

# Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas

## Experiência brasileira

Vanderlise Giongo  
Francislene Angelotti

Editoras Técnicas

**Embrapa**

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

# Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas

## Experiência brasileira

Vanderlise Giongo  
Francislene Angelotti

Editoras Técnicas

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2022



**Embrapa Semiárido**  
Rodovia BR-428, Km 152, Zona Rural  
CEP: 56302-970 Petrolina, PE  
Fone: +55 (87) 3866-3600  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**Responsável pelo conteúdo**  
Embrapa Semiárido

Comitê Local de Publicações

Presidente

*Nataniel Franklin de Melo*

Secretária-executiva

*Juliana Martins Ribeiro*

Membros

*Alineaurea Florentino Silva*

*Clarice Monteiro Rocha*

*Daniel Nogueira Maia*

*Geraldo Milanez de Resende*

*Gislene Feitosa Brito Gama*

*José Maria Pinto*

*Magnus Dall'igna Deon*

*Paula Tereza de Souza e Silva*

*Pedro Martins Ribeiro Júnior*

*Rafaela Priscila Antônio*

*Sidinei Anunciação Silva*

**Responsável pela edição**

Embrapa, Superintendência de Comunicação

Coordenação editorial

*Carla Alessandra Timm*

*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Josmária Madalena Lopes*

Revisão de texto

*Francisca Elijani do Nascimento*

Normalização bibliográfica

*Márcia Maria Pereira de Souza*

Projeto gráfico, diagramação e capa

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Fotos da capa

*Magna Soelma Beserra de Moura*

**1ª edição**

Publicação digital (2022): PDF

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n° 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa, Superintendência de Comunicação

Agricultura de baixa emissão de carbono em regiões semiáridas : experiência brasileira / Vanderlise Giongo, Francislene Angelotti, editoras técnicas. – Brasília, DF : Embrapa, 2022.

PDF (256 p.). : il. color.

ISBN 978-65-89957-12-6

1. Recursos naturais. 2. Agricultura sustentável. 3. Efeito estufa. 4. Políticas públicas. I. Giongo, Vanderlise. II. Angelotti, Francislene. III. Embrapa Semiárido.

CDD 551.68

*Márcia Maria Pereira de Souza* (CRB-1/1441)

© Embrapa, 2022

# Estratégias de adaptação para o manejo de doenças de plantas em regiões semiáridas sob os impactos das mudanças climáticas

Francislene Angelotti  
Emília Hamada

## Introdução

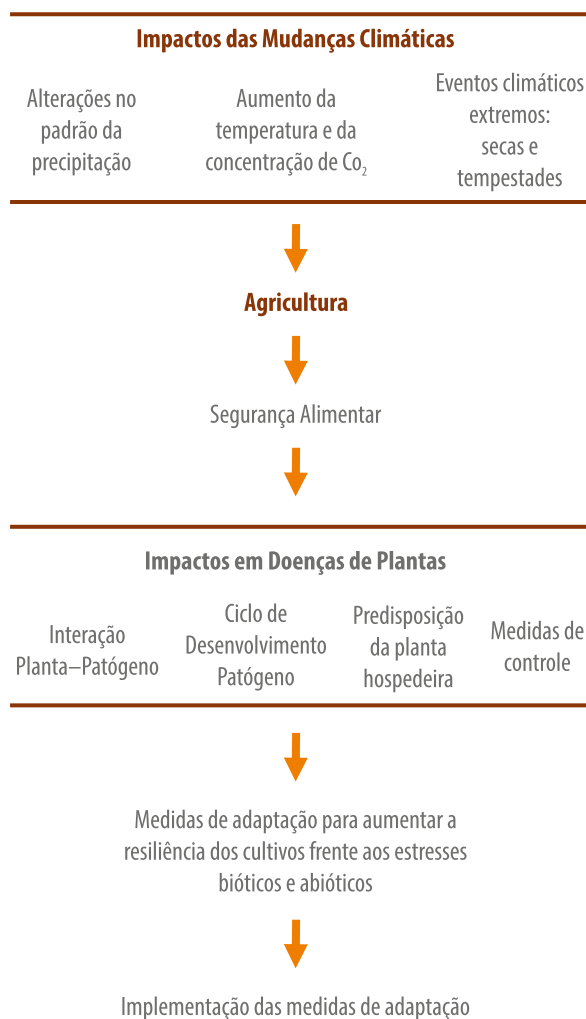
Os patógenos de plantas podem causar danos significativos aos cultivos, diminuindo seu rendimento (Kashyap et al., 2017); contudo podem ocorrer variações entre os sistemas de produção (Oerke, 2006). Geralmente, cerca de um terço da produção pode ser perdida pela ocorrência de doenças em plantas (Bentley et al., 2009).

Além dos danos causados por doenças, as alterações no cenário climático atual, previstos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), como os aumentos de temperatura e as modificações nos padrões de precipitação, poderão causar riscos à segurança alimentar (Pachauri; Meyer, 2014).

