

**Mudanças climáticas e produção de hortaliças:
projeções, impactos, estratégias adaptativas e
mitigadoras**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**Mudanças climáticas e produção de hortaliças:
projeções, impactos, estratégias adaptativas e
mitigadoras**

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Mariana Rodrigues Fontenelle

Marcos Brandão Braga

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Rodovia BR 060, trecho Brasília-Anápolis, km 09

Caixa Postal 218

Brasília – DF

CEP 70.351-970

Fone: (61) 3385.9000

Fax: (61) 3556.5744

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Hortaliças

Comitê Local de Publicações

Presidente

Warley Marcos Nascimento

Editor Técnico

Ricardo Borges Pereira

Supervisor Editorial

George James

Secretária

Gislaine Costa Neves

Membros

Miguel Michereff Filho

Milza Moreira Lana

Marcos Brandão Braga

Valdir Lourenço Júnior

Daniel Basílio Zandonadi

Caroline Pinheiro Reyes

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Mirtes Freitas Lima

Normalização Bibliográfica

Antônia Veras de Souza

Editoração Eletrônica

André L. Garcia

1ª edição

1ª impressão (2015): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada dessa obra, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei 9.610).

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Hortaliças

Mudanças climáticas e produção de hortaliças: projeções, impactos, estratégias adaptativas e mitigadoras / editores técnicos, Carlos Eduardo Pacheco Lima, Mariana Rodrigues Fontenelle, Marcos Brandão Braga; autores, Alexsandra Duarte de Oliveira... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa, 2015.

177 p. : il. color. ; 17 cm x 24 cm.

ISBN 978-85-7035-456-3

1. Climatologia. 2. Condição ambiental. 3. Efeito estufa. 4. Temperatura. 5. Sistema de cultivo. 6. Doença de planta. I. Lima, Carlos Eduardo Pacheco. II. Fontenelle, Mariana Rodrigues. III. Braga, Marcos Brandão. IV. Oliveira, Alexsandra Duarte de. V. Embrapa Hortaliças.

CDD 635.0469

©Embrapa, 2015

Prefácio

As mudanças climáticas globais, decorrentes do aquecimento global provocado pelo aumento das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa, representam um tema atual, de ampla discussão e que, segundo projeções, ameaçam diversos setores socioeconômicos. Os impactos de tais mudanças sobre as atividades agropecuárias vêm sendo amplamente estudados nas últimas décadas. Também vastos têm sido os estudos visando a mitigação dos impactos da produção agropecuária sobre as emissões atmosféricas de gases de efeito estufa. Entretanto, os esforços lançados não levaram ao esgotamento do tema, sendo muitas ainda as lacunas do conhecimento existentes. Faz-se necessária, então, a intensificação das pesquisas, com vistas a garantir a sustentabilidade da produção agrícola brasileira. Em especial, existe a necessidade de geração de conhecimento sobre o comportamento dos sistemas produtivos de hortaliças num cenário de mudanças climáticas. As hortaliças constituem um grande grupo de espécies vegetais, das quais boa parte delas apresenta-se sensível às alterações do clima projetadas para o fim do Século 21. Tendo o exposto em vista, a presente obra foi resultado do II Workshop sobre Efeitos das mudanças climáticas sobre a produção de hortaliças, realizado na Embrapa Hortaliças, em Brasília – DF, no ano de 2013. Ela visa apresentar e discutir linhas temáticas que vêm sendo trabalhadas por diversas equipes multidisciplinares e interinstitucionais que podem ser utilizadas para subsidiar e/ou alavancar pesquisas que visem entender a interação entre mudanças climáticas e produção de hortaliças, com foco na apresentação das projeções climáticas para o final do Século 21 no território brasileiro, dos potenciais impactos sobre os sistemas produtivos e de estratégias adaptativas e de mitigação.

