



# **CAFÉ CONILON:**

## **Adaptação às Mudanças Climáticas**

Organizador  
**Fábio Luiz Partelli**

**São Mateus - ES**  
**2025**

Todos os direitos estão reservados.  
Proibida a reprodução total ou parcial.  
Sanções Previstas na Lei nº 9610 de 19.02.1998.

**Tiragem:** 1.000 exemplares IMPRESSOS

Online: [www.cafeconilon.com](http://www.cafeconilon.com)

**Capa:** Fábio Luiz Partelli e Fábio Lemos Carolino

---

Partelli, Fábio Luiz.

**CAFÉ CONILON: Adaptação às Mudanças Climáticas** / Fábio Luiz

Partelli, Organizador - São Mateus, ES: 2025.

158 p.: il. ; 14 x 21 cm.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-01-74134-5

1. *Coffea canephora*.
2. Café Conilon.
3. Simpósio do Produtor de Conilon.
4. Pesquisas.
5. Mudanças climáticas.
6. Estresse.

CDU:

630



**Dedicamos este livro aos cafeicultores principais responsáveis pelo sucesso da CAFEICULTURA!!!!**

**Agricultores Homenageados pelo evento:**

**2016 – 5º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Amistrong Luciano Zanotti - Nova Venécia - ES  
Irmãs Brioschi (Almira e Inês) – Jaguaré - ES  
João Colombi - São Gabriel da Palha - ES (*In Memoriam*)

**2017: 6º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Jarbas Alexandre Nicoli Filho –Jaguaré - ES  
José Verly – Muqui - ES  
Wanderlino Medeiros Bastos – São Gabriel da Palha - ES

**2018: 7º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Irmãos Covre (Carlos, Isaac e Moyses) – Pinheiros - ES  
Irmãos Partelli (Luiz e Ozílio) –Vila Valério - ES  
José Bonomo – São Mateus - ES

**2019: 8º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Eliseu Bonomo – São Mateus - ES  
Marizete Marim Menegardo –Jaguaré - ES  
Rogério Colombi de Freitas – São Gabriel da Palha - ES

**2020: 9º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Silvestre Baiôco Filho (Pepe) – Aracruz - ES  
Irmãos Venturim (Isaac e Lucas) – São Gabriel da Palha – ES

**2021: 10º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Elias de Paula – Nova Venécia - ES  
Gustavo Martins Sturm – Teixeira de Freitas - BA  
Luis Carlos da Silva Gomes – Santa Teresa - ES

**2022: 11º Simpósio do Produtor de Conilon:**

André Monzoli Covre – Itabela – BA  
Elair Caldeira Barbosa – Vila Valério - ES  
Juan Travain – Cacoal – RO

**2023: 12º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Geralda Soares Colombi – São Gabriel da Palha – ES  
Edgar Bastianello – Nova Venécia – ES  
Gerson Cosme – Jaguarié – ES

**2024: 13º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Adauto Orletti e filhos – Pinheiros – ES  
Irmãos Reniki Junior e Ronaldo Ronquette – Rio Bananal – ES  
Geraldo da Silva (Casiano) e Família – São Mateus – ES

**2025: 14º Simpósio do Produtor de Conilon:**

Sebastião Ton – Aimorés – MG  
Casal: Rosangela Dal Bo e José Pereira – Rio Bananal – ES  
Luiz Marcos Stocco – Vila Valério – ES

## **AGRADECIMENTOS**

Os organizadores, agradecem à **Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes)**, ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (Ceunes), pelo apoio na realização de todas as edições do “Simpósio de Produtor de Conilon”. Agradecimentos à **Empresa Junior de Agronomia - Projagro** e demais acadêmicos do curso de Agronomia pelo apoio na organização.

Ao apoio fundamental realizado pelo Crea-ES, Mutua-ES, Rovensa Next, Colombo, P&A, Prefeitura de São Mateus, OCB-ES, Amazon AgroSciences, Yara, Defesa Agrícola, Basf, FMC, Fapes, Nicoli Agronegócios, Cooabriel, Viveiro Marinato, Incaper, Conesão Safra, Rede Nova Onda, Ifes, Iniativ e Faesa.