O clima favorece a ocorrência de problemas fitossanitários que, por sua vez, interferem no crescimento das plantas, atuando de maneira significativa sobre a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas de produção. Assim, a prospecção desses efeitos para os diferentes patossistemas é uma linha de pesquisa estratégica para a segurança alimentar. Mas, não basta apenas a avaliação do impacto das mudanças climáticas, é importante considerar-se também o desenvolvimento de estratégias e opções de adaptação (Das et al., 2016). Nesse sentido, somente a partir do fortalecimento da base de conhecimento relevante dos diferentes impactos sobre o patógeno e a planta hospedeira, será

possível utilizar, ajustar e melhorar consistentemente as estratégias de proteção de plantas e, conseqüentemente, implementar medidas de adaptação às mudanças climáticas (Juroszek; Tiedemann, 2011) (Figura 1). Diversas técnicas de manejo foram desenvolvidas ao longo dos anos para garantir a proteção de plantas e, dentre essas tecnologias, destacam-se os controles genético, cultural, químico e biológico. A aplicação dessas medidas varia de acordo com o grau de tecnificação dos diferentes grupos de agricultores. Assim, as ações de adaptação às mudanças no clima podem não representar um desafio completamente novo, uma vez que, ao longo da evolução da agricultura, técnicas vêm sendo disponibilizadas, levando em conta a variabilidade climática de um local e o período do ano para a obtenção de aumento na produtividade, visando à sustentabilidade dos cultivos.

Com os prognósticos climáticos, o avanço do conhecimento deverá elucidar como essas alterações irão impactar os diferentes patossistemas, englobando as respostas do patógeno e da planta, a fim de entender se as estratégias de manejo adotadas continuarão tendo ação efetiva. Nesse sentido, a pesquisa científica continuará tendo um papel decisivo para adaptar e readaptar as estratégias e ferramentas de proteção de cultivos. Desde já, vislumbra-se que sistemas de produção agrícola diversificados, flexíveis e resilientes serão necessários.



**Figura 1.** Mudanças climáticas e proteção de plantas: impactos e estratégias de adaptação.

Assim, este capítulo apresentará os principais impactos causados pelas mudanças climáticas em patossistemas de clima semiárido e as medidas de adaptação que poderão ser adotadas frente às diferentes respostas do patógeno e da planta hospedeira.

## Potencial impacto das mudanças climáticas sobre doenças de plantas em regiões semiáridas

Os impactos das mudanças climáticas frente aos cenários futuros poderão ser negativos, po-

sitivos ou neutros. Isso pode ser explicado pela especificidade de cada patossistema, representado pela diversidade e virulência de cada gênero/espécie de microrganismo e pela variabilidade genética das diferentes populações de patógenos e das plantas hospedeiras (Garret, 2006; Sharma et al., 2010).

Quando se trata do patógeno, o impacto pode ser verificado diretamente na taxa de progresso da doença, na perda de resistência do hospedeiro, na distribuição geográfica e temporal e em alterações nas relações intraespecíficas (Pande; Sharma, 2011). Por outro lado, os impactos também podem estar voltados à predisposição da planta hospedeira. Sabe-se que, frente aos cenários climáticos futuros, com previsão de aumento da temperatura e de déficit de água, as plantas estarão predispostas à ação desses estresses abióticos, tornando-se mais ou menos resistentes aos fatores bióticos, como os patógenos. Um exemplo disso foi verificado por Desprez-Loustau et al. (2006), ao constatar que, em períodos secos, a ocorrência de patógenos em plantas lenhosas foi maior. Isso ocorreu principalmente devido aos efeitos indiretos na fisiologia da planta hospedeira. No Semiárido brasileiro, a ocorrência da forma endofítica do fungo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl., em uma ampla gama de hospedeiro, tornou-se uma ameaça, visto que os estresses ambientais, como o déficit hídrico, podem aumentar a agressividade desse microrganismo, limitando a produção agrícola (Oliveira et al., 2013; Gonçalves et al., 2016).

Em estudos realizados na região semiárida da Índia, foi possível verificar que as plantas de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L) cultivadas em condições de sequeiro tiveram maior predisposição à ocorrência da podridão-radicular, causada por *Rhizoctonia bataticola* (taub.). Para essa mesma cultura, o grupo de pesquisa também constatou que a podridão-radicular-seca, causada por fungos do gênero *Fusarium*, apresentou maior incidência quando a temperatura do ar ultrapassou 33 °C (Pande; Sharma, 2010; Sharma et al., 2010).

No Semiárido brasileiro, já foram realizados estudos com doenças da videira (*Vitis* sp.), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), melão (*Cucumis melo* L.) e banana (*Musa* sp.) para avaliar o efeito do aumento da temperatura em condições controladas (Figura 2) (Magalhães et al., 2012; Santana, 2013; Angelotti et al., 2017a; Conceição et al., 2017; Araújo, 2019) e também por meio de simulação (Hamada et al., 2015; Angelotti et al., 2017a, 2017b) (Tabela 1). Os resultados apontaram diferentes respostas para cada patossistema, confirmando a especificidade de cada um, por meio da diversidade e virulência de cada gênero/espécie de microrganismo e até mesmo pela variabilidade genética das diferentes cultivares de plantas (Angelotti et al., 2017a).

