

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Tese

Adequabilidade ambiental de *Anastrepha grandis* e efeito das mudanças climáticas no número de gerações no Brasil

Heitor Lisbôa

Pelotas, 2018

HEITOR LISBÔA

Adequabilidade ambiental de *Anastrepha grandis* e efeito das mudanças climáticas no número de gerações no Brasil

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade (área do conhecimento: Entomologia).

Orientador: Dr. Dori Edson Nava

Co-orientador: Dr. Anderson Dionei Grutzmacher

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

L769a Lisbôa, Heitor

Adequabilidade ambiental de *Anastrepha grandis* e efeito das mudanças climáticas no número de gerações no Brasil / Heitor Lisbôa ; Dori Edson Nava, orientador ; Anderson Dionei Grutzmacher, coorientador. — Pelotas, 2018.

79 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Sistema de mitigação de risco. 2. Cucurbitáceas. 3. Área livre de pragas. 4. Mudanças climáticas globais. I. Nava, Dori Edson, orient. II. Grutzmacher, Anderson Dionei, coorient. III. Título.

CDD : 595.7

Banca Examinadora:

Dr. Dori Edson Nava (Orientador)

Dr. Marcos Silveira Wrege

Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

Dra. Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Dra. Gabriela Inés Diez-Rodríguez

A minha mãe, Adriane pelo amor, educação, apoio e incentivo em todos os momentos.

À minha filha Maria Luiza por me ensinar o que é amor incondicional.

À minha esposa Joseane pelo carinho, amor e compreensão.

Ofereço e Dedico

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel) pela oportunidade da realização do curso de Doutorado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

À Embrapa Clima Temperado pela disponibilização de estrutura para realização dos trabalhos;

A todos os professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) da UFPel pela atenção e ensinamentos transmitidos;

A minha família, em especial a minha mãe Adriane e tios José Leonardo e Maria Francisca pelo afeto, amor, incentivo e apoio, também pelo exemplo de caráter e humildade;

Aos meus sogros, Izoleide Maciel Viana e Marco Antônio da Silva Viana pelo exemplo de fé e dedicação a família;

A minha esposa Joseane Maciel Viana, pela compreensão, apoio, amor e dedicação;

Ao Dr. Dori Edson Nava, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, pela orientação, paciência e ensinamentos transmitidos;

A MSc. Mirtes Melo, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, pela disponibilidade da estrutura de trabalho;

Ao Sr. Gilmar Barros, técnico de laboratório da Embrapa Clima Temperado, pelo companheirismo e momentos de descontração;

Ao Dr. Anderson Dionei Grutzmacher, professor no Departamento de Fitossanidade da FAEM/UFPel, pela orientação, paciência e ensinamentos no decorrer da Graduação e Pós-Graduação;

Ao pesquisador da Embrapa Clima Temperado MSc. Ricardo Alexandre Valgas pela ajuda nas análises estatísticas;

Aos amigos de Pós-graduação Rafael da Silva Gonçalves, Sandro Daniel Nörnberg, Karina Pinto Jobim e Tiago Scheunemann, pelos diversos momentos que passamos juntos;

Aos bolsistas e estagiários do Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado Victor Perleberg, Cristiano Cardoso Lima, Samuel Braga e Camila Neitzke, pela amizade, convivência, companheirismo e momentos de descontração;

A todas as funcionárias responsáveis pela limpeza do Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado, pelos momentos de descontração e zelo pela estrutura;

A todas as pessoas que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

Não espere atingir suas metas para sentir orgulho de você,

Comemore e sinta orgulho em cada pequeno passo que você dá

em direção delas!

Stefany Bertollo

Resumo

LISBOA, H. **Adequabilidade ambiental de *Anastrepha grandis* e efeito das mudanças climáticas no número de gerações no Brasil**. 2018. 79f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Anastrepha grandis (Macquart, 1846) é conhecida como a mosca-das-cucurbitáceas sul-americana e caracteriza-se por atacar espécies nativas ou introduzidas de cucurbitáceas. Embora o inseto cause danos devido a sua infestação nos frutos, as maiores perdas se referem aos embargos na exportação. Este trabalho tem como objetivo conhecer a adequabilidade ambiental para a ocorrência de *A. grandis* de algumas regiões brasileiras levando-se em consideração a temperatura e a umidade relativa do ar e estudar o efeito do aumento das temperaturas previsto pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) no incremento do número de gerações de *A. grandis*. Para determinar o efeito das exigências hídricas sobre adultos de *A. grandis* foram utilizados dessecadores de vidro com intervalos de umidade relativa do ar de 20-39, 40-59, 60-79 e 80-100%. Estes intervalos de umidade relativa foram obtidos, com o uso de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Foram avaliados os períodos de pré-oviposição e oviposição, a fecundidade, a fertilidade e a longevidade. A partir das faixas ótimas de umidade relativa e de temperatura obtida da literatura elaboraram-se os termohigrogramas, utilizando-se dados históricos destas variáveis para os municípios selecionados. Já as variações climatológicas foram analisadas nos cenários de referência relacionados às normais climatológicas obtidas de 1961-1990 e nos cenários de mudanças climáticas A2 e B1 do IPCC abordando um cenário menos pessimista (B1), e um cenário mais pessimista (A2) para as próximas décadas, podendo assim, estabelecer um zoneamento baseado nos fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento do inseto possibilitando a definição dos ambientes ecologicamente favoráveis e/ou

desfavoráveis. Determinou-se que a faixa ótima de umidade relativa do ar para o desenvolvimento dos adultos de *A. grandis* foi de 60 a 79% e que as áreas de produção de cucurbitáceas localizadas nas regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste possuem uma maior adequabilidade ambiental para *A. grandis* em relação as da região Sul do Brasil. Já em relação as projeções futuras para o número de gerações de *A. grandis*, levando-se em consideração o período de referência foi possível observar que nas estações mais frias (outono e inverno), as regiões Sul e Sudeste apresentaram-se menos adequadas para o desenvolvimento de *A. grandis*, apresentando no máximo uma geração, enquanto que nas estações mais quentes (primavera e verão) o inseto pode ter duas gerações, diferentemente das demais regiões do País, onde as temperaturas apresentam-se mais elevadas durante todo o ano, o que faz com que o número de gerações não varie de uma estação para outra. Para o cenário A2, foi possível observar uma variação no número de geração se levar em consideração os três cenários climáticos futuros, 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, fazendo com que *A. grandis* dobre o número de gerações, independentemente da estação do ano, devido principalmente ao aumento de temperatura global. Para o cenário B1, observou-se uma variação menor no número de gerações de *A. grandis*, principalmente na região Sul do País, enquanto que na região Sudeste, essa variação é mais acentuada, devido ao aumento da temperatura, podendo dobrar o número de gerações mesmo nas estações mais frias do ano.

Palavras-chave: Sistema de mitigação de risco, cucurbitáceas, Área Livre de Pragas, Mudanças Climáticas Globais.

Abstract

LISBOA, H. ***Anastrepha grandis* environmental suitability and the effect of climate change on the number of generations in Brazil.** 2018. 79f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Anastrepha grandis (Macquart, 1846) is known as the South American cucurbit's fly and it is characterized by attacking native or introduced species of cucurbitaceae. Although the insect causes damage due to its infestation in the fruits, its main problem refers to the exportation embargoes. This work aims to know the environmental suitability for the occurrence of *A. grandis* of a few Brazilian regions taking into account the temperature predicted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and how it affects the increment of the generation's quantity that *A. grandis*. Glass desiccators with air relative humidity ranges of 20-39, 40-59, 60-79 and 80-100% were used to determine the water requirements. These moisture ranges were obtained by using sulfuric acid (H₂SO₄). The periods of pre-oviposition and oviposition, fecundity, fertility and longevity were analyzed. Based on the ideal relative humidity and temperature ranges, thermohygrograms were elaborated using historical data of these variables for the selected cities. The climatic variations were analyzed in the reference scenarios related to the climatological norm obtained from 1961-1990 and climate change scenarios A2 and B1 of the IPCC, focusing on a less pessimistic scenario (B1), and on a more pessimistic scenario (A2) for the next decades, thus establishing a zoning limitation based on the definition of ecologically favorable and/or unfavorable environments. It was determined that the relative air humidity optimum range for the development of *A. grandis* adults is between 60 and 79% and the areas of cucurbit production located in the Southeast, Midwest and Northeast regions have

a greater environmental suitability for *A. grandis* in relation to those in the South region of Brazil. Regarding the future projections for the number of generations of *A. grandis*, taking into account the reference period, it was possible to observe that in the colder seasons (autumn and winter), the South and Southeast regions were less suitable for the development of *A. grandis*, presenting at most one generation, whereas in the hotter seasons (spring and summer) the insect can have two generations, unlike the other regions of the Country, where temperatures are highest throughout the year, which means that the number of generations does not vary from one station to another. For scenario A2, it was possible to observe a variation in the number of generation if it takes into account the three future climate scenarios, 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100, doubling the number of generations of *A. grandis*, whatever which season is, mainly due to the global temperature increase. For scenario B1, a smaller variation was observed in the number of generations of *A. grandis*, mainly in the South region of the Country, whereas in the Southeast region, this variation is more accentuated, due to the increase of the temperature, being able to double the number of even in the coldest seasons of the year.

Keywords: Risk mitigation system, cucurbitaceae, pest free area, global climate change.

Lista de Figuras

Artigo 1

- Figura 1 Curvas de sobrevivência de adultos machos (A) e fêmeas (B) de *Anastrepha grandis* nas diferentes faixas de umidade relativa do ar. Temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 horas. Os valores médios para machos e fêmeas foram de 19,3 e 23,9 dias (20-39%), 40,7 e 36,7 dias (40-59%), 49,7 e 51,1 dias (60-79%), 28,5 e 45,1 dias (80-100%) e 39,4 e 42,6 dias (testemunha).....48
- Figura 2 Termohigrograma comparativo de três regiões do Brasil produtoras de cucurbitáceas, sendo, Jaguaruana-CE (linha azul), considerada área livre da praga, Presidente Prudente-SP (linha verde) considerada área com presença da praga e Bagé-RS (linha preta) considerada área com sistema de mitigação de risco. (Dados médios de 10 anos do INMET). Os retângulos, menor e maior em vermelho representam a zona ótima e a zona favorável para o desenvolvimento de *Anastrepha grandis*. Os números de 1 a 12 representam os meses do ano.....49
- Figura 3 Termohigrograma comparativo de três regiões do Brasil produtoras de cucurbitáceas, sendo, Jaguaruana-CE (linha azul), considerada área livre da praga, Presidente Prudente-SP (linha verde) considerada área com presença da praga e Bagé-RS (linha preta) considerada área com sistema de mitigação de risco. (Dados médios de 10 anos do INMET). Os retângulos, menor e maior em vermelho representam a zona ótima e a zona favorável para o desenvolvimento de *Anastrepha grandis*. Os números de 1 a 12 representam os meses do ano.....50

Artigo 2

- Figura 1 Mapas climatológicos do Brasil, período de referência 1961-1990, onde (A) outono, (B) inverno, (C) primavera e (D) verão.....73
- Figura 2 Gerações anuais de *Anastrepha grandis* no Brasil, nas diferentes estações do ano, no cenário de mudanças climáticas mais pessimista (A2), nas projeções futuras 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100.....74

Figura 3 Gerações anuais de *Anastrepha grandis* no Brasil, nas diferentes estações do ano, no cenário de mudanças climáticas menos pessimista (B1), nas projeções futuras 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100.....75

Lista de Tabelas

Artigo 1

Tabela 1	Valores médios (\pm erro padrão da média) de parâmetros biológicos da fase adulta de <i>Anastrepha grandis</i> nas diferentes faixas de umidade relativa do ar (UR). Temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 horas.....	47
----------	---	----

Artigo 2

Tabela 1	Equações utilizadas na previsão do número de gerações de <i>Anastrepha grandis</i> em função da altitude, latitude e longitude para o período base e nos cenários futuros em diferentes estações do ano.....	69
Tabela 2	Locais com presença de <i>Anastrepha grandis</i> , área livre da praga (ALP), área com sistema de mitigação de risco (SMR) e número de gerações, do período de referência e projeções futuras, para o cenário mais pessimista (A2), nas quatro estações do ano no Brasil.....	71
Tabela 3	Locais com presença de <i>Anastrepha grandis</i> , área livre da praga (ALP), área com sistema de mitigação de risco (SMR) e número de gerações, do período de referência e projeções futuras, para o cenário menos pessimista (B1), nas quatro estações do ano no Brasil.....	72

Sumário

1 - Introdução geral	20
Artigo 1 - Exigências higrométricas e análise de termohigrogramas visando à adequabilidade ambiental de <i>Anastrepha grandis</i> (Diptera: Tephritidae) em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas.....	24
Resumo.....	25
Abstract.....	26
Introdução	27
Materiais e Métodos	29
Estabelecimento da criação de manutenção	29
Determinação das exigências higrométricas.....	30
Análise da influência da umidade relativa e da temperatura na adaptação de <i>A. grandis</i> em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas.....	32
Resultados	33
Determinação das exigências higrométricas.....	33
Análise de termohigrogramas visando a adaptação climática de <i>A. grandis</i> em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas	34
Discussão.....	36
Determinação das exigências higrométricas.....	36
Análise de termohigrogramas visando a adaptação climática de <i>A. grandis</i> em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas	37
Contribuição do autor	39
Referências	40
Artigo 2 - Impacto potencial do aquecimento global sobre a distribuição de <i>Anastrepha grandis</i> (Diptera: Tephritidae) no Brasil.....	52
RESUMO.....	53
INTRODUÇÃO	57
MATERIAL E MÉTODOS.....	59
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CONCLUSÕES	63

REFERÊNCIAS.....	65
4 – Considerações Finais.....	76
5 - Referências gerais	78

1 - Introdução geral

As cucurbitáceas são representadas por 26 espécies cultivadas com valor comercial, sendo que as abóboras (*Cucurbita* spp.), o pepino (*Cucumis sativus* L.), o melão (*Cucumis melo* L.) e a melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai], representam 20% da produção total de produtos olerícolas. Dentre essas a principal cultura a nível mundial é a melancia, representando cerca de 40% da produção total dessa família. Os pepinos, melões e abóboras representam cerca de 27, 20 e 12% da produção, respectivamente (ALMEIDA, 2002).