Agradecimentos também aos palestrantes do 14º Simpósio do Produtor de Conilon e aos autores dos capítulos do livro.

Comissão Organizadora

## PREFÁCIO

O Estado do Espírito Santo possui apenas um Universidade Federal. A Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) contribui de forma significativa com a sociedade Capixaba, Brasileira e Mundial, com ensino, pesquisa e extensão por mais de 70 anos. Atua fortemente com a cultura do Café Conilon/Robusta, com ações no ensino, extensão, formação de recursos humanos e na produção de pesquisa, sendo a instituição que mais publica artigos científicos sobre café Conilon/Robusta do mundo.

O Centro Universitário Norte do Espírito Santo (Ceunes), com quase 20 anos contribui de forma grandiosa por meio de ensino superior, com 17 cursos de graduação, dentre eles o de Agronomia, cinco cursos de mestrado, dois de doutorado, pesquisas e extensão. Portanto, temos uma Universidade **pública e de qualidade a serviço da sociedade**.

Foram 13 livros relacionados aos 14 eventos (Simpósio do Produtor de Conilon), sendo **IMPRESSOS e DISPONIBILIZADOS 13 MIL LIVROS, principalmente aos CAFEICULTORES**, aos brasileiros e a diversos países do mundo. Este ano serão **MAIS MIL LIVROS IMPRESSOS**, atingindo a marca de **14 MIL LIVROS IMPRESSOS**. Essa edição conta com a participação de 58 autores e com 158 páginas.

Os livros também estão disponíveis em formato digital, podendo ser encontrado em **WWW.CAFECONILON.COM**.

## ORGANIZADOR/AUTOR

**Fábio Luiz Partelli:** Agricultor até os 18 anos. Engenheiro Agrônomo pela Ufes (2002). Mestrado e Doutorado em Produção Vegetal pela Uenf (2004/2008), parte realizado em Portugal. Professor Titular e orientador de iniciação científica, mestrado e doutorado na Ufes. Bolsista Produtividade Científica do CNPq, nível 1B (A).

## AUTORES

**Adésio Ferreira:** Engenheiro Agrônomo (Ufes, 2002). Mestre em Genética e Melhoramento (UFV, 2003). Doutor em Genética e Melhoramento (UFV, 2006). Professor da Ufes e bolsista de produtividade do CNPq.

**Adriene Caldeira Batista:** Engenheira Agrônoma (2023) e Mestre em Produção Vegetal (2025) pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Atua como pesquisadora em modelagem de nicho ecológico e mudanças climáticas. Faz parte do Grupo AgriMe.

**Aldemar Polonini Moreli:** É professor efetivo do IFES, atuando na função de docente e coordenador de projetos de pesquisa e de extensão focados na cafeicultura, onde também coordena o Programa Qualidade Total para a Cafeicultura. Sua produção científica atual: 33 artigos científicos, 5 capítulos de livro e 2 registros de patentes.

**Alex Campanharo:** Eng. Agrônomo (Ufes, 2016). Mestre em Agricultura Tropical (Ufes, 2019). Doutor em Genética e Melhoramento (Ufes, 2025). Consultor e Técnico da Fazenda Experimental da Ufes, São Mateus-ES.

**Alex Silva Lima:** Graduado em Agronomia (UFES/2019). Mestre em Agricultura Tropical (UFES/2022). Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas pela Ufes.

**Anne Reis Santos:** Mestre em Produção Vegetal, atua como pesquisadora em ecofisiologia vegetal, com ênfase na fisiologia do cafeiro e nos efeitos da radiação ultravioleta (UV). Doutoranda em Biotecnologia Vegetal na UENF, possui experiência em estudos sobre os efeitos de estresses abióticos em processos fisiológicos.

**Angela Maria dos Santos Pessoa:** Engenheira agrônoma; Mestre. Doutora em Agronomia. Professora, orientadora na iniciação científica pela UNIR, lotada no Campus de Rolim de Moura/RO.