Carlos Eduardo Pacheco Lima
Pesquisador em Mudanças Climáticas da
Embrapa Hortaliças

Apresentação

Os impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas produtivos de hortaliças são uma preocupação de todos os setores que compõem a cadeia produtiva. Cabe ressaltar que as hortaliças são essencialmente destinadas ao mercado doméstico, sendo de suma importância para a manutenção de uma dieta equilibrada. Os produtos olerícolas ainda apresentam-se, em boa parte, especialmente susceptíveis aos impactos das mudanças climáticas. Essa susceptibilidade está ligada às características das espécies que compõem esse grupo de produtos, às características peculiares de seus sistemas produtivos e às exigências dos mercados. Como exemplo, a existência e a de muitas espécies olerícolas originárias de regiões de clima frio e/ou ameno às quais um grande esforço está sendo destinado ao seu melhoramento genético e, conseqüentemente, à adaptação ao clima tropical, ainda apresentam-se muito impactadas negativamente pela ocorrência das altas temperaturas, comuns nas regiões Norte e Nordeste do país. A maior ocorrência de extremos climáticos, tais como o aumento da ocorrência de eventos como geadas, secas prolongadas e chuvas intensas e concentradas também devem ser encaradas com preocupação. A adaptação aos fenômenos citados deve ser adotada como estratégia prioritária para manutenção da sustentabilidade da olericultura brasileira. É necessário, portanto, a busca por genótipos tolerantes ao calor, eficientes no uso de água e nutrientes, bem como resistentes à doenças e pragas emergentes nas novas condições climáticas. Também necessária é a busca por sistemas de produção capazes de mitigar os impactos das mudanças climáticas sobre a produção de hortaliças e promover o sequestro de carbono nos solos. Vale ressaltar a existência de importantes áreas de produção em regiões montanhosas cujo uso agrícola intensivo leva ao esgotamento do solo, fenômeno que deve ser intensificado face à ocorrência mais frequente de eventos de precipitação intensos e concentrados. Espera-se, portanto, que esse livro constitua-se no ponto de partida para que as discussões e pesquisas que visem adaptar os sistemas produtivos de hortaliças à futura realidade climática se tornem mais intensas.

Jairo Vidal Vieira

Chefe-Geral da Embrapa Hortaliças

Sumário

Metodologias para elaboração de mapas de cenários climáticos futuros	17
1. Introdução.....	17
2. Cenários climáticos futuros e modelos climáticos.....	18
3. Abordagens metodológicas para elaboração de mapas	21
4. Considerações finais	29
5. Referências.....	30
Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do Século 21	33
1. Introdução	33
2. Fatos	34
3. Incertezas nas projeções das mudanças climáticas.....	35
4. Modelagem do clima e cenários climáticos.....	36
5. Análise de anomalias de temperatura e precipitação para o final do século no Brasil.....	38
6. Impactos das mudanças climáticas no Brasil no final do Século	42
7. Considerações finais	43
8. Referências.....	44
Os sistemas produtivos de hortaliças frente às mudanças climáticas: projeções e desafios	47
1. Introdução	47
2. Projeções climáticas para o final do Século 21.....	49
3. Impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas agrícolas de produção.....	54
4. Impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas produtivos de hortaliças e possíveis medidas mitigadoras e adaptativas.....	60
5. Considerações finais	70
6. Referências.....	71