A ocorrência de oídio, geralmente, é favorecida em ambientes secos e com temperatura entre 20 °C e 25 °C. A severidade do oídio da videira [*Uncinula necator* (Schwein.) Burril], do oídio do feijão-caupi (*Oidium* sp.) e do oídio do meloeiro (*Phodosphaera xanthii* Braun & Shishkoff) poderá ser reduzida com o aumento da temperatura do ar. Para esses três patossistemas, foi observado aumento do período latente e, conseqüentemente, aumento no tempo para o aparecimento da epidemia (Magalhães et al., 2012; Santana, 2013; Araújo, 2019).

Ainda para o cultivo do meloeiro, no cenário climático futuro, o crestamento gomoso do caule, causado pelo fungo *Didymella bryoniae* (Auersw) Rehm, continuará tendo a mesma importância econômica, necessitando de técnicas de manejo que reduzam a incidência e a severidade da doença (Brunelli et al., 2008). De maneira geral, o clima do Semiárido brasileiro apresenta-se pouco favorável à ocorrência de doenças bacterianas, mas propício às viroses, devido à favorabilidade climática para o desenvolvimento e para a sobrevivência dos vetores (Brunelli et al., 2008).

Além do aumento da temperatura do ar, alterações no padrão da precipitação com chuvas torrenciais e/ou períodos prolongados de seca também causarão impactos nas doenças de plantas. Na Índia, a maior ocorrência de *Phytophthora drechsleri* Tucker f. sp. *cajani* e

*Alternaria* spp. em feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) está associada a chuvas irregulares e pesadas (> 300 mm em 6–7 dias) (Sharma et al., 2006; Pande; Sharma, 2011).

As alterações na dinâmica dos patossistemas, com aumento ou redução na severidade das doenças, terão efeito direto nas práticas de manejo. A eficácia e persistência dos fungicidas e o desenvolvimento de resistência em populações de patógenos são temas que ainda requerem maior compreensão frente a essas mudanças. Entretanto, sabe-se que a temperatura pode influenciar diretamente na degradação de produtos químicos e indiretamente na penetração, translocação, persistência e nos modos de ação de fungicidas sistêmicos, devido às alterações na morfologia e fisiologia das plantas hospedeiras (Coakley et al., 1999). Além disso, a alteração no padrão das chuvas poderá aumentar a frequência no uso de fungicidas (Pande; Shama, 2011). Isso poderá ter como consequência o desenvolvimento de patógenos resistentes aos fungicidas e um aumento no custo de produção (Juroszek; Tiedemann, 2011). Por outro lado, o míldio da videira terá sua favorabilidade climática reduzida no Semiárido brasileiro, o que poderá implicar em um menor número de aplicações de fungicidas. De maneira que a especificidade de cada patossistema (doença/cultura) terá de ser analisada, pois os custos associados à proteção de plantas também poderão variar no cenário climático futuro.

Do mesmo modo que o aumento da temperatura terá efeito direto no ciclo de vida de microrganismos fitopatogênicos, a dinâmica populacional de microrganismos utilizados como agentes de controle biológico também poderá ser alterada. Uma análise dos efeitos das mudanças climáticas sobre as agentes de biocontrole de doenças de plantas no Brasil indicou que *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* spp. poderão ser menos afetados; no entanto, os autores relataram que a eficiência de *Coniothyrium minitans* e *Clonostachys rosea* poderá ser reduzida (Ghini et al., 2011).

Os estudos sobre os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a ocorrência de proble-





**Figura 2.** Diferentes patossistemas estudados em condições controladas no Semiárido brasileiro: míldio da videira (A); cancro bacteriano da videira (B); ferrugem da videira (C); oídio do meloeiro (D); oídio do feijão-caupi (E); oídio da videira (F).

**Tabela 1.** Impacto do aumento da temperatura na ocorrência de doenças de plantas em regiões semiáridas.

Cultura	Patógeno	Doença	Tendência da favorabilidade	Referência
Grão-de-bico	<i>Rhizoctonia bataticola</i>	Podridão-radicular	Aumento	Sharma et al. (2015)
Grão-de-bico	<i>Fusarium oxysporum</i>	Podridão seca da raiz	Aumento	Pande e Sharma (2010) Sharma et al. (2010)
Guandu	<i>Phytophthora cajani</i>	Queima	Aumento	Singh et al. (2017)
Feijão-caupi	<i>Oidium</i> sp.	Oídio	Redução	Santana (2013)
Melão	<i>Phodosphaera xanthii</i>	Oídio	Redução	Araújo (2019)
Uva	<i>Uncinula necator</i>	Oídio	Aumento	Hamada et al. (2015)
Uva	<i>Plasmopara viticola</i>	Míldio	Redução	Angelotti et al. (2017a)
Uva	<i>Botrytis cinerea</i>	Podridão-cinzenta	Redução	Hamada et al. (2011)
Uva	<i>Greeneria uvicola</i>	Podridão-amarga	Redução	Hamada et al. (2012)
Uva	<i>Glomerella cingulata</i>	Podridão da uva madura	Redução	Hamada et al. (2011)
Uva	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>viticola</i>	Cancro-bacteriano	Não haverá alteração	Angelotti et al. (2017b)