**Antonio Fernando de Souza:** Eng. Agrônomo pela UFV (2003) e Doutor em Fitopatologia pela UFV (2008). Atua como Professor EBTT, classe Titular, no IFES Campus Santa Teresa, onde desenvolve pesquisas na área de manejo

integrado de doenças e coordena o programa de extensão Clínica Fitopatológica do Laboratório de Diagnose de Doenças de Plantas.

**Cleidson Alves da Silva:** Engenheiro Agrônomo (Unir, 2016). Mestre em Agricultura Tropical (Ufes, 2020). Doutor em Agronomia (Fitotecnia) (Ufla, 2024). Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig).

**Deurimar Herônio Gonçalves Júnior:** Engenheiro Agrônomo (Uema, 2017). Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas (Uenf, 2019). Doutor em Genética e Melhoramento (UFV, 2025). Especialista em Inteligência Artificial e Big Data (USP, 2025). Pós-Doutor na Universidade Federal do Espírito Santo.

**Edmond Joseph Djibril Victor Barry:** Engenheiro Agrônomo (2025), natural do Senegal, e mestrando em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Membro do Grupo Agricultura e Modelagem Ecológica (AgriMe).

**Ellen Vieira da Silva:** Técnica em Edificações pelo IFES. Graduanda em Agronomia pelo IFES Campus Santa Teresa e Bolsista de Iniciação Científica do Laboratório de Diagnose de Doenças de Plantas.

**Eliemar Campostrini:** Docente de Fisiologia/Ecofisiologia de Culturas Tropicais e Subtropicais e pesquisador doutor na UENF. Possui mais de 174 publicações científicas. Atua investigando os efeitos de fatores ambientais (água, temperatura, luz) sobre processos fisiológicos como trocas gasosas, fluxo de seiva, pigmentos e fluorescência.

**Fabiano Guimarães Silva:** Licenciado em Ciências Agrárias. Mestre. Doutor em Agronomia. Professor, orientador no mestrado e doutorado pelo IFGoiano, lotado no Campus de Rio Verde/GO.

**Fernanda dos Santos Farnese:** Bióloga. Mestre. Doutora em Fisiologia Vegetal. Professora, orientadora no mestrado e doutorado pelo IFGoiano, lotado no Campus de Rio Verde/GO.

**Guilherme Augusto Rodrigues de Souza:** Doutor em Produção Vegetal pela UENF, com foco em ecofisiologia vegetal. Atualmente, é pesquisador de pós-doutorado na Università Cattolica del Sacro Cuore (Itália), com bolsa CNPq. Sua pesquisa envolve respostas ecofisiológicas de *Coffea canephora* à seca e efeitos de altas temperaturas em mamoeiro.

**Idalina Sturião Milheiros:** Bacharel Administração (2022), MBA em Agronegócio (2026). Técnica em Desenvolvimento Rural - Agropecuária pelo Incaper. É co-autora de 7 artigos científicos e 1 capítulo de livro.

**Idelfonso Leandro Bezerra:** Engenheiro agrônomo. Mestre. Doutor em Engenharia agrícola. Professor, orientador na iniciação científica e no mestrado pela UNIR, lotado no Campus de Rolim de Moura/RO.

**Jane Meri Santos:** Professora aposentada da UFES e Bolsista de Produtividade em Pesquisa nível 1C do CNPq. Graduada em Eng. Mecânica pela UFES e doutora em Engenharia Ambiental pela University of Manchester. Publicou mais de 90 artigos científicos em periódicos nacionais e internacionais.

**Jairo Rafael Machado Dias:** Engenheiro agrônomo. Mestre. Doutor em Produção Vegetal. Professor, orientador na iniciação científica, tecnológica e no mestrado pela UNIR - Campus de Rolim de Moura/RO.

**João Felipe de Brites Senra:** Eng. Agrônomo (2010), Mestre em produção vegetal (2012), D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas (2016). Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural pelo Incaper. Professor colaborador do PPGGM da UFES. É autor de 28 artigo científicos e 3 livros. Editor adjunto do periódico Incaper em Revista.