Projeções de demanda hídrica para irrigação do meloeiro no Nordeste brasileiro sob cenários de mudanças climáticas	79
1. Introdução	79
2. Mudanças climáticas: aspectos conceituais	81
3. Modelos de circulação global e regional.....	83
4. Climatologia de base do modelo	84
5. Incertezas das mudanças climáticas	85
6. Correção de viés.....	86
7. Integração de modelos visando à análise de impactos das mudanças climáticas na demanda de água de irrigação	91
8. A análise de impactos na demanda hídrica	93
8.1. Cálculo na necessidade hídrica bruta da cultura (NHB.....	94
8.2. O modelo climático regionalizado Eta-CPTEC/HadCM3	96
8.3. Projeções da necessidade hídrica bruta.....	97
9. Identificação de medidas adaptativas e mitigadoras e considerações finais	99
10.Referências.....	101
Efeitos das mudanças climáticas esperadas para o Brasil sobre a produção e doenças de hortaliças.....	107
1. Introdução	107
2. Efeitos sobre a produção de hortaliças	108
3. Efeitos sobre os fitopatógenos.....	112
4. Efeitos sobre doenças de hortaliças.....	113
5. Considerações finais	121
6. Referências.....	121
Melhoramento genético vegetal visando adaptação às mudanças climáticas.....	127
1. Introdução	127
2. Melhoramento para tolerância à deficiência hídrica e ao calor.....	128
2.1. Caracterização de “sítios” para avaliações de estresses abióticos	129
2.2. Planejamento experimental.....	130
2.3. Fenotipagem em larga escala	132
3. Biotecnologia no melhoramento de plantas para estresses associados às mudanças climáticas.....	132
3.1. Melhoramento assistido por marcadores moleculares	133

3.2. Engenharia genética para tolerância à deficiência hídrica em plantas.....	135
3.3. Perspectivas sobre a utilização de biotecnologia no melhoramento de plantas para estresses	137
4. Doenças de plantas no contexto de mudanças climáticas.....	137
4.1. Os efeitos de mudanças do clima	138
4.2. A resistência às doenças	139
4.3. O melhoramento para resistência a doenças no clima futuro	140
5. Referências.....	141

Avaliação das Emissões Atmosféricas de Gases de Efeito Estufa

na Agropecuária	151
1. Introdução	151
2. Produção de N ₂ O e NO do solo e co-variáveis.....	155
3. Emissões Atmosféricas de Gases de Efeito Estufa em Sistemas de Produção.....	157
3.1. Sistemas agropecuários.....	157
3.2. Sistemas de produção de hortaliças.....	163
4. Necessidades de pesquisa	169
5. Referências.....	170

Metodologias para elaboração de mapas de cenários climáticos futuros

Emília Hamada

1. Introdução

Ao longo das últimas décadas, as mudanças climáticas têm se tornado tema de interesse nos diversos setores, bem como para o público em geral. O entendimento de suas causas e seus impactos e as propostas de mitigação e de adaptação, no entanto, ainda figuram como um dos maiores desafios da ciência. O assunto é complexo e abrangente, demandando uma abordagem multidisciplinar para a sua compreensão e atuação.

Neste sentido, desde 1990, os relatórios de avaliação vêm sendo divulgados periodicamente pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e visam fornecer uma visão clara e atualizada sobre o estado atual do conhecimento científico relevante para a mudança climática.

Segundo o Quinto Relatório de Avaliação (IPCC, 2013), é extremamente provável (95% a 100% de probabilidade) que a influência antrópica seja a causa dominante do aquecimento observado desde meados do Século 20, tendo os gases de efeito estufa (GEE) concorrido para o provável (66% a 100% de probabilidade) aquecimento médio da superfície global de 0,5 °C a 1,3 °C no período de 1951 a 2010, com a contribuição de outras forçantes antrópicas. Para o clima futuro, o IPCC (2013) considera provável o aumento das temperaturas médias da superfície no planeta de 0,3 °C a 1,7 °C para o período de 2081 a 2100, comparado a 1986 a 2005, no cenário mais otimista, de baixa emissão de gases de efeito estufa (*Representative Concentration Pathways* - RCP2.6) e de 2,6 °C a 4,8 °C no cenário de mais pessimista ou de alta emissão (RCP8.5), considerando as simulações dos modelos do sistema terrestre do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5).

As mudanças do clima no futuro devem afetar de forma distinta os diferentes setores e seus impactos devem ser estudados em sua particularidade e, em geral, contam como ponto de partida as projeções climáticas futuras.

Neste capítulo são descritos os cenários climáticos futuros, modelos climáticos e as diferentes abordagens metodológicas para elaboração de seus mapas.