mas fitossanitários busca antecipar a resposta e aprimorar o conhecimento frente a essa complexidade biológica. A informação da predição de doenças com potencial de incidência e severidade mais graves às culturas agrícolas poderá contribuir para que os produtores tenham estratégias disponíveis para controlar as doenças de plantas, por meio de medidas de adaptação.

## Medidas de adaptação para a proteção de plantas

Os impactos da mudança climática na severidade de doenças de plantas não dependerão apenas das alterações no clima, mas também da dinâmica interna do sistema agrícola e de sua capacidade para se adaptar a essas mudanças. Assim, as medidas de adaptação, conhecidas como um conjunto de ações e/ou iniciativas

para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos da mudança do clima, são ações estratégicas para o desenvolvimento sustentável da agricultura. De maneira que essas ações devem ser específicas para um determinado local e contexto, não existindo uma abordagem única e genérica para reduzir os riscos em todas as situações (Pachauri; Meyer, 2014). Esse conceito amplo se aplica diretamente para as tecnologias que podem ser implementadas como medida de adaptação para os diferentes patossistemas, pois abordam a necessidade de ações específicas, levando em conta a diversidade existente na interação planta-patógeno.

As estratégias de adaptação no manejo de doenças são diversas e poderão contemplar: a seleção e desenvolvimento de cultivares resistentes às doenças; o manejo integrado com ênfase em controle biológico; as mudanças nas



práticas culturais; o uso de modelos de alerta e previsão; o desenvolvimento de novas moléculas com maior eficácia no controle de doenças em ambientes com aumento da temperatura; a alteração na data de semeadura para evitar a ocorrência da epidemia; a seleção de bioagentes com ampla faixa de ação em temperaturas altas; e a adoção de práticas de manejo como policultivos e rotação, entre outras (Figura 3) (Gupta et al., 2018; Pathak et al., 2018).



**Figura 3.** Estratégias de adaptação para a proteção de plantas frente às mudanças climáticas.

No melhoramento de plantas, o uso de tecnologias moleculares associadas ao melhoramento tradicional tem sido uma ferramenta potencial para aumentar a eficiência na obtenção de plantas resistentes às doenças (Spaldon et al., 2015; Pilet-Nayel et al., 2017). Essa técnica tem como vantagem uma seleção rápida, com redução no tamanho populacional para subseqüentes testes de campo, acelerando o desenvolvimento de cultivares tolerantes a estresses (Spaldon et al., 2015).

O manejo integrado de doenças envolve uma combinação de métodos de controle, como uso de cultivares resistentes, controle químico e biológico, práticas culturais, e etc. Essa estratégia pode ser empregada como uma medida de adaptação em longo prazo, com ênfase na prevenção de danos (Juroszek; Tiedemann, 2011). O monitoramento das doenças, baseado em limites de perda econômica, permite o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis (Juroszek et al., 2008). Dessa maneira, o uso de sistemas de alerta e previsão apresenta-se como uma alternativa de adaptação, pois contribui para otimizar o uso de produtos químicos, indicando períodos de condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças e determinando o momento adequado para as aplicações de fungicidas (Angelotti et al., 2012).

Ainda nesse contexto de manejo integrado, pode-se ter, como medida de adaptação, a adoção de agroecossistemas, por meio de sistemas de cultivos diversificados, com o estabelecimento de populações mistas de espécies vegetais para a redução dos riscos de epidemias. O consórcio ou o cultivo simultâneo de múltiplas espécies contribui para a redução de patógenos foliares, por meio de alterações no microclima (vento, temperatura e umidade), alterações na morfologia e fisiologia do hospedeiro e inibição direta de patógenos (Boudreau, 2013). Além do uso de consórcios, a rotação de culturas também pode contribuir para a redução do inóculo inicial de doenças causadas por fungos necrotróficos, podendo atrasar e reduzir as epidemias. Ao contrário, em condição de sistema de monocultivo e sem rotação de culturas, foi observada para a requeima da batata, causada por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, a ocorrência precoce da doença e aumento na epidemia (Hannukkala et al., 2007).