Embora o valor nutritivo não seja alto, as cucurbitáceas exercem um importante papel na alimentação humana, principalmente em regiões tropicais, onde o seu consumo é elevado. Em relação à importância social e econômica para o Brasil, as cucurbitáceas ocupam lugar de destaque, pois o cultivo é realizado tanto por pequenos produtores de base agrícola familiar, quanto por grandes empresas produtoras e exportadoras de frutas, embora estas empresas sejam responsáveis pela maior parte dos cultivos de melão e melancia. Entretanto, mesmo que parte do cultivo de cucurbitáceas seja realizado por empresas ou produtores especializados, que possuem estrutura para o cultivo em grande escala e com qualidade elevada de frutos, a maior produção é realizada por pequenos produtores que são pouco competitivos e normalmente produzem frutos sem características comerciais desejáveis, devido as adversidades do clima e as injúrias provocadas por doenças e insetos (ALMEIDA, 2002; SILVEIRA et al., 2009).

Dentre as pragas que atacam as cucurbitáceas, encontra-se *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846) (Diptera: Tephritidae), conhecida popularmente como mosca-das-cucurbitáceas sul-americana, que se caracteriza por atacar tanto espécies nativas, quanto exóticas (NORRBOM, 2000). A ocorrência deste inseto já foi relatada em países da América do Sul (Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru e Venezuela) e América Central (Panamá) (NAPPO, 2009).

No Brasil, *A. grandis* está presente nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste (ZUCCHI, 2000).

As fêmeas de *A. grandis* ovipositam em frutos de diferentes estádios de desenvolvimento e as larvas, ao eclodirem, alimentam-se do mesocarpo, realizando galerias. Além disto, devido a punctura para oviposição, ocorre a entrada de microorganismos que são responsáveis pelo apodrecimento dos frutos, tornando-os impróprios para o consumo, comercialização e industrialização (MALAVASI; BARROS, 1988). Embora os danos diretos causados pelas larvas devido a alimentação do mesocarpo sejam consideráveis, a importância de *A. grandis* está diretamente ligada com as restrições quarentenárias impostas por países importadores, sendo variável com a relevância do cultivo de cucurbitácea em cada País ou região. Assim, a presença de *A. grandis* nas regiões que produzem frutos para exportação pode trazer problemas econômicos, devido aos embargos nas exportações. Para evitar as restrições na exportação de frutos foram criadas as áreas livres da praga (ALP) e sistemas de mitigação de risco (SMR) para *A. grandis* em diferentes regiões brasileiras, incluindo uma região no sul do estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 2006; BRASIL, 2008; PARANHOS, 2008).

Para viabilizar a venda de cucurbitáceas aos países que impõem restrições a importação, os governos dos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, que se destacam como os maiores produtores e exportadores brasileiros de melão e melancia, por meio dos seus órgãos estaduais de defesa vegetal, e sob a coordenação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), implementaram a Área Livre de Pragas para *A. grandis* (ALP – MF) que está em vigor desde 1985. Para Azevedo et al. (2005) é relevante manter uma área livre de pragas, visto que propicia benefícios socioeconômicos, como a conquista de novos mercados externos, a qualidade da produção de frutos, a geração de empregos diretos e indiretos e de divisas para o País. Ademais, a manutenção de uma área livre gera benefícios em termos ambientais, diminui os custos de produção, já que se reduz o uso de inseticidas.

Um exemplo desses benefícios é verificado na ALP-MF no estado do Ceará, pois, conforme dados do Diário do Nordeste (2013), essa medida adotada pela Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Ceará (ADAGRI) tem colaborado para manter os frutos com alta qualidade e assim atender os mercados mais exigentes como a venda para os Estados Unidos e o Japão. Graças à manutenção

da ALP-MF, a partir de 2014, conquistou-se também o mercado do Chile, que é um dos mais exigentes quanto ao aspecto fitossanitário. Dados do World Trade Organization (WTO, 2015) atestam que 96,4 e 24,31%, dos valores importados de melão e melancia, respectivamente, pelo Chile, em 2014, foram provenientes dessa ALP-MF. Esta conquista de mercado para o melão e a melancia só foi possível devido ao investimento realizado pelo governo do Ceará em mais de um milhão de reais com pesquisas laboratoriais, monitoramento, barreiras fitossanitárias e capacitação de técnicos agrícolas para impedir a entrada de *A. grandis* (SOUZA, 2006).

Aliado a esses argumentos, é relevante destacar que em 2015 foi lançado, no Brasil, o Programa Nacional de Mosca das Frutas pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Esse programa faz parte do Plano de Defesa Agropecuária (PDA) e abarca as políticas já existentes, como a da Área Livre de *A. grandis*. A partir desse programa, espera-se que se consiga reduzir o impacto ocasionado pelas moscas-das-frutas, propiciando maior competitividade, aumento do número de postos de trabalho, acesso a novos mercados, gerando, como consequência, benefícios para toda a cadeia produtiva (MAPA, 2015).

Sabe-se que o plantio de cucurbitáceas é realizado em todo o Brasil, mas que a presença de *A. grandis* ocorre apenas nos estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Tendo em vista a necessidade de expandir a área livre de pragas e as áreas de mitigação de risco, torna-se necessário estudar os aspectos relacionados ao seu desenvolvimento e estabelecimento, tais como os fatores bióticos e principalmente aos abióticos como os elementos meteorológicos. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi conhecer as regiões brasileiras ambientalmente adequadas para a ocorrência de *A. grandis* em relação a temperatura e a umidade relativa do ar estudar como o efeito do aumento das temperaturas previsto pelo IPCC afeta o número de gerações que *A. grandis* terá ao longo de um ano.

Artigo 1 - Revista Journal of Applied Entomology

Artigo 1

Exigências higrométricas e análise de termohigrogramas visando à adequabilidade ambiental de *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas

Heitor Lisboa⁽¹⁾, Ricardo Alexandre Valgas⁽²⁾, Anderson Dionei Grutzmacher⁽³⁾,
Dori Edson Nava⁽⁴⁾

^(1,3)Universidade Federal de Pelotas - UFPel, heitorlisboa@hotmail.com,
anderson.grutzmacher@pq.cnpq.br

^(2,4)Embrapa Clima Temperado, ricardo.valgas@embrapa.br, dori.edson-
nava@embrapa.br

Autor correspondente: heitorlisboa@hotmail.com

Agradecimentos

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado.

16 **Resumo**

17 As larvas de *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846) infestam espécies nativas e
18 introduzidas de cucurbitáceas, provocando perdas econômicas devido aos
19 danos causados nos frutos e aos embargos na exportação. O trabalho teve por
20 objetivo determinar a faixa hídrica em que ocorre o melhor desenvolvimento de
21 adultos de *A. grandis* e a partir destes dados e da faixa térmica elaborar
22 termohigrogramas, visando conhecer a adequabilidade de diferentes regiões de
23 produção de cucurbitáceas para esta praga. Para avaliação das exigências
24 hídricas foram testados os intervalos de umidade relativa do ar de 20-39, 40-
25 59, 60-79 e 80-100%. Foram avaliados os períodos de pré-oviposição e
26 oviposição, a fecundidade, a fertilidade e a longevidade. A partir das faixas
27 ótimas de umidade relativa e de temperatura elaboraram-se os
28 termohigrogramas utilizando-se dados históricos destas variáveis para
29 diferentes municípios. Determinou-se que a faixa de umidade relativa do ar
30 ótima para o desenvolvimento dos adultos de *A. grandis* está entre 60 e 79%,
31 embora ocorra desenvolvimento no intervalo de 40 a 100%. Das regiões
32 produtoras de cucurbitáceas avaliadas no trabalho, a região Sul possui uma
33 menor adequabilidade ambiental para o desenvolvimento de *A. grandis* em
34 relação às regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste.

35 **Palavras-chave:** Umidade relativa do ar, mosca-das-cucurbitáceas, fatores
36 abióticos.

37

38 **Abstract**

39 The larvae of *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846) infest native and introduced
40 species of cucurbitaceae, causing economic losses due to damage caused to
41 fruits and export embargoes. This work aims to determine the water range in
42 which the best development of adults of *A. grandis* occurs. From these data and
43 from the thermal range aims to elaborate termohigrograms, to know the
44 suitability of different regions of cucurbit production for this pest. For the
45 evaluation of the water requirements, the relative air humidity intervals of 20-39,
46 40-59, 60-79 and 80-100% were tested. The periods of pre-oviposition and
47 oviposition, fecundity, fertility and longevity were evaluated. From the optimum
48 ranges of relative humidity and temperature, thermohigrograms were
49 elaborated using historical data of these variables for different municipalities. It
50 was determined that the range of optimal relative air humidity for the
51 development of *A. grandis* adults is between 60 and 79%, although the
52 development occurs in the range of 40 to 100%. From the cucurbit producing
53 regions evaluated in this work, the South region is less environmental suitability
54 for the development of *A. grandis* than the Southeast, the Midwest and the
55 Northeast regions.

56 **Keywords:** Relative air humidity, cucurbit fly, abiotic factors.

57 **Introdução**

58 As Cucurbitaceae compreendem uma das famílias vegetais mais importantes
59 na produção de alimentos, agrupando um grande número de espécies que
60 apresentam alguns compostos com valor funcional reconhecido (Amariz et al.,
61 2009). Estão incluídos 118 gêneros e 825 espécies, sendo os cultivos mais
62 importantes pertencentes aos gêneros *Cucurbita*, *Citrullus*, *Cucumis*,
63 *Lagenaria*, *Luffa* e *Sechium* (Almeida, 2002).

64 No Brasil, as cucurbitáceas são representadas pelo menos por nove
65 espécies olerícolas, sendo as abóboras as mais representativas em quantidade
66 produzida e consumidas, principalmente pela população de baixa renda. Dentre
67 as abóboras destacam-se a abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), a abóbora rasteira
68 (*Cucurbita Moschata* Duch.), a moranga (*Cucurbita maxima* Duch.) e a
69 abóbora-japonesa (híbrido *Cucurbita moschata* x *Cucurbita maxima*), o melão
70 (*Cucumis melo* L.) e a melancia [*Citrullus lanatus* (Thunberg) Matsumura &
71 Nakai] (Camargo Filho, Mazzei e Olivetti, 1994).

72 Dentre as principais cucurbitáceas produzidas no Brasil, a região
73 Nordeste destaca-se pela exportação de melancia e melão, que giram em torno
74 de 53,75 e 128 mil toneladas (t), respectivamente (Hortifruti Brasil, 2017). A
75 produção de abobrinhas (*C. pepo*), abóboras (*C. moschata*) e abóboras-
76 morangas (*C. maxima*) é realizada principalmente no Sudeste, com 204 mil t,
77 seguida da região Nordeste com 92 mil toneladas (Agrianual, 2009). Da
78 produção de cucurbitáceas, 40% (206 mil toneladas) do melão produzido no
79 Brasil e 70% da produção de abóboras são destinadas a exportação (Hortifruti
80 Brasil, 2017).

81 Dentre os principais insetos-praga do cultivo de cucurbitáceas destaca-
82 se a mosca-das-cucurbitáceas-sul-americana *Anastrepha grandis* (Macquart,
83 1846) (Diptera: Tephritidae), que ocorre exclusivamente em cucurbitáceas
84 nativas e exóticas (Zucchi, 2008). Dentre seus principais hospedeiros estão o
85 melão (Silva e Malavasi, 1993), as abobrinhas (Costa Lima, 1926; Fonseca,
86 1934; Malavasi, Morgante, Zucchi, 1980; Silva e Malavasi, 1993), abóboras e
87 abóboras-morangas (Malavasi et al., 1980; Uchôa-Fernandes e Zucchi, 2000),
88 melancia (Costa Lima, 1926; Bondar, 1950) e pepino (Costa Lima, 1926). As
89 perdas causadas por este tefritídeo se devem a infestação nos frutos que em
90 muitos casos podem ser totais e além deste dano, em muitos países *A. grandis*
91 é considerada praga quarentenária, como por exemplo, nos Estados Unidos
92 que impõem restrições na compra de cucurbitáceas brasileiras (Carvalho;
93 Nascimento e Matrangolo, 2000; Carvalho, 2003). O Departamento de
94 Agricultura dos Estados Unidos por intermédio do Serviço de Proteção
95 Sanitária Animal e Vegetal (USDA-APHIS), autoriza as importações brasileiras
96 de melões somente das regiões em que são consideradas Área Livre de *A.*
97 *grandis*, como ocorre com a produção nos estados do Rio Grande do Norte e
98 Ceará (Brasil, 2006). Além disto, há países que liberam as importações de
99 áreas que adotam o Sistema de Mitigação de Risco, caracterizado pela
100 presença da praga em baixa infestação com área sob medidas de controle
101 (Bolzan, Diez-Rodríguez, Garcia e Nava, 2016).

102 Devido ao fato do Brasil ser um país continental com diferentes
103 condições climáticas, pode-se encontrar *A. grandis* em Estados das regiões
104 Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Bondar, 1950; Zucchi, 2000; Nappo, 2009). As
105 demais regiões, aparentemente não são adequadas para o desenvolvimento

106 que entre outros fatores preferem temperaturas próximas de 25°C (Bolzan,
107 Nava, Smaniotto, Valgas e Garcia, 2017). Além disto, outro fator que pode
108 estar relacionado ao não aparecimento da praga é a falta de chuva em grande
109 parte do ano que contribui para ocorrência de baixa umidade relativa que
110 dificulta o plantio de cucurbitáceas sem sistema de irrigação.

111 Desta forma, o trabalho teve por objetivo determinar a faixa hídrica em
112 que ocorre o melhor desenvolvimento dos adultos de *A. grandis* e a partir
113 destes dados e da faixa térmica determinada por Bolzan et al. (2017) elaborar
114 termihigrogramas, visando conhecer a adequabilidade de diferentes locais
115 geográficos onde se cultivam cucurbitáceas e que favorecem a presença da
116 praga.

117

118 **Materiais e Métodos**

119 **Estabelecimento da criação de manutenção**

120 Os insetos foram mantidos em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$,
121 umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. O sistema de criação foi
122 baseado na metodologia estabelecida por Bolzan, Nava, Garcia, Valgas e
123 Smaniotto (2015) que utilizaram para o desenvolvimento larval, frutos de
124 abóbora de tronco (*C. pepo*) acondicionados em potes plásticos contendo no
125 fundo vermiculita. Ao emergirem, 100 casais foram colocados em gaiolas de
126 plástico (60 x 40 x 40 cm), alimentados com dieta composta de levedura de
127 cerveja (Bionis[®] YE MF e NS), germe de trigo e açúcar refinado na proporção
128 de 1:1:3, fornecidos em uma caixa tipo Gerbox (11,5 x 11,5 x 3,5 cm). Após 25
129 dias da emergência, foi ofertado nas gaiolas um fruto de abóbora para

130 oviposição e desenvolvimento larval, sendo a cada dois dias substituídos. Por
131 ocasião da pupação, os insetos foram retirados da vermiculita com o auxílio de
132 peneira (malha de 2 mm) e colocados em sala climatizada até a emergência
133 dos adultos.

