P. S. F. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), seus parasitoides e hospedeiros em Viçosa, Zona da Mata Mineira, Arquivos do Instituto Biológico, v. 77. n. 4. p. 727–733, 2010.
[https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p7272010.](https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p7272010)

Rodrigues, M. C. C.; Silva, R. de K. G. da; e Prins, C. L. **Manejo Correto na Produção de Cucurbitáceas**, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2020. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/manejo-correto-na-producao-de-cucurbitaceas>. Acesso em 13 Setembro 2021.

Rozene, D. E.; Darezo, R. J.; Aguiar, R. L.; **Manga – Produção Integrada, Industrialização e Comercialização**, Viçosa: UFV, p. 4-8. 2004.

Savaris, M.; Souza-Filho, M. F.; Cerignoni, J. A.; Mesquita Filho, W.; Zucchi, R. A. New

record of a natural host of *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846) (Diptera, Tephritidae) in Brazil. **Check List**, v. 17, n. 2, p. 713-718, 2021. <https://doi.org/10.15560/17.2.713>

Selivon, D.; Perondini, A. L. P.; Morgante, J. S.; A Genetic–Morphological Characterization of Two Cryptic Species of the *Anastrepha fraterculus* Complex (Diptera: Tephritidae), **Annals of the Entomological Society of America**, v. 98, Issue 3, p. 367–381, 1 May 2005. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2005\)098\[0367:AGCOTC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2005)098[0367:AGCOTC]2.0.CO;2)

Somar Meteorologia: Previsão do tempo e clima. Meteorologia no Tempo Agora. Disponível em: <https://tempoagora.uol.com.br>. Acesso em 16/10/2023.

Siscomex (Sistema de Comércio Exterior). Disponível em: <https://www.gov.br/siscomex/pt-br/informacoes/demais-noticias-de-comercio-exterior/agricultura/brasil-exporta-primeira-carga-de-melao-para-china-apos-acordo-bilateral>. Acesso em 01/08/2023.

Silva, M. A.; Bezerra-Silva, G. C. D.; Vilanova, E. S.; Cunha, M. G.; Santos, M. G. S. Establishment Probability of *Anastrepha grandis* and *Zeugodacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) in Brazilian Semiarid Based on Thermal Requirements. **Neotropical Entomology**, v. 48, p. 853-862, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00701-9>.

Soberón, J. Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 159-167, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06074.x>.

Souza, M. J. N.; Lima, F. A. M.; Paiva, J. B. Compartimentação topográfica do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 9, n. 1-2, p. 77-86, 1979.

Sutherst, Robert W. Guest Editorial: Prediction of Species Geographical Ranges. **Journal of Biogeography**, v. 30, n. 6, p. 805-816, 2003.

Teixeira, C. M.; Krüger, A. P.; Nava, D. E.; Garcia, F. R. M. Potential global distribution of the south American cucurbit fruit fly *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae), **Crop Protection**, v. 145, n. 105647, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105647>.

Topografic-map.com. **Mapa topográfico Apodi**. Disponível em: pt-br.topographic-map.com/map-w8s57/Apodi/?center=-5.60505%2C-38.68286&zoom=9 Acesso em 01/03/2023.

Uchoa, M. A.; Oliveira, I.; Molina, R. M. S.; Zucchi, R. A.; Species diversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritoidea) from hosts in the Cerrado of the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 515–524, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1519-66X2002000400002>.

Veloso, V. R. S.; Pereira, A. F.; Rabelo, L. R. S.; Caixeta, C. V. D.; Ferreira, G. A. Moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) no Estado de Goiás: ocorrência e distribuição. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 357–367, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-0632012000300015>.

Zucchi, R. A. Espécies de *Anastrepha*, sinónímias, plantas hospedeiras e parasitoides. In: Malavasi, R. A. **Moscas-das-frutas de importância no Brasil** – Conhecimento básico e aplicação, Ribeirão Preto: Hollos, p. 327, 2000.