A alteração das populações microbianas na rizosfera pode ser um indicativo de medida de adaptação, pois, ainda que os mecanismos sejam desconhecidos, técnicas que produzam ou até mesmo introduzam populações benéficas de microrganismos ao solo para promover o crescimento das plantas e a resistência a es-

tresses bióticos podem contribuir para a proteção de plantas. Destaca-se o potencial do uso de fungos micorrízicos arbusculares, que, além de atuarem como agentes de controle biológico, podem também aumentar a tolerância das plantas a estresses ambientais (Folli-Pereira et al., 2012). Os microrganismos endofíticos também têm sido utilizados como ferramentas para a proteção e para o estímulo dos mecanismos de defesa das plantas (Pieterse et al., 2014). Em razão das mudanças climáticas, o desafio da pesquisa será identificar e selecionar populações de bioagentes com ampla faixa de ação em altas temperaturas para que esses microrganismos continuem eficazes no controle de doenças de plantas. Isso poderá ser alcançado por meio de avanços tecnológicos como as análises metagenômicas (Riesenfeld et al., 2004; Kolton et al., 2017), que contribuem para elucidar a dinâmica, por exemplo, da microbiota do solo e de outros ambientes e identificar populações microbianas que sobrevivam em microclimas extremos e que tenham capacidade supressora às doenças de plantas. Esses microrganismos, além de atuarem na proteção, podem exercer o papel de promotores de crescimento das plantas.

Além do uso de microrganismos, algumas técnicas de manejo do solo, como a aplicação de biomassa carbonizada, têm apresentado resultados positivos na indução de resistência a patógenos foliares, como o *Botrytis cinerea* Pers. ex Fries em tomate (*Lycopersicon esculentum*), pimenta (*Capsicum annuum*) e morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) (Elad et al., 2010; Meller Harel et al., 2012); *Podosphaera aphanis* (Wallr.) U. Braun et S. Takam. em morango (Meller Harel et al., 2012) e *Oidiopsis sicula* Scalia em pimenta e tomate (Graber et al., 2010); e também a patógenos radiculares, como *Fusarium oxysporum* (Smith) Snyder & Hansen em tomate (Jaiswal et al., 2018).

O controle químico, por meio do uso de fungicidas, é um dos métodos mais eficazes e utilizados para a proteção de plantas. Assim, a manutenção de sua eficiência também dependerá de algumas medidas de adaptação. A aplicação de fungicida no início da manhã permitiu uma

melhor deposição do produto, aumentando a eficiência do controle da podridão da haste, causada por *Sclerotium rolfsii* Sacc., em amendoim (*Arachis hypogaea*) (Augusto et al., 2010).

Em termos de barreira física, a manta agrotêxtil tem sido bastante utilizada para o controle de pragas no cultivo do melão no Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 2007). Entretanto, o uso para o controle de patógenos foliares ainda é escasso. A manta agrotêxtil poderá ser uma técnica utilizada para evitar a entrada do patógeno como barreira física e também para alterar o microclima dos cultivos, podendo reduzir a incidência de algumas doenças de plantas. Outra tecnologia que poderá ser utilizada é a solarização, que consiste na desinfestação do solo objetivando o controle de fitopatógenos, por meio do uso de plástico transparente na cobertura do solo em pré-plantio (Ghini, 2014).

Estratégias ótimas de adaptação são aquelas que, por meio do manejo cuidadoso da terra, mantêm ou aumentam a resiliência e a estabilidade dos sistemas de produção (Rosenzweig; Tubiello, 2007). Nesse sentido, adicionalmente às diversas estratégias de adaptação agrícola às mudanças climáticas para o manejo de doenças de plantas, considerando a especificidade de cada patossistema (patógeno/planta hospedeira), é essencial também ter-se em conta a avaliação do impacto e as análises de custo-benefício dessas medidas para sua adoção e forma de implementação. Melhorar e fortalecer o capital humano, por meio de serviços de educação, divulgação e extensão, foi recomendado para alguns países da África (Akinngbe; Irohibe, 2014). Aplicar esse conhecimento visando ao aprimoramento da sustentabilidade de longo prazo no cenário das mudanças climáticas é o grande desafio atual e futuro.

## Considerações finais

Os inúmeros impactos das mudanças climáticas sobre a interação planta-patógeno é um desafio para a proteção de plantas, principalmente em regiões semiáridas, que já convivem em

ambientes com altas temperaturas e déficit de água. Para lidar com essas condições adversas, essas regiões já adotam técnicas de manejo para o controle das doenças. Entretanto, esforços serão necessários para entender a diversidade dos diferentes patossistemas e readequar as práticas de manejo disponíveis, de maneira que continuem sendo eficazes no controle das doenças e evitem diminuição no rendimento dos cultivos.

A previsão dos impactos das mudanças climáticas sobre os fitopatógenos a longo prazo tem sido pouco estudada, principalmente para as regiões semiáridas, e os modelos climáticos de previsão ainda incluem altos níveis de incerteza, especialmente em relação às mudanças em escala regional. Assim, os impactos regionais precisarão de maior atenção da pesquisa para elucidar o surgimento de epidemias.

A adoção de estratégias integradas de manejo como medida de adaptação será possível a partir do conhecimento epidemiológico. Dessa maneira, as diferentes tecnologias integradas para proteger e prevenir a ocorrência de doenças, como o uso de cultivares resistentes, diversidade de espécies em sistemas de cultivo, sistemas de alerta e previsão de epidemias, entre outros, serão importantes medidas de controle para a proteção de plantas.