134

135 **Determinação das exigências higrométricas**

136 O experimento foi conduzido com adultos recém-emergidos de *A. grandis* em
137 sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 12 horas e
138 diferentes umidades relativa do ar (UR). Foram individualizados 20 casais em
139 gaiolas confeccionadas de copos plásticos transparentes (550 mL), invertidos
140 sobre uma placa de Petri (200 x 20 mm) e colocados em dessecadores de
141 vidro (volume de 12 litros, altura 450 mm, diâmetro interno 300 mm, diâmetro
142 externo 380 mm). Foram estabelecidos quatro intervalos de UR, sendo de 20-
143 39% (Trat. 1), 40-59% (Trat. 2), 60-79% (Trat. 3) e 80-100% (Trat. 4). Também
144 utilizou-se uma testemunha com UR de $70 \pm 10\%$ (Trat. 5), conforme valor
145 mantido nas salas de criação de tefritídeos e nos experimentos de biologia
146 realizados por Bolzan et al. (2017). Para manter as UR nos intervalos pré-
147 estabelecidos foi utilizado ácido sulfúrico (H_2SO_4) em diferentes concentrações,
148 sendo usado para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 a quantidade de 15, 10, 5 e 1 ml
149 de H_2SO_4 para 5 ml de água, respectivamente. Um termo-higrômetro digital
150 (Incoterm, temperatura interna 0 a 50°C , externa -50°C) foi utilizado durante o
151 experimento para medir a temperatura e a umidade relativa no interior dos
152 dessecadores.

153 O experimento foi realizado em cinco blocos de quatro repetições cada e
154 foram avaliados os períodos de pré-oviposição e oviposição, a fecundidade, a
155 longevidade de machos e de fêmeas e a fertilidade. Para a avaliação da
156 fecundidade foi utilizado um círculo do epicarpo de abóbora de tronco (40 mm
157 de diâmetro e aproximadamente 3,2 mm de espessura) disposto sobre a parte
158 inferior de uma placa de Petri (36,4 mm de diâmetro x 8,0 mm de espessura).
159 Na placa de Petri, sob o epicarpo foi colocado um pano esponja vegetal
160 umedecido, o qual ocupou todo o fundo da placa. Este substrato de postura foi
161 oferecido para as fêmeas por um período de 24 horas, sendo substituídos
162 diariamente para evitar contaminações devido a sua decomposição. A
163 longevidade foi avaliada através de observações diárias, a fim de determinar a
164 mortalidade dos casais, enquanto a fertilidade foi determinada, utilizando-se 25
165 ovos da segunda postura de cada tratamento, com o intuito de determinar o
166 número de larvas eclodidas.

167 Os dados referentes à duração dos períodos de pré-oviposição e
168 oviposição e longevidade de machos e fêmeas foram analisados por meio do
169 programa estatístico R (R Development Core Team, 2013), através de técnicas
170 de análise de sobrevivência. A fecundidade foi comparada utilizando o teste
171 Qui-quadrado (Pimentel Gomes, 2009). Para a fertilidade os dados foram
172 submetidos à análise de variância (ANOVA), programa estatístico R (R
173 Development Core Team, 2013) e as médias dos tratamentos comparadas pelo
174 teste de Tukey ($p < 0,05$).

175 **Análise da influência da umidade relativa e da temperatura na adaptação**
176 **de *A. grandis* em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas**

177 Por meio de climogramas analisou-se a influência conjunta da temperatura e da
178 UR (termohigrogramas), para avaliação do desenvolvimento e a adaptação de
179 *A. grandis* em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas do Brasil. Foram
180 escolhidas regiões onde a praga comprovadamente não está presente (área
181 livre da praga) (Jaguaruana-CE) (Adagri, 2013), regiões onde tem sido
182 estabelecido o Sistema de Mitigação de Risco (Bagé-RS) (Mapa, 2008), região
183 aonde a praga não está presente mas sem o estabelecimento de algum
184 programa oficial (Lages-SC) e regiões aonde há relato de ocorrência da praga
185 (Montenegro-RS, Maringá-PR, Presidente Prudente-SP, Rondonópolis-MT e
186 Goianésia-GO) (Junior, 2014; Montes, Raga e Souza-Filho, 2011; Norrbom,
187 1991; Veloso, Pereira, Rabelo, Caixeta e Ferreira, 2012).

188 Para elaboração dos climogramas foram utilizados os dados de
189 temperatura e umidade relativa do ar média mensais, dos últimos 10 anos, dos
190 diferentes locais escolhidos do território nacional, obtidos no Instituto Nacional
191 de Meteorologia (Inmet, 2018). A construção dos climogramas foi realizada
192 com os valores mensais de UR dispostos no eixo das abscissas, enquanto que
193 os valores referentes aos dados mensais de temperatura foram organizados no
194 eixo das ordenadas, e em seguida os 12 pontos (meses) foram unidos,
195 formando um polígono próprio de cada região. O termohigrograma da região de
196 Jaguaruana, CE, foi utilizado como padrão de comparação por ser esta região
197 área livre de *A. grandis* (Adagri, 2013).

198 Para comparação dos diferentes municípios em relação a Jaguaruana,
199 foi considerada como faixa de temperatura em que ocorre o desenvolvimento

200 (faixa favorável) de *A. grandis* de 15 a 30°C e faixa ótima de temperatura 23 a
201 28°C, conforme Bolzan et al. (2017). Para a UR estabeleceu-se a faixa
202 favorável (faixa de desenvolvimento) de 40 a 100% e a faixa ótima de 60 a
203 80%, valor este determinado no presente trabalho. Assim, dentro dos polígonos
204 (climogramas) a coincidência destes valores com os da região de Jaguaruana-
205 CE foi considerada zona não favorável a mosca-das-cucurbitáceas sul-
206 americana.

207

208 **Resultados**

209 **Determinação das exigências higrométricas**

210 Os valores de duração encontrados para o período de pré-oviposição não
211 diferiram significativamente entre os tratamentos ($\chi^2 = 5,7$; gl = 4,0; p = 0,221),
212 variando de 18,25 a 26,30 dias nas faixas de umidade relativa do ar de 20-39 e
213 40-59%, respectivamente (Tabela 1).

214 Para o período de oviposição, as faixas de umidade relativas do ar
215 superiores a 60% propiciaram as maiores durações, diferindo
216 significativamente das demais faixas, embora o intervalo de 80-100% e a
217 testemunha não tenha diferido significativamente das menores umidades ($\chi^2 =$
218 12,2; gl = 4,0; p = 0,0157) (Tabela 1).

219 Em relação a fecundidade todos os tratamentos diferiram
220 significativamente, sendo que a faixa hídrica de 80-100% foi a que apresentou
221 maior número de ovos (225 ovos), decrescendo nos tratamentos de 60-79,
222 testemunha, 40-59 e 20-39 ($\chi^2 = 181$; gl = 4,0; p = 0,001) (Tabela 1).

223 Para a fertilidade, o maior valor foi registrado para o tratamento
224 testemunha (Tabela 1). Os valores de fertilidade registrados nos tratamentos
225 com controle de umidade relativa variaram de 52,1 a 13,2%, sendo que os
226 intervalos de 40-59% e 60-79% de umidade relativa não diferiram
227 significativamente entre si, apresentando valores de 23,7 e 52,1%,
228 respectivamente.

229 Para a longevidade observou-se que tanto nos machos ($\chi^2 = 37,8$; gl =
230 4,0; p = 0,0000001) quanto nas fêmeas ($\chi^2 = 27,9$; gl = 4,0; p = 0,00001), foram
231 observadas diferenças significativas (Figura 1). Para os machos o único
232 tratamento que apresentou maior diferença, foi o de menor umidade relativa,
233 onde os insetos viveram em torno de 50 dias, enquanto que para fêmeas, os
234 tratamentos com maiores valores de umidade, acabaram não diferindo entre si,
235 girando em torno de 50 dias.

236

237 **Análise de termohigrogramas visando a adaptação climática de *A. grandis*** 238 **em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas**

239 Por meio da elaboração dos climogramas foi possível observar que a
240 ocorrência de *A. grandis* nos diferentes locais, das regiões Sul, Sudeste e
241 Centro-Oeste do Brasil está relacionada com os fatores temperatura e umidade
242 relativa do ar, que são variáveis em função das dimensões continentais do País
243 (Figura 2). Na região Sul do País, mais especificamente nos estados do Rio
244 Grande do Sul e Santa Catarina as condições de temperatura e umidade
245 relativa do ar apresentam-se adequadas ao desenvolvimento da praga, nos
246 meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março (Figura 2A, B e C). Nos demais

247 meses, devido principalmente as temperaturas mais baixas o desenvolvimento
248 de *A. grandis* é dificultado (Figura 2). Para *A. grandis* foi possível determinar
249 que a faixa de umidade relativa do ar favorável de desenvolvimento ficou entre
250 40 e 100%.

251 Já nos municípios de Maringá-PR, Rondonópolis-MT, Presidente
252 Prudente-SP, Goianésia-GO e Jaguaruana-CE as condições de temperatura e
253 umidade relativa do ar apresentam-se favoráveis ao desenvolvimento de *A.*
254 *grandis*, com exceção dos dois últimos municípios em que a umidade relativa
255 baixa entre os meses de julho a outubro é desfavorável a ocorrência da
256 praga(Figura 2D, E, F, G e H).

257 Relacionando os climogramas de três regiões formadas pela Área Livre
258 da Praga (ALP – MF) Jaguaruana-CE, área com Sistema de Mitigação de
259 Risco (SMR), Bagé-RS e a área com presença de *A. grandis*, Presidente
260 Prudente-SP, é possível observar que as três regiões se apresentam próprias
261 ao desenvolvimento da praga, em pelo menos um período do ano. Destes os
262 municípios de Bagé-RS e Jaguaruana-CE, apresentam uma menor
263 adequabilidade na zona ótima de desenvolvimento por apenas alguns meses,
264 enquanto Presidente Prudente-SP possui uma maior área de adequação na
265 zona ótima e praticamente todos os meses estão incluídos na faixa favorável
266 de desenvolvimento (Figura 3). Bagé-RS também poderá ter possibilidade de
267 ser considerada, uma área livre de *A. grandis*, caso a praga continue não
268 sendo detectada.

269 **Discussão**

270 **Determinação das exigências higrométricas**

271 Em relação ao período de pré-oviposição, a variação, não inclui o valor
272 determinado por Bolzan et al. (2017), onde à 25°C e UR em torno de 70%, foi
273 determinado um período de 29 dias. Além disto, os resultados encontrados são
274 superiores aos de Fischer (1932), onde em condições controladas de
275 temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) e umidade relativa ($70 \pm 5\%$) relatou um período de 13
276 dias.

277 Umidades relativas superiores a 80% são mais adequadas para que as
278 fêmeas de *A. grandis* tenham uma maior fecundidade. Para insetos que
279 estejam em regiões com umidade relativa abaixo deste valor, a fecundidade vai
280 decrescendo de maneira que na faixa de 20-39% o número médio de ovos
281 colocados é de apenas 39, coincidindo com o que é registrado na literatura, ou
282 seja, a UR afeta os insetos diretamente (Parra, 2000).

283 Em relação aos valores de fertilidade encontrados estes foram menores
284 que os registrados por Bolzan et al. (2015), onde em abóbora de tronco foi
285 observada uma fertilidade de 87,9%. Entretanto, os mesmos autores
286 registraram valores próximos ao observado neste trabalho, em abóbora híbrida
287 “testsukabuto” que foram de 49,5%. Provavelmente os baixos valores de
288 fertilidade podem ter se dado, pois ao ovipositarem no substrato formado por
289 pequenos círculos do epicarpo de abóbora de tronco, os ovos ficaram expostos
290 por um período até sua retirada, e como são sensíveis a falta de umidade,
291 houve baixa eclosão.

292 Em relação a longevidade os resultados alcançados foram semelhantes
293 aos encontrados por Nascimento, Malvasi e Morgante (1987), onde obtiveram

294 60 dias de longevidade média para adultos em temperatura de 25°C em
295 população de laboratório.

296

297 **Análise de termohigrogramas visando a adaptação climática de *A. grandis***
298 **em diferentes regiões produtoras de cucurbitáceas**

299 Estudos de monitoramento visando a implementação do Sistema de Mitigação
300 de Risco na região da Campanha Gaúcha, durante dois anos, determinou que
301 *A. grandis* não estava presente na área (Nava, Melo, Carbonari e Perleberg,
302 2009), indicando que mesmo nos meses onde há condições para o
303 desenvolvimento da praga, algum outro fator impede o desenvolvimento. O
304 efeito das baixas temperaturas pode ser visualizado principalmente para o
305 município de Lages, SC, localizado na Serra de Santa Catarina (Figura 2C).
306 Provavelmente na região Sul a umidade relativa do ar possibilita o
307 desenvolvimento de *A. grandis*, mas a temperatura é o fator limitante. Além
308 disto, durante os meses mais frios que vão de maio a agosto não há plantio de
309 cucurbitáceas o que dificulta a manutenção da praga na área (Dias, Costa,
310 Queiroz e Faria, 2001).

311 Para *A. grandis*, Bolzan et al. (2017) determinaram que a temperatura
312 que proporcionou maior viabilidade para os estágios imaturos e o maior número
313 de insetos por fruto foi de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Na faixa de temperatura entre 15 a 30°C o
314 desenvolvimento também ocorre, mas a viabilidade tende a diminuir. Neste
315 mesmo trabalho apenas foi avaliado o efeito da temperatura sobre as fases
316 imaturas, enquanto que neste trabalho o objetivo foi verificar a adequabilidade

317 das regiões para o desenvolvimento dos adultos. Portanto, o efeito das
318 temperaturas sobre os adultos deve ser melhor estudado.

319 Os valores de umidade relativa do ar observados foram semelhantes aos
320 valores mencionados por Gallo et al. (2002), em que a faixa favorável de
321 umidade relativa do ar para insetos fica entre 40 e 80%. Segundo os autores a
322 faixa favorável é aquela que proporciona uma maior velocidade de
323 desenvolvimento, maior longevidade e maior fecundidade. Alguns insetos
324 possuem adaptações para resistir as baixas umidades relativas do ar, como
325 ocorre, por exemplo, para os ovos de *Mahanarva posticata* (Hemiptera:
326 Cercopidae). Para moscas-das-frutas solas com umidade abaixo ou acima da
327 considerada ideal têm interferência importante na fase de pupa levando a
328 morte, caso ocorra falta ou excesso de umidade, devido a dissecação e a
329 infestação de fungos entomopatogênicos, respectivamente (Silveira Neto,
330 Nakano, Barbin e Nova, 1976). No caso de moscas-das-frutas, as únicas duas
331 fases do desenvolvimento que são susceptíveis a falta/excesso de umidade
332 são as pupas e os adultos, durante o período que ficam no solo e de vida livre,
333 respectivamente.