## Referências

- AKINNAGBE, O. M.; IROHIBE, I. J. Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: a review. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 39, n. 3, p. 407-418, 2014. DOI: [10.3329/bjar.v39i3.21984](https://doi.org/10.3329/bjar.v39i3.21984).
- ANGELOTTI, F.; GAVA, C. A. T.; BATISTA, D. C.; FERNANDES, J. M. C.; PAVAN, W. **Sistema de alerta e previsão para doenças da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 36 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 251).
- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; MAGALHAES, E.; GHINI, R.; GARRIDO, L. da R.; PEDRO JUNIOR, M. J. Climate change and the occurrence of downy mildew in Brazilian grapevines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 426-434, June 2017a. DOI: [10.1590/s0100-204x2017000600006](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000600006).
- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; PEIXOTO, A. R.; GARRIDO, L. da R. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica do cancro-bacteriano da videira no Brasil. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (ed.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília, DF: Embrapa, 2017b. p. 243-261.
- ARAÚJO, A. L. de S. **Impacto do aumento da temperatura e da concentração de CO2 sobre o oídio em meloeiro**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido) – Universidade de Pernambuco, Petrolina.
- AUGUSTO, J.; BRENNEMAN, T. B.; CULBREATH, A. K.; SUMNER, P. Night spraying peanut fungicides. II. Application timings and spray deposition in the lower canopy. **Plant Disease**, v. 94, p. 683-689, 2010. DOI: [10.1094/PDIS-94-6-0683](https://doi.org/10.1094/PDIS-94-6-0683).
- BENTLEY, J. W. Impact of IPM extension for smallholder farmers in the tropics. In: PESHIN R.; DHAWAN A. K. (ed.). **Integrated pest management: dissemination and impact**. Dordrecht: Springer, 2009. p. 333-346.
- BOUDREAU, M. A. Diseases in intercropping systems. **Annual Review Phytopathology**, v. 51, p. 499-519, Aug. 2013. DOI: [10.1146/annurev-phyto-082712-102246](https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102246).
- BRUNELLI, K. R.; KOBORI, R. F.; GIORIA, R. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do melão no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 129-139.
- COAKLEY, S. M.; SCHERM, H.; CHAKRABORTY, S. Climate change and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v. 37, p. 399-426, Sept. 1999. DOI: [10.1146/annurev.phyto.37.1.399](https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.37.1.399).
- CONCEIÇÃO, J. L. A.; ANGELOTTI, F.; PEIXOTO, A. R.; GHINI, R. Infection by *Xanthomonas campestris* pv. *viticola* under temperature increase and carbon dioxide concentrations. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 2, p. 214-220, 2017. DOI: [10.14295/cs.v8i2.1779](https://doi.org/10.14295/cs.v8i2.1779).
- DAS, T.; MAJUMDAR, M. H.; DEVI, R.; RAJESH, T. Climate change impact on plant diseases. **SAARC Journal of Agriculture**, v. 14, p. 200-209, 2016. DOI: [10.3329/sja.v14i2.31259](https://doi.org/10.3329/sja.v14i2.31259).
- DESPREZ-LOUSTAU, M. L.; MARÇAIS, B.; NAGELEISEN, L. M.; PIOU, D.; VANNINI, A. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. **Annals of Forest Science**, v. 63, n. 6, p. 597-612, Sept. 2006. DOI: [10.1051/forest:2006040](https://doi.org/10.1051/forest:2006040).
- ELAD, Y.; DAVID, D. R.; HAREL, Y. M.; BORENSHTEIN, M.; KALIFA, H. B.; SILBER, A.; RABER, E. R. Induction of systemic resistance in plants by biochar, a soil-applied carbon sequestering agent. **Phytopathology**, v. 100, p. 913-921, Aug. 2010. DOI: [10.1094/PHYTO-100-9-0913](https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-9-0913).
- FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, nov./dez. 2012. DOI: [10.1590/S0100-06832012000600001](https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600001).



- GARRETT, K. A.; DENDY, S. P.; FRANK, E. E.; ROUSE, M. N.; TRAVERS, S. E. Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 44, p. 489-509, sept. 2006. DOI: [10.1146/annurev.phyto.44.070505.143420](https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.44.070505.143420).
- GHINI, R. Climate change and increasing challenges for effective soil disinfestation. **Acta Horticulturae**, n. 1044, p. 447-454, 2014. DOI: [10.17660/ActaHortic.2014.1044.61](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1044.61).
- GHINI, R.; BETTIOL, W.; HAMADA, E. Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. **Plant Pathology**, v. 60, p. 122-132, Jan. 2011. DOI: [10.1111/j.1365-3059.2010.02403.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02403.x).
- GONÇALVES, F. J. T.; FREIRE, F. C. O.; LIMA, J. S.; MELO, J. G. M.; CÂMARA, M. P. S. Patogenicidade de espécies de Botryosphaeriaceae endofíticas de plantas da Caatinga do estado do Ceará em manga e umbu-cajá. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 1, p. 43-52, jan./mar. 2016. DOI: [10.1590/0100-5405/2099](https://doi.org/10.1590/0100-5405/2099).
- GRABER, E. R.; MELLER HAREL, Y.; KOLTON, M.; CYTRYN, E.; SILBER, A.; RAV DAVID, D.; TSECHANSKY, L.; BORENSHTEIN, M.; ELAD, Y. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. **Plant and Soil**, v. 337, p. 481-496, 2010. DOI: [10.1007/s11104-010-0544-6](https://doi.org/10.1007/s11104-010-0544-6).
- GUPTA, S.; SHARMA, D.; GUPTA, M. Climate change impact on plant diseases: Opinion, trends and mitigation strategies. In: KASHYAP, P. L.; SRIVASTAVA, A. K.; TIWARI, S. P.; KUMAR, S. (ed.). **Microbes for climate resilient agriculture**. New York: John Wiley, 2018. p. 41-51.
- HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; GARRIDO, L. da R.; GHINI, R. Future scenarios of powdery mildew epidemic on grape under climate change for Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 454-470, 2015. DOI: [10.5935/1984-2295.20150007](https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150007).
- HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; GARRIDO, L. da R.; GHINI, R.; CARVALHO, M. C.; PALLADINO, R. P. Efeito das mudanças climáticas sobre a favorabilidade às podridões da uva madura e cinzenta da videira no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 1100-1115, 2011.
- HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; GARRIDO, L. da R.; GHINI, R.; NOGUEIRA, S. M. C.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição espacial da podridão amarga (*Greeneria uvicola*) da videira no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 38, Feb. 2012. Suplemento. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/956342/1/RAHamadaEetalXXXVCongPltaFitopatologia099.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- HANNUKALA, A. O.; KAUKORANTA, T.; LEHTINEN, A.; RAHKONEN, A. Late blight epidemics on potato in Finland, 1933-2002: increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. **Plant Pathology**, v. 56, p. 167-176, Sept. 2007. DOI: [10.1111/j.1365-3059.2006.01451.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01451.x).
- JAISSWAL, A. K.; ELAD, Y.; GRABER, E. R.; CYTRYN, E.; FRENKEL, O. Soil-borne disease suppression and plant growth promotion by biochar soil amendments and possible mode of action. **Acta Horticulturae**, n. 1207, p. 69-76, 2018. DOI: [10.17660/ActaHortic.2018.1207.9](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1207.9).
- JUROSZEK, P.; LUMPKIN, T. A.; PALADA, M. C. Sustainable vegetable production systems. **Acta Horticulturae**, n. 767, p. 133-49, 2008.
- JUROSZEK, P.; TIEDEMANN, A. V. Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate. **Plant Pathology**, v. 60, p. 100-112, 2011. DOI: [10.1111/j.1365-3059.2010.02410.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02410.x).
- KASHYAP, P. L.; KUMAR, S.; SRIVASTAVA, A. K. Nanodiagnosics for plant pathogens. **Environmental Chemistry Letters**, v. 15, p. 7-13, 2017. DOI: [10.1007/s10311-016-0580-4](https://doi.org/10.1007/s10311-016-0580-4).
- KOLTON, M.; GRABER, E. R.; TSEHANSKY, L.; ELAD, Y.; CYTRYN, E. Biochar-stimulated plant performance is strongly linked to microbial diversity and metabolic potential in the rhizosphere. **New Phytologist**, v. 213, n.3, p. 1393-1404, 2017. DOI: [10.1111/nph.14253](https://doi.org/10.1111/nph.14253).
- MAGALHÃES, E. E. de; ANGELOTTI, F.; PEIXOTO, A. R.; FERNANDES, H. A. Impacto de alterações da temperatura sobre a infecção do oídio da videira. In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 2012, Jaguariúna. **Mudanças climáticas e problemas fitossanitários**: anais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 1 CD-ROM.
- MEDEIROS, J. F.; SANTOS, S. C. L.; CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 538-543, out./dez. 2007. DOI: [10.1007/s10311-016-0580-4](https://doi.org/10.1007/s10311-016-0580-4).
- MELLER, H. Y.; ELAD, Y.; RAV-DAVID, D.; BORENSHTEIN, M.; SHULCHANI, R.; LEW, B.; GRABER, E. R. Biochar-induced systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. **Plant and Soil**, v. 357, p. 245-257, Aug. 2012. DOI: [10.1007/s11104-012-1129-3](https://doi.org/10.1007/s11104-012-1129-3).
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 31-43, Feb. 2006. DOI: [10.1017/S0021859605005708](https://doi.org/10.1017/S0021859605005708).
- OLIVEIRA, M. Z. A. de; PRATES JÚNIOR, P.; BARBOSA, C. de J.; ASSMAR, C. C. Fungo *Lasiodiplodia theobromae*: um problema para agricultura baiana. **Bahia Agrícola**, v. 9, n. 2, p. 24-29, mar. 2013.
- PACHAURI, R. K.; MEYER, L. (ed.). **Climate Change 2014**: synthesis report. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014. 151 p. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_wcover.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf). Acesso em: 11 set. 2019.
- PANDE, S.; SHARMA, M. Climate change and changing scenario of plant diseases in semi-arid tropics. In: THIND, T. S.; JAIN, R. K.; SHARMA, P.; KHURANA, S. M. P.;