334 Para os resultados encontrados para os municípios de Maringá-PR,
335 Rondonópolis-MT, Presidente Prudente-SP, Goianésia-GO e Jaguaruana-CE
336 em relação as condições de temperatura e umidade relativa do ar, Kokubo
337 (2012) encontrou resultados semelhantes quando avaliou a flutuação
338 populacional de *A. grandis* em cultivos mistos de abóboras, observando
339 correlação significativa entre a presença de insetos, temperatura e umidade
340 relativa do ar, nos diferentes grupos capturados (machos imagos e adultos;
341 fêmeas imagos, adultas e com ovos; e total geral).

342 Esta correlação entre a flutuação populacional e fatores climáticos,
343 principalmente temperatura e umidade relativa do ar, também foi observada por
344 diversos autores como: Bateman (1972); Parra, Zucchi e Silveira Neto (1982);
345 Garcia e Corseuil (1999); Garcia, Campos e Corseuil (2003); Uramoto, Walder
346 e Zucchi (2003). Além disto, o desenvolvimento populacional de outras
347 espécies de moscas-das-frutas está correlacionado com a disponibilidade de
348 frutos. Provavelmente a não ocorrência da praga em determinadas épocas do
349 ano deve estar relacionada à presença de frutos no campo que ocorre na
350 época chuvosa na maior parte dos estados das regiões Sudeste e Centro
351 Oeste (Araujo, Lima e Zucchi, 2000).

352 Para Miranda e Ximenes (2009), questões dessa natureza são
353 relevantes, já que possibilitam antecipar os impactos, e, particularmente, as
354 perdas de uma eventual entrada e disseminação de *A. grandis* no Brasil, a qual
355 está presente apenas em algumas regiões, contribuindo com informações que
356 podem ser utilizadas para o planejamento da defesa agropecuária.

357

358 **Contribuição do autor**

359 **Autor 1 e 4:** Planejamento e execução da pesquisa; redação.

360 **Autor 2:** Análise estatística.

361 **Autor 1, 3 e 4:** Redação.

362 Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito.

363 **Referências**

- 364 Adagri (2013). *Fiscalização protege área livre de Anastrepha grandis*. Obtido
365 em: [http://www.adagri.ce.gov.br/index.php/noticias/895-fiscalizacao-protege-](http://www.adagri.ce.gov.br/index.php/noticias/895-fiscalizacao-protege-area-livre-de-anastrepha-grandis-)
366 [area-livre-de-anastrepha-grandis-](http://www.adagri.ce.gov.br/index.php/noticias/895-fiscalizacao-protege-area-livre-de-anastrepha-grandis-).
- 367 Agriannual (2009). *Anuário da Agricultura Brasileira*. São Paulo: FNP consultoria
368 e AgrolInformativos, 496p.
- 369 Almeida, D.P.F. (2002). *Cucurbitáceas hortícolas*. [artigo de texto]. Obtido em:
370 <<http://dalmeida.com/hortnet/apontamentos/Cucurbitaceas.pdf>>.
- 371 Amariz, A., Lima, M. A. C., Borges, R. M. E., Belém, S. F., Passos, M. C. L. M.
372 S., Trindade, D. C. G., &Ribeiro, T. P. (2009). Caracterização da qualidade
373 comercial e teor de carotenóides em acessos de abóbora. *Horticultura*
374 *Brasileira*, 27, S541-S547.
- 375 Araujo, E. L., Lima, F. A. M., & Zucchi, R.A. (2000). Rio Grande do Norte. In: A.
376 Malavasi, R. A. Zucchi (Eds.) *Moscas-das-frutas de importância econômica*
377 *no Brasil - Conhecimento básico e aplicado* (223-228).Ribeirão Preto: Holos.
- 378 Bateman, M. A. (1972). The ecology of fruit flies. *Annual Review Entomology*,
379 17, 493-518.
- 380 Bolzan, A., Diez-Rodríguez, G. I., Garcia, F. R. M., & Nava, D. E. (2016).
381 *Anastrepha grandis*: bioecologia e manejo– Pelotas: Embrapa Clima
382 Temperado. (*Documentos / Embrapa Clima Temperado*, ISSN 1516-8840;
383 404).

- 384 Bolzan, A., Nava, D. E., Garcia, F.R. M., Valgas, R. A. & Smaniotto, G. (2015).
385 Biology of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in different cucurbits.
386 *Journal of Economic Entomology*, 108, 1034-1039.
- 387 Bolzan, A., Nava, D. E., Smaniotto, G., Valgas, R. A. & Garcia, F. R. M. (2017).
388 Development of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) under constant
389 temperatures and field validation of a laboratory model for temperature
390 requirements. *Crop Protection*, 100, 38-44.
- 391 Bondar, G. (1950). Moscas de frutas na Bahia. *Biologia do Campo*, 34, 13-15.
- 392 Brasil (2006). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria
393 de Defesa Agropecuária. *Áreas Livres de Pragas: Áreas livres de*
394 *Anastrepha grandis*. Obtido em: [http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Importacao/Requisitos%20Saint%20rios/Rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pragas/pragasvegetaisv1.pdf)
395 [/vegetal/Importacao/Requisitos%20Saint%20rios/Rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pragas/pragasvegetaisv1.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Importacao/Requisitos%20Saint%20rios/Rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pragas/pragasvegetaisv1.pdf).
396
- 397 Camargo Filho, W.P., Mazzei, A.R. & Olivetti, A. M. M. P (1994).
398 Estacionalidade da produção e preços de abóboras em São Paulo.
399 *Informações Econômicas*, 24, 25-37.
- 400 Carvalho, R. S. (2003). Estudos de laboratório e de campo com o parasitoide
401 exótico *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera:
402 Braconidae) no Brasil. Piracicaba. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências,
403 Universidade de São Paulo.
- 404 Carvalho, R. S.; Nascimento, A.S. & Matrangolo, W. J. S. (2000). Controle
405 Biológico. In: A. Malavasi e Zucchi, R. A. (Eds.). *Moscas-das-frutas de*

- 406 *importância econômica no Brasil. Conhecimento básico e aplicado.* Ribeirão
407 Preto: Holos.
- 408 Costa Lima, A. (1926). Sobre as moscas das frutas que vivem no Brasil.
409 *Chácaras e Quintais*, 34, 20-24.
- 410 Dias, R. C. S., Costa, N. D., Queiroz, M. A., Faria, C. M. B. (2001). Cultura da
411 melancia. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 20 p (Embrapa Semi-Árido.
412 Circular - Técnica, 63).
- 413 Fischer, C. R. (1932). Nota taxonômica e biológica sobre *Anastrepha grandis*
414 Macquart (1846) (Diptera: Trypetidae). *Revista de Entomologia*, 2, 302-310.
- 415 Fonseca, J. P. (1934). Relação das principais pragas observadas nos anos de
416 1931, 1932 e 1933 nas plantas de maior cultivo no Estado de São Paulo.
417 *Arquivos do Instituto Biológico*, 5, 263-289.
- 418 Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. C., Berti
419 Filho, E., Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Alves, S. B., Vendramim, J. D.,
420 Marchini, L. C., Lopes, J. R. S. & Omoto, C. (2002). *Entomologia agrícola*.
421 Piracicaba: FEALQ.
- 422 Garcia, F. R. M. & Corseuil, E. (1999). Influência de fatores climáticos sobre
423 moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares de pessegueiro em
424 Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Revista da Faculdade de Zootecnia,*
425 *Veterinária e Agronomia*, 5/6, 71-75.
- 426 Garcia, F. R. M., Campos, J. V. & Corseuil, E. (2003). Flutuação populacional
427 de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) na

428 região Oeste de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*,
429 47, 415-420.

430 Hortifruti Brasil (2017). *Edição Especial*. Obtido em:
431 [http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/retrospectiva-2016-](http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/retrospectiva-2016-perspectivas-2017.aspx)
432 [perspectivas-2017.aspx](http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/retrospectiva-2016-perspectivas-2017.aspx).

433 Inmet (2018). *Instituto Nacional de Meteorologia*. Obtido em:
434 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>.

435 Junior, A. L. M. (2014). Novos registros de hospedeiros de moscas-das-frutas
436 (Diptera: Tephritidae) para o Rio Grande do Sul. *Revista de Agricultura*, 89,
437 65-71.

438 Kokubu, M. C. C. (2012). *Aspectos bioecológicos sobre a mosca-das-*
439 *cucurbitáceas sul-americana Anastrepha grandis (Diptera: Tephritidae)*.
440 (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio).
441 Obtido em: <
442 http://www.biologico.sp.gov.br/pos_graduacao/pdf/2012/mario.pdf>.

443 Malavasi, A., Morgante, J. S. & Zucchi, R. A. (1980). Biologia de "moscas-das-
444 frutas" (Diptera: Tephritidae): lista de hospedeiros e ocorrência. *Revista*
445 *Brasileira de Biologia*, 40, 9-16.

446 (MAPA) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2008). *Instrução*
447 *normativa n° 35*. Obtido em: [http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19273)
448 [consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19273](http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19273).

- 449 Miranda, S. H. G. & Ximenes, V. P. (2009). A importância econômica dos
450 impactos da introdução de pragas exógenas no Brasil. *Agronegócios*. 95-
451 106.
- 452 Montes, S. M. N. M., Raga, A. & Souza-Filho, M. F. (2011). Levantamento de
453 espécies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) em áreas de cucurbitáceas
454 sob sistema de mitigação de risco. *Arquivos do Instituto Biológico*, 78, 317-
455 320.
- 456 (NAPPO) North American Plant Protection Organization (2009). *Phytosanitary*
457 *Alert System. Outbreak of Anastrepha grandis (South American cucurbit fruit*
458 *fly) in Panama.* Obtido em:
459 <<http://www.pestalert.org/viewNewsAlert.cfm?naid=76>>.
- 460 Nascimento, A., Malavasi, A. & Morgante, J. S. (1987). Programa de
461 monitoramento de *Anastrepha grandis* (Macquart, 1845) (Diptera:
462 Tephritidae) e aspectos de sua biologia. In: H. M. L. Souza (Ed.). *Moscas-*
463 *das-frutas no Brasil* (pp. 54-63). Campinas, Fundação Cargill. I Encontro
464 sobre moscas-das-frutas, 1. Campinas.
- 465 Nava, D. E., Melo, M., Carbonari, J. J. & Perleberg, C. S. (2009). Cerco à
466 mosca. *Cultivar HF*, 58, 12-15.
- 467 Norrbom, A. L. (1991). The species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) with a
468 *grandis* type wing pattern. *Proceedings of the Entomological Society of*
469 *Washington*, 93, 101-124.
- 470 Parra, J. R. P. (2000). A biologia de insetos e o manejo de pragas: da criação
471 em laboratório à aplicação em campo. In: J. V. C. Guedes, I. D. Costa & E.

- 472 Castiglioni (eds). *Bases e técnicas do manejo de insetos* (pp.1-29).
473 UFSM/CCR/DFS, Santa Maria.
- 474 Parra, J. R. P., Zucchi, R. A. & Silveira Neto, S. (1982). Flutuação populacional
475 e atividade diária de vôo da moscas-do-mediterrâneo em cafeeiros 'Mundo
476 Novo'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 17, 985-992.
- 477 Pimentel-Gomes, F. (2009). *Estatística Experimental*. 15 ed. Universidade de
478 São Paulo, FEALQ, 2009. 451.
- 479 R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*.
480 R Foundation for Statistical Computing, Áustria.
- 481 Silva, J. G. & Malavasi, A. (1993). The status of honeydew melon as a host of
482 *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 76, 516-519.
- 483 Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D. & Nova, N. A. V. (1976). *Manual de*
484 *Ecologia de Insetos*, São Paulo: Agronômica Ceres.
- 485 Uchôa-Fernandes, M. A.& Zucchi, R. A. (2000). Moscas-das-frutas nos estados
486 brasileiros: Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. In: A. Malavasi e Zucchi, R.
487 A. (Eds.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil*.
488 *Conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos.
- 489 Uramoto, K., Walder, J. M. M. & Zucchi, R. A. (2003). Flutuação populacional
490 de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera:
491 Tephritidae) no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. *Arquivo Instituto*
492 *Biológico*, 70, 459-465.

- 493 Veloso, V. R. S., Pereira, A.F., Rabelo, L. R. S., Caixeta, C. V. D. & Ferreira, G.
494 A. (2012). Moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) no Estado de Goiás:
495 ocorrência e distribuição. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42, 357-367.
- 496 Zucchi, R. A. (2000). Espécies de *Anastrepha*, sinónímias e plantas
497 hospedeiras e parasitóides. In: A. Malvasi e R. A. Zucchi (Eds.). *Moscas-*
498 *das-frutas de importância econômica no Brasil. Conhecimento básico e*
499 *aplicado*.Ribeirão Preto: Hollos.
- 500 Zucchi, R. A. (2008). *Fruit flies in Brazil - Anastrepha species their host plants*
501 *and parasitoids* [Artigo de texto]. Obtido em:
502 www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/. Atualizado em agosto de 2011.

Tabela 1. Valores médios (\pm erro padrão da média) de parâmetros biológicos da fase adulta de *Anastrepha grandis* nas diferentes faixas de umidade relativa do ar (UR). Temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 horas.

Parâmetros biológicos	Faixas de umidade relativa do ar (%)				
	20-39	40-59	60-79	80-100	Testemunha - 75
Período de pré-oviposição (dias) ¹	18,25 \pm 1,78 a (14,00 - 24,00)	26,27 \pm 18,68a (13,00 - 40,00)	22,38 \pm 11,16 a (13,00 - 46,00)	21,46 \pm 10,48a (11,00 - 37,00)	25,54 \pm 15,90a (16,00 - 49,00)
Período de oviposição (dias) ¹	15,00 \pm 0,42b (15,00 - 15,00)	13,70 \pm 4,09b (7,00 - 22,00)	27,00 \pm 15,82 a (6,00 - 39,00)	24,25 \pm 14,47ab (9,00 - 41,00)	20,00 \pm 8,19ab (2,00 - 45,00)
Fecundidade ²	39,00 \pm 9,33e (22,00 - 64,00)	80,80 \pm 20,70d (3,00 - 322,00)	197,85 \pm 47,45b (33,00 - 613,00)	225 \pm 45,11a (38,00 - 463,00)	105,46 \pm 25,89c (3,00 - 311,00)
Fertilidade (%) ³	16,00 \pm 1,77cd (0,00 - 16,00)	23,70 \pm 0,95bc (5,00 - 72,00)	52,10 \pm 2,89b (12,00 - 95,00)	13,20 \pm 0,58d (0,00 - 74,00)	77,40 \pm 5,67a (60,00 - 92,00)

Valores seguidos pela mesma letra na linha não diferem entre si pelos testes de Logrank¹, Qui-quadrado² e Tukey ao nível de 5% de probabilidade³.