- AGGARWAL, R.; SHARMA, R. K.; SINGH, D.; DUBEY, S. C.; KUMAR, A. (ed.). **Plant Pathology in India: Vision 2030**. New Delhi: Indian Phytopathological Society, 2011. p. 128-131.
- PANDE, S.; SHARMA, M. Climate change: potential impact on chickpea and pigeonpea diseases in the rainfed Semi-Arid Tropics (SAT). In: INTERNATIONAL FOOD LEGUMES RESEARCH CONFERENCE, 5.; EUROPEAN CONFERENCE ON GRAIN LEGUMES, 7., 2010, Antalya. **Annals** [...] Antalya: AEP, 2010.
- PATHAK, R.; SINGH, S. K.; TAK, A.; GEHLOT, P. Impact of climate change on host, pathogen and plant disease adaptation regime: a review. **Biosciences Biotechnology Research Asia**, v. 15, n. 3, p. 529-540, 2018. DOI: [10.13005/bbra/2658](https://doi.org/10.13005/bbra/2658).
- PIETERSE, C. M.; ZAMIOUDIS, C.; BERENDSEN, R. L.; WELLER, D. M.; WEES, S. C. V.; BAKKER, P. A. Induced systemic resistance by beneficial microbes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 52, p. 347-375, Aug. 2014. DOI: [10.1146/annurev-phyto-082712-102340](https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340).
- PILET-NAYEL, M. L.; MOURY, B.; CAFFIER, V.; MONTARRY, J.; KERLAN, M. C.; FOURNET, S.; DUREL, C. E.; DELOURME, R. Quantitative resistance to plant pathogens in pyramiding strategies for durable crop protection. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-9, Oct. 2017. DOI: [10.3389/fpls.2017.01838](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01838).
- RIESENFELD, C.; SCHLOSS, P. D.; HANDELSMAN, J. Metagenomics: genomic analysis of microbial communities. **Annual Review Genetic**, v. 38, p. 525-552, July 2004. DOI: [10.1146/annurev.genet.38.072902.091216](https://doi.org/10.1146/annurev.genet.38.072902.091216).
- ROSENZWEIG, C.; TUBIELLO, F. N. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, p. 855-873, 2007. DOI: [10.1007/s11027-007-9103-8](https://doi.org/10.1007/s11027-007-9103-8).
- SANTANA, C. V. da S. **Interação entre fatores do ambiente e *Oidium* sp. em feijão-caupi**. 2013. 69 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia.
- SHARMA, M.; PANDE, S.; PATHAK, M.; RAO, J. N.; KUMAR, A.; REDDY, M.; BENAGI, V. I.; MAHALINGA, D. M.; ZHOTE, K. K.; KARANJKAR, P. N.; EKSINGHE, B. S. Prevalence of *Phytophthora* blight of pigeonpea in the Deccan Plateau of India. **The Plant Pathology Journal**, v. 22, n. 4, p. 309-313, Dec. 2006. DOI: [10.5423/PPJ.2006.22.4.309](https://doi.org/10.5423/PPJ.2006.22.4.309).
- SHARMA, M.; GHOSH, R.; PANDE, S. Dry root rot (*Rhizoctonia bataticola* (Taub.) Butler): an emerging disease of chickpea – where do we stand? **Archives of Phytopathology and Plant Protection**. v. 48, p. 13-16, July 2015. DOI: [10.1080/03235408.2016.1140564](https://doi.org/10.1080/03235408.2016.1140564).
- SHARMA, M.; MANGALA, U. N.; KRISHNAMURTHY, M.; VADEZ, V.; PANDE, S. Drought and dry root of chickpea. In: INTERNATIONAL FOOD LEGUMES RESEARCH CONFERENCE, 5.; EUROPEAN CONFERENCE ON GRAIN LEGUMES, 7., 2010, Antalya. **Annals** [...] Antalya: AEP, 2010.
- SINGH, C. K.; SUDHIR, I.; CHAND, R.; SHARMA, M. Variability in *Phytophthora drechsleri* f. sp. *cajani* and effect of temperature. **Journal of Pure and Applied Microbiology**, v. 11, p. 1053-1059, June 2017. DOI: [10.22207/JPAM.11.2.48](https://doi.org/10.22207/JPAM.11.2.48).
- SPALDON, S.; SAMNOTRA, R. K.; CHOPRA, S. Climate resilient technologies to meet the challenges in vegetable production. **International Journal of Current Research and Academic Review**, v. 3, n. 2, p. 28-47, Feb. 2015.