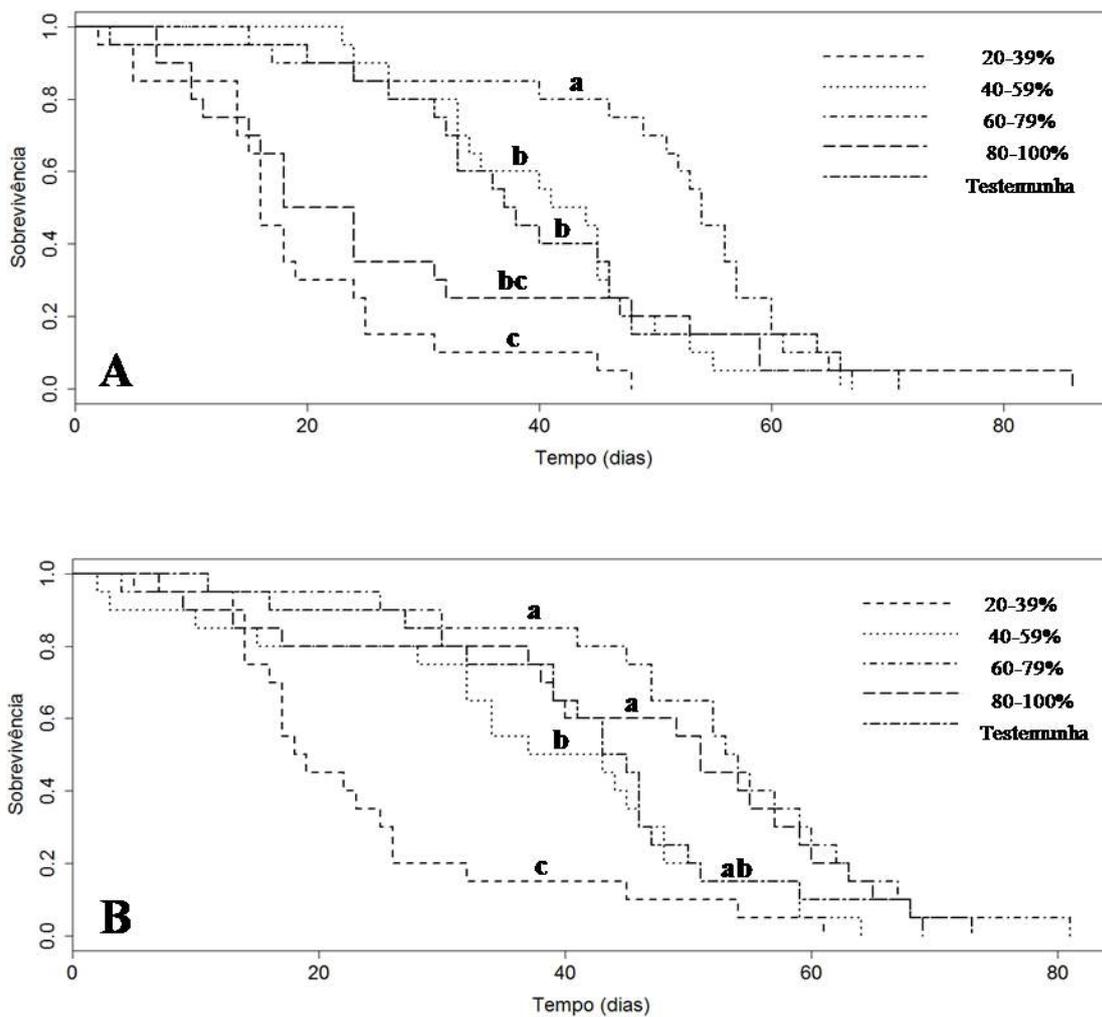


FIGURA 1. Curvas de sobrevivência de adultos machos (A) e fêmeas (B) de *Anastrepha grandis* nas diferentes faixas de umidade relativa do ar. Temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. Os valores médios para machos e fêmeas foram de 19,3 e 23,9 dias (20-39%), 40,7 e 36,7 dias (40-59%), 49,7 e 51,1 dias (60-79%), 28,5 e 45,1 dias (80-100%) e 39,4 e 42,6 dias (testemunha).

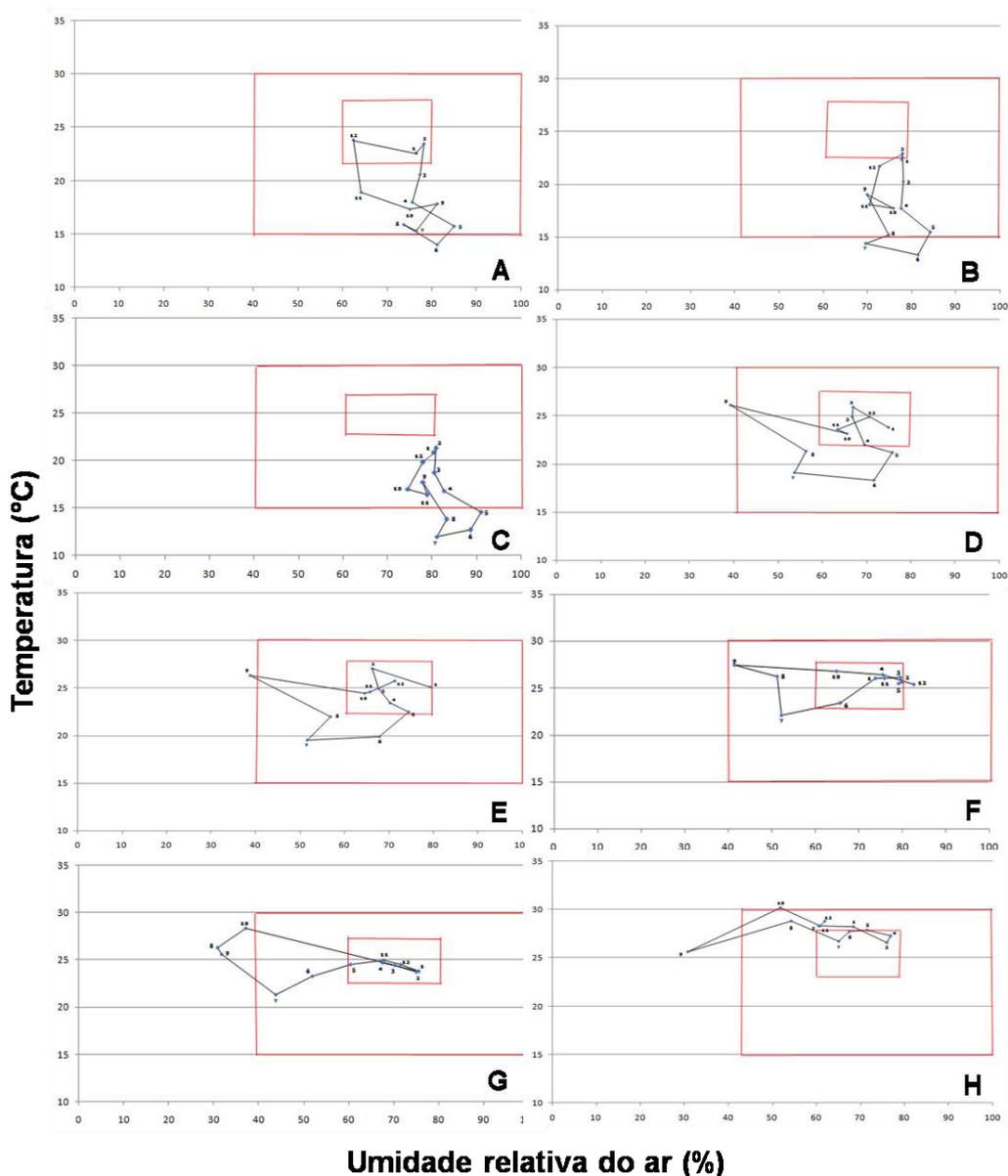


FIGURA 2. Termohigrogramas de diferentes regiões do Brasil para avaliação da influência da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) sobre *Anastrepha grandis*. (A) Bagé-RS, (B) Montenegro-RS, (C) Lages-SC, (D) Maringá-PR, (E) Presidente Prudente-SP, (F) Rondonópolis-MT, (G) Goianésia-GO, (H) Jaguaruana-CE, (Dados médios de 10 anos, INMET). Os retângulos, menor e maior em vermelho representam a zona ótima e a zona favorável para o desenvolvimento de *Anastrepha grandis*, respectivamente. Os números de 1 a 12 representam os meses do ano.

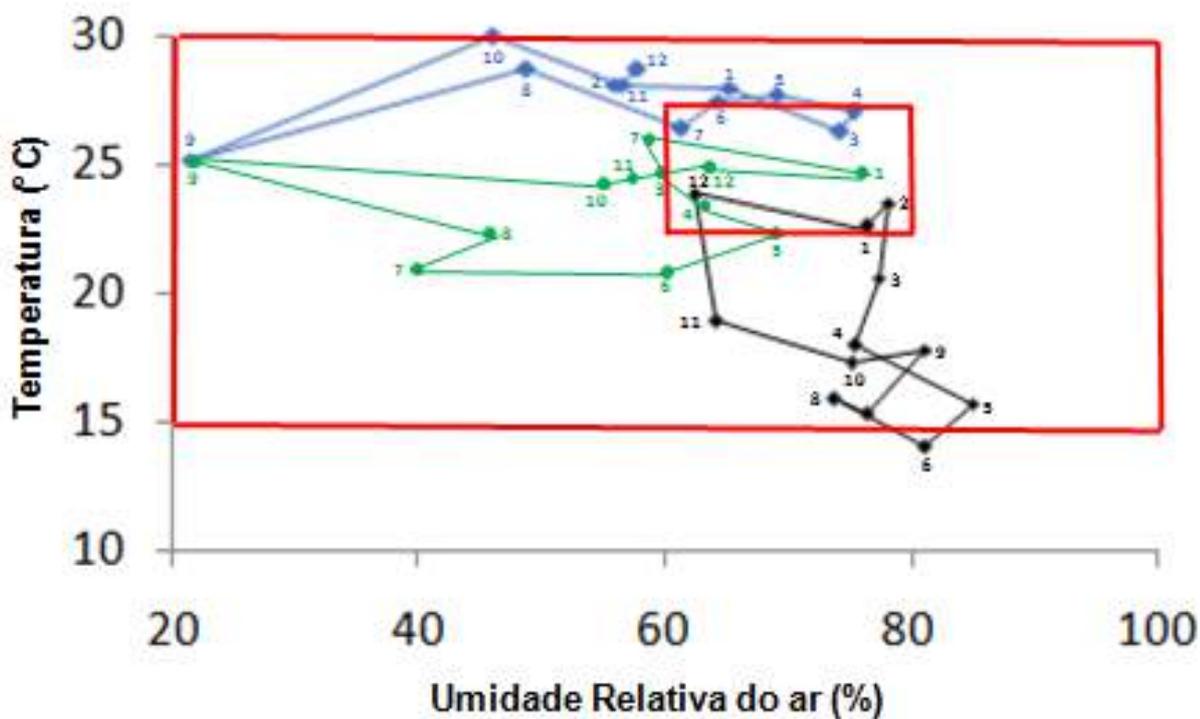


FIGURA 3. Termohigrograma comparativo de três regiões do Brasil produtoras de cucurbitáceas, sendo, Jaguaruana-CE (linha azul), considerada área livre da praga, Presidente Prudente-SP (linha verde) considerada área com presença da praga e Bagé-RS (linha preta) considerada área com sistema de mitigação de risco. (Dados médios de 10 anos do INMET). Os retângulos, menor e maior em vermelho representam a zona ótima e a zona favorável para o desenvolvimento de *Anastrepha grandis*. Os números de 1 a 12 representam os meses do ano.

Artigo 2 – Revista Arquivos do Instituto Biológico

Artigo 2

Impacto potencial do aquecimento global sobre a distribuição de *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) no Brasil

Potential impact of global warming on the distribution of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in Brazil

*Heitor Lisboa¹, Anderson Dionei Grutzmacher¹, Dori Edson Nava²

⁽¹⁾Universidade Federal de Pelotas - UFPel, heitorlisboa@hotmail.com, anderson.grutzmacher@pq.cnpq.br, ⁽²⁾Embrapa Clima Temperado, dori.edson-nava@embrapa.br

*Autor Correspondente: heitorlisboa@hotmail.com

RESUMO: *Anastrepha grandis* é uma das principais pragas relacionadas à Cucurbitaceae e que está restrita à América do Sul e Central. Por ser uma praga quarentenária torna-se um inseto de grande importância para os países produtores e importadores de melão. O presente trabalho teve como objetivo conhecer o impacto do aumento da temperatura no número de gerações de *A. grandis* e que poderá se tornar um problema futuro ainda maior com o aquecimento global. Estas variações climatológicas foram analisadas nos cenários de referência relacionados às normais climatológicas obtidas de 1961-1990 e nos cenários de mudanças climáticas A2 e B1 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), abordando um cenário menos pessimista (B1), e um cenário mais pessimista (A2). Em relação ao período de referência é possível observar que nas estações mais frias (outono e inverno), as regiões sul e sudeste apresentam-se inadequadas para o desenvolvimento de *A. grandis*, apresentando no máximo uma geração, enquanto que nas estações mais quentes (primavera e verão) o inseto pode chegar a duas gerações, nessas mesmas regiões. Nas demais regiões do País, onde as temperaturas apresentam-se mais elevadas durante todo o ano, o número de gerações é de no mínimo duas e não há uma variação de uma estação climática para outra. Quando foi analisado o aumento da temperatura, levando em consideração um cenário mais pessimista (A2), é possível observar uma variação considerável no número de gerações nos três cenários climáticos futuros, podendo *A. grandis* dobrar o número de gerações, independentemente, da estação do ano, devido principalmente ao aumento de temperatura global. Em relação a um cenário menos pessimista (B1), é evidente uma variação menor no número de gerações de *A. grandis*, principalmente na região Sul do País, enquanto que na região Sudeste,

essa variação já é mais acentuada, devido ao aumento da temperatura, podendo dobrar o número de gerações mesmo nas estações mais frias do ano.

PALAVRAS-CHAVE: Fatores abióticos, Cucurbitáceas, mudanças climáticas, praga quarentenária, mosca-das-cucurbitáceas sul-americana.

ABSTRACT: *Anastrepha grandis* is one of the main pests related to Cucurbitaceae and is restricted to South and Central America. Because it is a quarantine pest, it becomes an insect of great importance for melon producing and importing countries. The present work aimed to know the impact of the increase in temperature on the number of generations of *A. grandis* and that could become an even bigger problem with global warming. These climatic variations were analyzed in the reference scenarios related to the climatological norm obtained from 1961-1990 and in the climate change scenarios A2 and B1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), addressing a less pessimistic scenario (B1), and a more pessimistic (A2). Regarding the reference period, it can be observed that in the colder seasons (autumn and winter), the south and southeast regions are inadequate for the development of *A. grandis*, presenting at most one generation, while in the hottest seasons (spring and summer) the insect can reach two generations in those same regions. In other regions of the country, where temperatures are highest throughout the year, the number of generations is at least two and there is no variation from one climatic season to another. When the temperature increase was analyzed, taking into account a more pessimistic scenario (A2), it is possible to observe a considerable variation in the number of generations in the three future climatic scenarios, being able to double the number of generations, independently, of the season of the year, mainly due to the global temperature increase. In relation to a less pessimistic scenario (B1), it is evident a smaller variation in the number of generations of *A. grandis*, mainly in the South of the Country, whereas in the Southeast region, this variation is more accentuated, due to the increase of the temperature, doubling the number of generations even in the coldest seasons of the year.

KEY WORDS: Abiotic factors, Cucurbitaceae, climate change, quarantine pest, South American cucurbit fly

INTRODUÇÃO

O atual cenário fitossanitário da agricultura brasileira pode ser alterado pela mudança climática antropogênica e, conseqüentemente, nos próximos anos poderão ocorrer alterações na importância das pragas e doenças das plantas cultivadas. A análise dos possíveis efeitos da mudança climática sobre os problemas fitossanitários das culturas comerciais é fundamental para adoção de medidas mitigadoras, com a finalidade de evitar maiores prejuízos (GHINI, 2005).

Para os insetos em geral, as variáveis climáticas, em especial a temperatura do ar, é importante por condicionar mudanças principalmente na dispersão, taxas de desenvolvimento e reprodução (WREGG et al., 2017). A temperatura, umidade e luminosidade são os fatores abióticos que mais atuam sobre moscas-das-frutas (GARCIA, 2009). Portanto, qualquer alteração em um desses componentes poderá ter um impacto direto nas populações.

Os efeitos de mudanças climáticas sobre insetos afetam cada espécie de maneira diferente e devem ser estudados de forma aprofundada (KRUGER et al., 2017). Alguns estudos bioclimáticos de moscas-das-frutas foram conduzidos para prever áreas onde as espécies-praga podem sobreviver e se reproduzir (MESSENGER; FLITTERS, 1954). No entanto, há poucos trabalhos sobre o impacto da mudança climática no desenvolvimento de pragas agrícolas em condições brasileiras, principalmente moscas-das-frutas.

Segundo NASCIMENTO et al. (1993) as espécies *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830), *Anastrepha obliqua* (Macquart), *Anastrepha sororcula* (Zucchi, 1979), *A. grandis* e *Ceratitis capitata* (Wiedmann) são relacionadas pelas agências de proteção de vários países como espécies quarentenárias. No Brasil, os gêneros *Ceratitis* e *Anastrepha* são os de maior importância econômica, onde o primeiro é

representado por apenas uma espécie, *Ceratitis capitata*, e o segundo por 112 espécies (ZUCCHI, 2008). Ambos são responsáveis por perdas consideráveis devido ao hábito frugívoro da larva, que torna o mesocarpo do fruto impróprio para o consumo (DUARTE; MALAVASI, 2000). Entretanto, em um mesmo País, a importância de uma espécie pode variar segundo o hospedeiro, a região ou a época do ano (ZUCCHI, 2008).

Dentre as espécies de moscas-das-frutas que possuem restrições quarentenárias, destaca-se *A. grandis*, que tem como principal hospedeiro os frutos de Cucurbitaceae e esta presente nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste. Essa espécie possui hábitos oligófagos e multivoltinos e é considerada uma praga de importância quarentenária por países importadores de cucurbitáceas. Para exportar frutos de cucurbitáceas para países livres ou indenes dessa praga, os países com ocorrência de *A. grandis* devem produzir em Áreas Livres de Pragas (ALP) ou de áreas com a implantação do Sistema Integrado de Medidas para Manejo do Risco de Pragas (SMR), programas estes reconhecidos pelos órgãos oficiais.

Na região Sul do Brasil alterações da temperatura mínima do ar já foram detectadas através do estudo do comportamento climático nas últimas décadas, e de análise de séries temporais de dados climáticos de instituições estaduais de pesquisa agropecuária. De modo geral, o incremento de temperatura mínima observado em várias estações meteorológicas nos últimos 50 anos foi de aproximadamente 1,5°C, variando conforme o local. Foi detectado, também, aumento da temperatura máxima, mas em menor escala, cerca de 0,5 °C (RICCE et al., 2008; STEINMETZ et al., 2005). Estudos de distribuição de populações de insetos indicam que o aumento da temperatura poderá agravar as perdas causadas nas culturas. Estes aumentos foram analisados nos cenários de referência

relacionados às normais climatológicas obtidas de 1961-1990 (HAMADA et al., 2008) e nos cenários de mudanças climáticas A2 e B1 do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) abordando um cenário menos pessimista (B1), e um cenário mais pessimista (A2) para as próximas décadas (MEEHL; STOCKER, 2007). Dentro dessa perspectiva de aquecimento global objetivou-se com este trabalho verificar o impacto do aumento da temperatura no número de gerações de *A. grandis* no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O número de gerações que ocorre em um ano foi calculado pela soma térmica total existente em cada local, dividindo-a pela constante térmica necessária para completar o ciclo de vida do inseto. Esse cálculo foi feito para todas as regiões do Brasil, usando os dados climáticos organizados por HAMADA et al. (2008), que verificaram a consistência, os erros e a completude de vários modelos climáticos, selecionando e compilando os melhores modelos, que foram aqueles que representavam melhor a realidade de cada região. A soma térmica foi calculada para o período base 1961-1990 (considerado como período presente) e para as projeções de cenários climáticos futuros, até 2100.

A soma térmica foi calculada pela diferença entre a média das temperaturas máximas e mínimas e o limiar térmico inferior de desenvolvimento ou temperatura base (T_b). A temperatura base representa o limite abaixo do qual o inseto não se desenvolve por não encontrar condições favoráveis para completar o ciclo de vida. Dessa maneira, no inverno, o ciclo de vida do inseto tem duração maior que no verão, pois nesse período, com certa frequência a temperatura chega próxima do

limiar térmico inferior de desenvolvimento. Os mapas dos números de gerações do inseto no período base e as projeções de cenários futuros foram feitos por regressão linear múltipla, onde foram correlacionadas a variável número de gerações com a altitude, a latitude e a longitude de cada local, usando o modelo numérico do terreno (MNT) do GTOPO30 (Tabela 1) (ESTADOS UNIDOS, 1999). Os mapeamentos foram feitos em sistemas de informações geográficas, utilizando o programa ArcGIS 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas exigências térmicas obtidas por BOLZAN et al. (2017) e na normal climatológica de 1961-1990 (cenário de referência) *A. grandis* pode ter de uma a duas gerações por ano, podendo variar em função da região e da estação climática ao longo do ano (Tabelas 2 e 3) (Figura 1). Comparando este cenário de referência com os cenários B1 (menos pessimista), com baixas emissões de gases de efeito estufa (Figura 3) e A2 (mais pessimista), com altas emissões de gases de efeito estufa (Figura 2) há um aumento do número de gerações, principalmente nas estações mais frias do ano, visto que a tendência é que ocorra um aumento nas temperaturas ao longo dos anos.

O melhor desenvolvimento de *A. grandis* ocorrer nas regiões mais quentes, geralmente de menor altitude. Nas zonas de maior altitude, onde a temperatura é mais baixa, a disseminação acaba sendo mais lenta (Figura 1). Levando em conta esta definição, o cenário pessimista A2 caracteriza-se pela manutenção dos padrões de emissões de gases de efeito estufa (GEE) observados nas últimas décadas, o que implicaria em concentrações atmosféricas mais elevadas; já B1 seria o cenário de menores emissões ou cenário “menos pessimista”, com tendência à estabilização

das emissões de GEE e concentração, no final deste século, de cerca de 550 ppm (NAKICENOVIC et al., 2000).

A mosca-das-cucurbitáceas sul-americana assim como todas as moscas pertencentes aos gêneros *Anastrepha*, *Ceratits* e *Dacus*, são multivoltinas com mais de uma geração por ano, sem diapausa e distribuídos em regiões tropicais (BATEMAN, 1972; GARCIA, 2009). Embora o desenvolvimento em hospedeiros alternativos seja reduzido, os insetos conseguem sobreviver as estações desfavoráveis e posteriormente, em uma próxima geração, vir a atacar seus hospedeiros preferenciais.

Na atualidade, levando em consideração a média, *A. grandis* pode ter duas gerações por ano nas regiões mais favoráveis ao desenvolvimento, regiões Nordeste e Sudeste do Brasil (Figura 2). Esse número pode ser maior com o aumento de temperatura, elevando-se de uma para praticamente 2 gerações por ano nas regiões mais frias, de maior altitude, e no máximo 3 gerações por ano, nas regiões mais quentes, de menor altitude. Isso significa dobrar o número de gerações, comparado ao período de referência. Para as previsões futuras, no cenário B1, é possível observar um aumento de pouco mais de uma geração por ano, seja nas regiões mais quentes, de menor altitude como nas regiões mais frias, de maior altitude (Figura 3).

Pesquisas relacionadas a técnicas de manejo de pragas e de ações de mitigação visando atenuar os efeitos das mudanças climáticas são estratégicas, procurando-se pelo menos manter a população do inseto nos níveis atuais, e evitar, assim, maior contaminação do meio ambiente pelo uso de agrotóxicos e seu efeito de toxicidade sobre as plantas. Sendo assim, o zoneamento baseado nos fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento do inseto possibilita a definição dos

ambientes ecologicamente favoráveis e/ou desfavoráveis para o seu desenvolvimento (BAKER et al., 2000). As mudanças climáticas também podem afetar os insetos indiretamente, pois podem responder induzidos por outros fatores. Esses fatores podem incluir interação com outra espécie (competição, predação e parasitismo) ou para insetos herbívoros interação com as plantas hospedeiras. O aquecimento global pode afetar a estrutura das comunidades existentes porque respostas individuais inevitavelmente alterarão interações de espécies e conduzirão a mudanças na composição das comunidades naturais (MENÉNDEZ, 2007).

A temperatura, a precipitação pluvial, umidade e outros parâmetros climáticos afetam várias atividades biológicas (taxas de desenvolvimento, reprodução, distribuição, migração e adaptação). Além disso, os efeitos indiretos poderão ocorrer por meio da influência do clima sobre as suas plantas hospedeiras, inimigos naturais e interações interespecíficas com outros insetos. Assim, mudanças climáticas resultantes do aumento dos níveis de gases do efeito estufa na atmosfera poderiam ter em impacto significativo no desenvolvimento, na distribuição e na densidade populacional de insetos-praga (PORTER et al., 1991).

Levando em consideração as Áreas Livres de *A. grandis*, nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, é possível dizer que as condições ambientais e o tipo de vegetação do semi-árido não favorecem a permanência de altas densidades populacionais de moscas-das-frutas durante o ano inteiro, sendo o número de moscas capturadas durante os meses mais secos do ano bastante restrito (ARAÚJO et al., 2000).

As projeções futuras foram baseadas nas necessidades de *A. grandis* em relação aos fatores ambientais (temperatura e umidade relativa). Com base na análise desses fatores, as condições climáticas futuras serão favoráveis ao

desenvolvimento desta praga. Assim como descrito por Santos (2008), onde determinou que *A. fraterculus* e *C. capitata* possam se adaptar ao aumento de temperatura previsto para 2080. Entretanto, em se tratando de espécies frugívoras, é preciso considerar também, que as condições naturais favoráveis à manutenção de suas plantas hospedeiras serão cruciais à sobrevivência das moscas-das-frutas, independentemente das características biológicas intrínsecas desses insetos, bem como o efeito aos seus inimigos naturais (KRUGER et al., 2017).

CONCLUSÕES

- Na estimativa de 2041 a 2070, os cenários apontam para uma tendência de aumentar a temperatura do ar e, assim, favorecer a disseminação da praga, com aumento do número de gerações que ocorrem em um ano;
- Na atualidade o número de gerações pode ser maior com o aumento de temperatura, elevando-se de uma para praticamente duas gerações por ano nas regiões mais frias e até três gerações por ano, nas regiões mais quentes;
- Para as projeções futuras, é possível observar um aumento de pouco mais de uma geração por ano, tanto nas regiões mais quentes, como nas regiões mais frias;
- Na região nordeste do País, onde estão localizadas as Áreas Livres de *A. grandis*, é possível afirmar que a população de moscas é consideravelmente menor do que aquelas encontradas nas regiões litorâneas, principalmente devido as condições climáticas e o tipo de vegetação do semi-árido, os quais não favorecem a permanência de altas densidades populacionais da praga durante o ano todo.

AGRADECIMENTOS

A coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES),
pela concessão da bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, E.L.; LIMA, F.A.M.; ZUCCHI, R.A. Rio Grande do Norte. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil - Conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos, 2000.p.223-228.

BAKER, R.H.A.; SANFORD, C.E.; JARVIS, C.H.; CANNONA, R.J.C.; MacLEODA, A.; WALTERS, K.F.A. The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pests under current and future climates. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.82, p.57-71, 2000.

BATEMAN, M.A. The ecology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v.17, p.493-511, 1972.

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.

DUARTE, A.L.; MALAVASI, A. Tratamentos quarentenários. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil - Conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Editora, p.187-192, 2000.

ESTADOS UNIDOS. Geological Survey. National Mapping Division. *Global 30arc second elevation data*.1999. Disponível em: <<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>>. Acesso em: 30 de março de 2018.

GARCIA, F.R.M. Fruit fly: biological and ecological aspects. In: BANDEIRA, R.R. (Ed.). **Current trends in fruit flies control on perennial crops and research prospects**. Kerala: Trans world Research Network, 2009. p.1-35.

GHINI, R. *Mudanças climáticas globais e doenças de plantas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104p.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R.R.V.; MARENGO, J.A.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Org.). *Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 25-73, 2008.

KRÜGER, A.P.; PIOVESAN, B.; PETER, R.; SCHEUNEMANN, T.; GARCIA, F.R.M. Mudanças climáticas podem afetar o controle biológico de pragas? *O Biológico*. v.79, p.1-7, 2017.

MEEHL, G.A.; STOCKER, T.F. Global climate projections. In: SOLOMON, S.D; QIN, M.; MANNING, Z.; CHEN, M.; MARQUIS, K.B.; AVERYT, M.; TIGNOR; MILLER, H.L. (Ed.). *Climate Change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 747-845, 2007.

MENÉNDEZ, R. How are insects responding to global warming? *Tijdschrift voor Entomologie*, v.150, p.355-365, 2007.

MESSENGER, P.S.; FLITTERS, N.E. Bioclimatic studies of three species of fruit flies in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*, v.47, p.756-765, 1954.

NAKICENOVIC, N.; DAVIDSON, O.; DAVIS, G.; GRUBLER, A.; KRAM, T.; LA ROVERE, E.L.; METZ, B.; MORITA, T.; PEPPER, W.; PITCHER, H.; SANKOVSKI,

A.; SHUKLA, P.; SWART, R.; WATSON, R.; DADI, Z. *Emissions scenarios*. Cambridge University Press, 2000. (IPCC Special Reports). Disponível em: <<http://pure.iiasa.ac.at/6101/2/sres-en.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2018.

NASCIMENTO, A.S.; MORGANTE, J.S.; MALAVASI, A.; URAMOTO, K. Ocurrence and distribution of *Anastrepha* in melon production áreas in Brasil. In: ALUJA, M.; LIEDO, P. (Ed.). *Fruit flies: biology and management*. New York: Springer-Verlag, p.39-42, 1993.

OAKLEY, R.G. Fruit flies (Tephritidae). In: *Manual of foreign plant pest for fruit flies*. Washington, DC: USDA, part. 3, p.168-248, 1950.

PORTER, J.H.; PARRY, M.L.; CARTER, T.R. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.57, p.221-240, 1991.

RICCE, W.S.; CARAMORI, P.H.; CAVIGLIONE, J.H.; MORAIS, H.; PEREIRA, L.M.P. Estudo das temperaturas mínimas e máximas no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 8., 2008, Alto Caparaó. *Anais...* Uberlândia: UFU, p. 200-210, 2008.

SANTOS, W.S. *Zoneamento ecológico de Anastrepha fraterculus e Ceratitis capitata (Diptera: Tephritidae) em dois cenários climáticos no Brasil*. 96p., Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2008.

STEINMETZ, S.; SIQUEIRA, O.J.W.; WREGE, M.S.; HERTER, F.G.; REISSER JÚNIOR, C. Aumento da temperatura mínima do ar na região de Pelotas, sua relação com o aquecimento global e possíveis conseqüências para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA,

14. Campinas. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1 CD-ROM, 2005.

U.S.GEOLOGICAL SURVEY. *Survey National Mapping Division: Global 30 Arc Second Elevation Data*, 1999. Disponível em: <<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30>>.

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C.J.S. Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. Porto Alegre: UFRGS, *Centro de Ecologia*. Disponível em: <<http://ecologia.ufrgs/labgeo>>. 2004. Acesso em: 10 abr. 2018.

WREGE, M.S.; BARBOSA, L.R.; AUER, C.G.; SANTOS, A.F. Influência das mudanças climáticas nas zonas de ocorrência do percevejo-bronzeado do eucalipto. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A.M.; GHINI, R. (Eds.). *Aquecimento global e problemas fitossanitários*. Brasília-DF: Embrapa, p.440-452, 488p., 2017.

ZUCCHI, R.A. *Fruit flies in Brazil - Anastrepha species their host plants and parasitoids*. 2008. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/. Atualizado em novembro de 2017. Acesso em: 01 de abril de 2018.

Tabela 1. Equações utilizadas na previsão do número de gerações de *Anastrepha grandis* em função da altitude, latitude e longitude para o período base e nos cenários futuros em diferentes estações do ano.

Cenário	Estação do ano	Equação de regressão	R ²
Período base			
Período base	Primavera	$2,476+0,018*\text{latitude}+0,0015*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,68
Período base	Verão	$2,364+0,006*\text{latitude}+0,0014*\text{longitude}-0,0003*\text{altitude}$	0,60
Período base	Outono	$2,478+0,025*\text{latitude}+0,0016*\text{longitude}-0,0003*\text{altitude}$	0,76
Período base	Inverno	$2,445+0,034*\text{latitude}+0,0006*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,79
Cenário futuro de mudanças climáticas A2 e B1 (2011-2040)			
2011-2040 (A2)	Primavera	$2,476+0,018*\text{latitude}+0,0015*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,68
2011-2040 (A2)	Verão	$2,363+0,006*\text{latitude}+0,0014*\text{longitude}-0,0003*\text{altitude}$	0,60
2011-2040 (A2)	Outono	$2,480+0,026*\text{latitude}+0,0016*\text{longitude}-0,0003*\text{altitude}$	0,80
2011-2040 (A2)	Inverno	$2,445+0,034*\text{latitude}-0,0006*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,79
2011-2040 (B1)	Primavera	$2,562+0,017*\text{latitude}+0,0019*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,67
2011-2040 (B1)	Verão	$2,440+0,006*\text{latitude}+0,0007*\text{longitude}-0,0003*\text{altitude}$	0,63
2011-2040 (B1)	Outono	$2,523+0,025*\text{latitude}+0,0006*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,75
2011-2040 (B1)	Inverno	$2,451+0,033*\text{latitude}-0,0009*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,79
Cenário futuro de mudanças climáticas A2 e B1 (2041-2070)			
2041-2070 (A2)	Primavera	$2,561+0,016*\text{latitude}+0,0007*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,68
2041-2070 (A2)	Verão	$2,485+0,006*\text{latitude}+0,0004*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,65
2041-2070 (A2)	Outono	$2,596+0,024*\text{latitude}+0,0008*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,75
2041-2070 (A2)	Inverno	$2,472+0,032*\text{latitude}-0,0015*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,79
2041-2070 (B1)	Primavera	$2,547+0,016*\text{latitude}+0,0012*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,68
2041-2070 (B1)	Verão	$2,449+0,006*\text{latitude}+0,0004*\text{longitude}-0,0003*\text{altitude}$	0,64
2041-2070 (B1)	Outono	$2,564+0,025*\text{latitude}+0,0008*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,76
2041-2070 (B1)	Inverno	$2,453+0,032*\text{latitude}-0,0011*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,79

Cenários de mudanças climáticas A2 e B1 (2071-2100)

2071-2100 (A2)	Primavera	$2,552+0,015*\text{latitude}+0,0007*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,68
2071-2100 (A2)	Verão	$2,502+0,006*\text{latitude}+0,0003*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,66
2071-2100 (A2)	Outono	$2,609+0,022*\text{latitude}+0,0012*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,75
2071-2100 (A2)	Inverno	$2,493+0,032*\text{latitude}-0,0009*\text{longitude}-0,0001*\text{altitude}$	0,78
2071-2100 (B1)	Primavera	$2,561+0,016*\text{latitude}+0,0008*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,68
2071-2100 (B1)	Verão	$2,485+0,006*\text{latitude}+0,0004*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,66
2071-2100 (B1)	Outono	$2,587+0,045*\text{latitude}+0,0007*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,76
2071-2100 (B1)	Inverno	$2,465+0,032*\text{latitude}-0,0016*\text{longitude}-0,0002*\text{altitude}$	0,80

Tabela 2. Locais com presença de *Anastrepha grandis*, área livre da praga (ALP), área com sistema de mitigação de risco (SMR) e número de gerações, do período de referência e projeções futuras, para o cenário mais pessimista (A2), nas quatro estações do ano no Brasil.

Estado	Localidade	Situação	N° gerações (Per. de Referência)				N° gerações 2011-2040 (A2)				N° gerações 2041-2070 (A2)				N° gerações 2071-2100 (A2)			
			Prim.	Ver.	Out.	Inv.	Prim.	Ver.	Out.	Inv.	Prim.	Ver.	Out.	Inv.	Prim.	Ver.	Out.	Inv.
RN	Mossoró	ALP-MF	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2
RN	Assu	ALP-MF	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2
RN	Macau	SMR	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2
RN	Jandaíra	SMR	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2
CE	Jaguaruana	ALP-MF	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,4	2,2	2,2	2,4	2,4	2,2
BA	Curaçá	Presente	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0	2,0	1,7	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	2,2	2,2
MT	Rondonópolis	Presente	2,0	2,0	1,7	1,5	1,7	2,0	1,7	1,9	1,8	1,8	2,0	2,0	1,6	1,6	2,2	2,2
GO	Goianésia	SMR	2,0	2,0	1,9	1,6	1,9	2,0	1,9	1,9	2,1	1,8	1,8	2,1	1,8	1,9	2,1	2,1
RJ	Nova Iguaçu	Presente	2,0	2,0	1,6	1,3	1,6	1,9	1,6	1,9	1,8	1,6	1,8	2,1	1,6	1,6	2,0	2,0
RJ	Seropédica	Presente	2,0	2,0	1,6	1,3	1,6	1,9	1,6	1,9	1,8	1,6	1,8	2,1	1,6	1,6	2,0	2,0
SP	Presid. Prudente	Presente	1,7	1,7	1,4	1,4	1,5	1,7	1,4	1,6	1,7	1,6	1,8	1,9	1,6	1,6	1,9	1,8
SP	Mesópolis	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	1,5	1,7	1,4	1,6	1,7	1,6	1,8	1,9	1,6	1,6	1,9	1,8
SP	Urânia	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	1,5	1,7	1,4	1,6	1,7	1,6	1,8	1,9	1,6	1,6	1,9	1,8
SP	Presid. Bernardes	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	1,5	1,7	1,4	1,6	1,7	1,6	1,8	1,9	1,6	1,6	1,9	1,8
SP	Paranapuã	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	1,5	1,7	1,4	1,6	1,7	1,6	1,8	1,9	1,6	1,6	1,9	1,8
PR	Maringá	Presente	1,6	1,6	1,2	1,1	1,3	1,7	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8	1,6	1,5	1,5	1,8	1,8
PR	Stª Isabel do Ivaí	SMR	1,6	1,6	1,2	1,1	1,3	1,7	1,4	1,4	1,6	1,7	1,8	1,6	1,5	1,5	1,8	1,8
SC	Lages	Presente	1,4	1,4	1,2	1,1	1,2	1,4	1,2	1,4	1,4	1,3	1,6	1,8	1,4	1,4	1,8	1,8
RS	Montenegro	Presente	1,6	2,0	1,2	1,1	1,2	1,4	1,5	1,9	1,4	1,3	1,7	1,9	1,4	1,4	1,8	1,8
RS	Bagé	SMR	1,4	1,7	1,2	1,1	1,2	1,4	1,1	1,7	1,4	1,3	1,6	1,8	1,4	1,4	1,8	1,8

Tabela 3. Locais com presença de *Anastrepha grandis*, área livre da praga (ALP), área com sistema de mitigação de risco (SMR) e número de gerações, do período de referência e projeções futuras, para o cenário menos pessimista (B1), nas quatro estações do ano no Brasil.

Estado	Localidade	Situação	N° gerações (Per. de Referência)				N° gerações 2011-2040 (B1)				N° gerações 2041-2070 (B1)				N° gerações 2071-2100 (B1)			
			Prim.	Ver.	Out.	Inv.	Prim.	Ver.	Out.	Inv.	Prim.	Ver.	Out.	Inv.	Prim.	Ver.	Out.	Inv.
RN	Mossoró	ALP-MF	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2	2,1	2,1	2,4	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2
RN	Assu	ALP-MF	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2	2,1	2,1	2,4	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2
RN	Macau	SMR	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2	2,1	2,1	2,4	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2
RN	Jandaíra	SMR	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2	2,1	2,1	2,4	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2
CE	Jaguaruana	ALP-MF	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,4	2,2	2,4	2,2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
BA	Curaçá	Presente	2,0	2,0	2,0	1,8	2,2	1,7	1,9	1,9	1,8	1,8	2,1	1,9	1,8	1,8	2,2	2,2
MT	Rondonópolis	Presente	2,0	2,0	1,7	1,5	2,2	1,6	1,8	1,8	1,6	1,5	1,8	1,9	1,7	1,7	2,2	2,0
GO	Goianésia	SMR	2,0	2,0	1,9	1,6	2,2	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	2,0	2,0	1,9	1,9	2,0	2,0
RJ	Nova Iguaçu	Presente	2,0	2,0	1,6	1,3	2,2	1,6	1,8	2,0	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	1,5	1,7	1,7
RJ	Seropédica	Presente	2,0	2,0	1,6	1,3	2,2	1,6	1,8	2,0	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	1,5	1,7	1,7
SP	Presid. Prudente	Presente	1,7	1,7	1,4	1,4	2,2	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,9
SP	Mesópolis	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	2,2	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,9
SP	Urânia	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	2,2	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,9
SP	Presid. Bernardes	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	2,2	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,9
SP	Paranapuã	SMR	1,7	1,7	1,4	1,4	2,2	1,6	1,8	1,8	1,6	1,6	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,9
PR	Maringá	Presente	1,6	1,6	1,2	1,1	2,2	1,2	1,5	1,5	1,3	1,3	1,6	1,6	1,4	1,4	1,6	1,6
PR	Stª Isabel do Ivaí	SMR	1,6	1,6	1,2	1,1	2,2	1,2	1,5	1,5	1,3	1,3	1,6	1,6	1,4	1,4	1,6	1,6
SC	Lages	Presente	1,4	1,4	1,2	1,1	2,2	1,1	1,5	1,5	1,3	1,3	1,6	1,6	1,4	1,3	1,6	1,6
RS	Montenegro	Presente	1,6	2,0	1,2	1,1	2,2	1,1	1,5	1,8	1,5	1,3	1,7	1,7	1,4	1,3	1,7	1,7
RS	Bagé	SMR	1,4	1,7	1,2	1,1	2,2	1,1	1,5	1,8	1,3	1,3	1,6	1,7	1,4	1,3	1,6	1,7

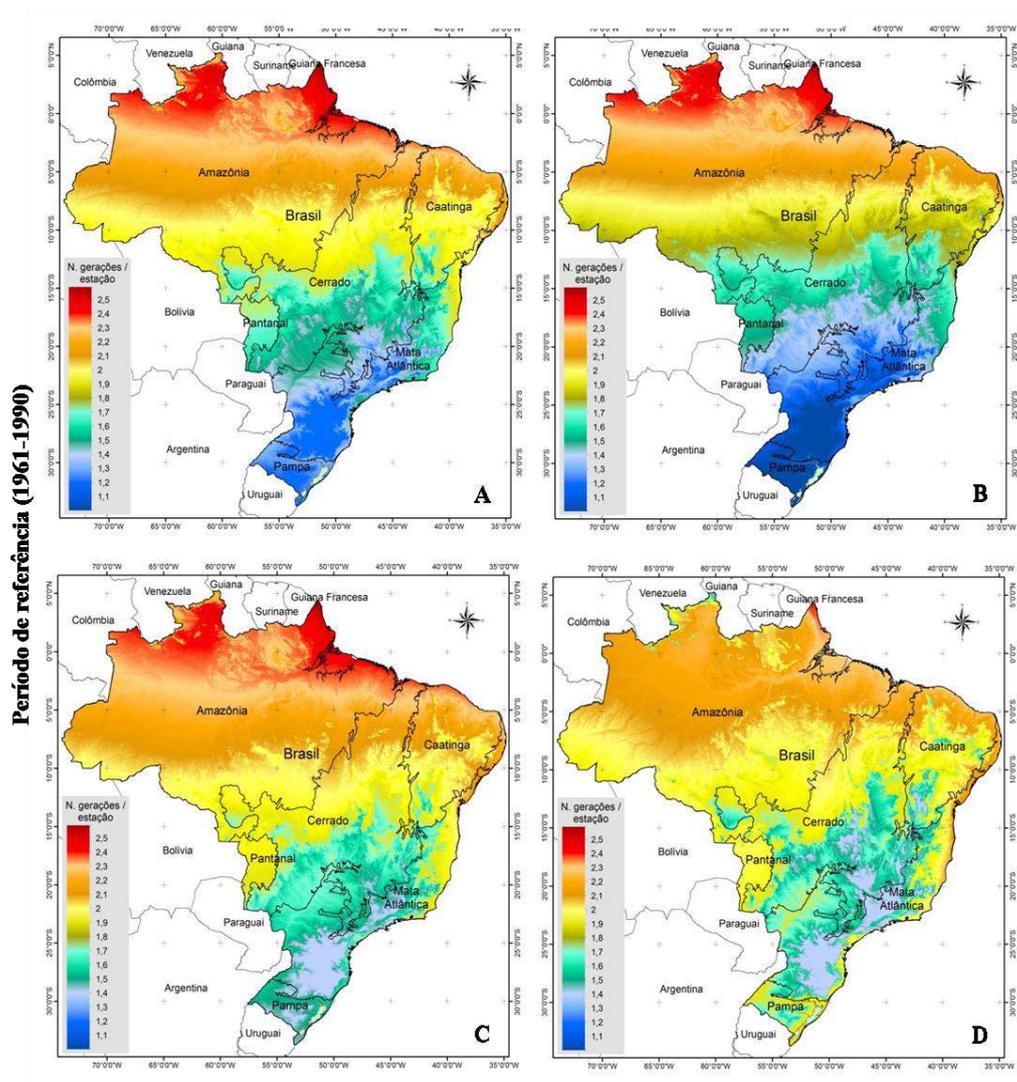


Figura 1. Mapas climatológicos do Brasil, período de referência 1961-1990, onde (A) outono, (B) inverno, (C) primavera e (D) verão.

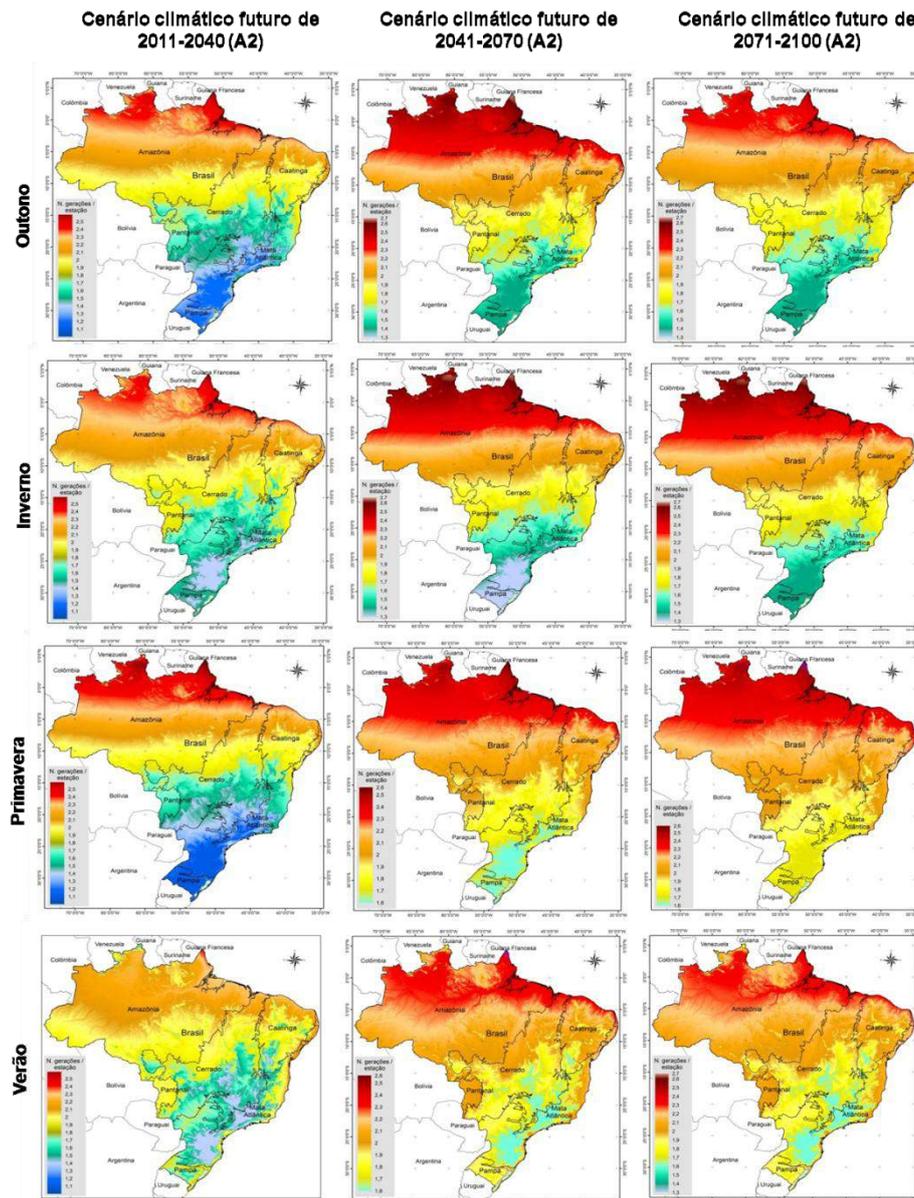


Figura 2. Gerações anuais de *Anastrepha grandis* no Brasil, nas diferentes estações do ano, no cenário de mudanças climáticas mais pessimista (A2), nas projeções futuras 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100.

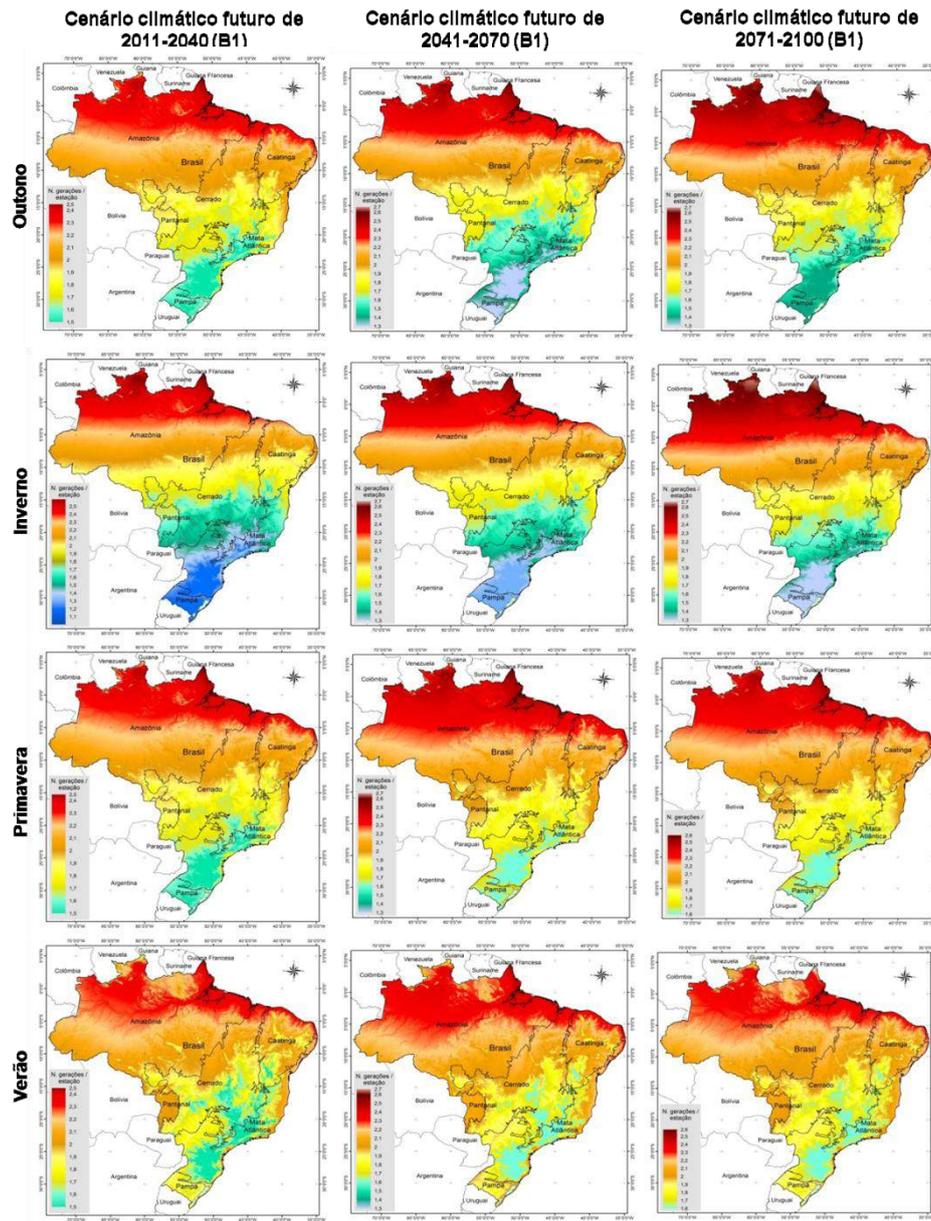


Figura 3. Gerações anuais de *Anastrepha grandis* no Brasil, nas diferentes estações do ano, no cenário de mudanças climáticas menos pessimista (B1), nas projeções futuras 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100.

4 – Considerações Finais

- O intervalo de umidade relativa do ar considerada ótima para *A. grandis* foi de 60 a 80%, embora de 40 a 100% ocorra desenvolvimento;
- A região Sul do País apresenta condições ideais para o desenvolvimento de *A. grandis*, durante os meses de dezembro a março;
- Nas regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste do País são encontradas condições ideais de desenvolvimento do inseto-praga, baseado na temperatura e na umidade relativa, necessitando assim, de maior atenção nas regiões produtoras de cucurbitáceas, principalmente nas Áreas Livres da Praga (ALP) e nas áreas com Sistema de Mitigação de Risco (SMR);
- Na estimativa de 2041 a 2070, os cenários apontam para uma tendência de aumentar a temperatura do ar e, assim, favorecer a disseminação da praga, com aumento do número de gerações que ocorrem em um ano;
- Na atualidade, o número de gerações pode ser maior com o aumento de temperatura, elevando-se de uma para praticamente duas gerações por ano nas regiões mais frias e chegando até três gerações por ano, nas regiões mais quentes. Isso significa dobrar o número de gerações, comparado ao período de referência;

- Para as projeções futuras é possível observar um aumento de pouco mais de uma geração por ano, seja nas regiões mais quentes, como nas regiões mais frias;
- Na região nordeste do País, onde estão localizadas as Áreas Livres de *A. grandis*, é possível afirmar que a população de moscas é consideravelmente menor do que aquelas encontradas nas regiões litorâneas, principalmente devido as condições climáticas e o tipo de vegetação do semi-árido, as quais não favorecem a permanência de altas densidades populacionais da praga durante o ano todo.

5 - Referências gerais

ALMEIDA, D.P.F. **Cucurbitáceas hortícolas**. Universidade do Porto, Porto, 2002. 2 p. Disponível em: <<http://dalmeida.com/hortnet/apontamentos/Cucurbitaceas.pdf>>. Acesso em: 14/01/ 2018.

AZEVEDO, F.R.; SOBRINHO, R.B.; OMETTO, A.C.F. Estratégias para o estabelecimento e manutenção de Áreas Livres e de Baixa Prevalência de Moscas das Frutas. **Circular Técnica n. 22**. Fortaleza: EMBRAPA, 14 p. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Áreas Livres de Pragas: Áreas livres de *Anastrepha grandis***. Brasília, DF. 2006. Disponível em: 57 <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Importacao/Requisitos%20Sanit%C3%A1rios/Rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20Pragas/pragasvegetaisv1.pdf>. Acesso em: 07 de abril de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 35 de 21 de novembro de 2008. **Reconhecer o Sistema de Mitigação de Risco da Praga *Anastrepha grandis* em cultivos de cucurbitáceas, implantado na área que compreende os Municípios de Bagé, Dom Pedrito e Herval, no Estado do Rio Grande do Sul**. Diário Oficial da União, 24/11/2008, Seção 1. Disponível

em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis>>. Acesso em: 07 de abril de 2018.

DIÁRIO DO NORDESTE. Vigilância – Exemplo para o mundo – Área Livre da Mosca da Fruta contribui para a alta qualidade dos produtos cearenses. **Jornal Diário do Nordeste**. Fortaleza, CE, p. 49-56. fevereiro de 2013.

MALAVASI, A.; BARROS, M.D. Comportamento sexual e de oviposição em moscas-das-frutas (Tephritidae). In: SOUZA, H.M.L. de. **Moscas-das-frutas no Brasil**, Campinas: Fundação Cargill, 1988. p. 25-53.

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Programa Nacional de Mosca das Frutas**.MAPA, 2015 (Painel apresentado no lançamento do Programa).

NORTH AMERICAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION (NAPPO). Phytosanitary Alert System. **Outbreak of *Anastrepha grandis* (South American cucurbit fruit fly) in Panama**. 2009. Disponível em: <<http://www.pestalert.org/viewNewsAlert.cfm?naid=76>>. Acesso em: 14/01/2018.

NORRBOM, A.L. **Host plant database for *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Diptera: Tephritidae: Toxotrypani)**, Diptera Data Dissemination Disk 2. USDA-APHIS, Washington, DC. 2000.

PARANHOS, B.A.J. Moscas-das-frutas que oferecem riscos à fruticultura brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE VITIVINICULTURA, **Anais do Simpósio Internacional de Vitivinicultura**, Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE. 2008.

SILVEIRA, L.M.; QUEIRÓZ, M.A; LIMA, J.A. de A.; NASCIMENTO, A.Q.; LIMA NETO, I.S. Levantamento sorológico de vírus em espécies de cucurbitáceas na região do sub médio São Francisco, Brasil. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 111-114, 2009.

SOUZA, D.L.B. **Estudo das vantagens competitivas do melão no Ceará**. Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará, 2006.

WALLNER, W.E. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and nonoutbreak species. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.32, p.317-340, 1987.

WORLD TRADE ORGANIZATION – WTO (2015). **Sanitary and Phytosanitary Agreement**. Disponível em: <<http://www.wto.org/>>. Acesso em: 01/04/2018.

ZUCCHI, R.A. Espécies de *Anastrepha*, sinonímias e plantas hospedeiras e parasitóides. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil. Conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Hollos, 327 p., 2000.