**José Maria Rodrigues da Luz:** É Bioquímico (2007) e realiza Pós-doutorado na UFV. Ele participa do desenvolvido de estudos sobre fermentação microbiana, qualidade química, nutricional e sensorial de café. Sua produção científica atual: 76 artigos científicos, 9 capítulos de livros, 8 registros de patentes e 5 cartas patentes.

**José Cochicho Ramalho:** Biólogo, doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas pela Universidade de Lisboa (1998). É investigador do ISA da Universidade de Lisboa. Desenvolve estudos multidisciplinares relativos aos mecanismos de resposta e resiliência das plantas num contexto de alterações climáticas, com foco principal no género tropical *Coffea* sp.

**Julia Sperandio Schulz:** Técnica em Administração pelo IFES Campus Centro Serrano. Graduanda em Agronomia pelo IFES Campus Santa Teresa e Bolsista de Iniciação Científica do Laboratório de Diagnose de Doenças de Plantas.

**Júlio Antônio Saraiva Aguilar:** Engenheiro Agrônomo UFV 1993. Produtor Rural Co-fundador do Khas Café

**Karen Mirella Souza Menezes:** É Zootecnica (2012) e faz Pós-doutorado na UFV com atuação na área de café com fungos micorrízicos arbusculares, bactéria fixadora de nitrogênio e isolamento de micro-organismos do fruto do café. Publicou 8 artigos científicos, 1 capítulo e 28 resumos.

**Laricia Olária Emerick Silva:** Graduada em Ciências Biológicas (IFES/2018). Mestra e Doutora em Genética e Melhoramento pela UFES.

**Leandro Mendel da Cruz:** Graduado em Agronomia pela UFES (2008), mestre em Agronomia pela UFES (2023), discente de doutorado em Genética e

Melhoramento (UFES), atuando como Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural no Incaper.

**Lucas Broedel Cabral:** Produtor de café desde 2020. Eng. Agrônomo (2022) e especialista em fisiologia vegetal, nutrição e desenvolvimento de plantas (2025). Avaliador e classificador de café conilon (2023). Bicampeão municipal no concurso de qualidade de café do município de Sooretama (2023 e 2024).

**Lucas Louzada Pereira.** É Diretor de Operações da Mió Brasil e professor licenciado do IFES. Ele desenvolve pesquisas em química, bioquímica, processos de fermentação, microbiologia e qualidade sensorial do café. Sua produção científica atual: 88 artigos científicos, 10 livros, 12 capítulos e 5 registros de patentes.

**Marcela Campanharo:** Engenheira Agrônoma (Ufes, 2002). Mestre em Ciência do Solo (UFRPE, 2006). Doutora em Produção Vegetal (Uenf, 2010). Professora na Ufes, Campus São Mateus.

**Marcelo Barreto da Silva:** É professor titular da Ufes. Doutor em Fitopatologia pela UFV. Pós-doutor pela Kansas University e pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Coordena o programa Agro+: por uma agricultura mais sustentável. Desenvolve projetos de inovação em produtos fitossanitários e fitoterápicos.

**Marcia Flores da Silva Ferreira:** Graduada em Ciências Biológicas. Mestra em Genética e Melhoramento. Doutora em Genética e Melhoramento (UFV/2006). Pós-doutorado em Biologia Molecular de Plantas (UFV/2016). Professora na Ufes.

**Marcos Valério Vieira Lyrio:** Graduado em Engenharia Química. Mestre em Química. Doutorando em Química (UFES). Pesquisador na Fundação Espírito-Santense de Tecnologia.

**Maria Fernanda Peixoto Gama:** Licenciada em Ciências da Natureza – Ciências e Biologia (IFF/2023). Mestranda em Genética e Melhoramento (UFES/2024).

**Marinaldo Loures Ferreira:** Engenheiro Civil e Gestor do Agronegócio. Doutor e Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Professor do curso de Agronomia da FACTU. Atua como pesquisador em geotecnologias aplicadas à agricultura, modelagem de nicho ecológico e sustentabilidade hídrica.

**Marliane de Cássia Soares da Silva:** É professora associada da UFV com atuação em Microbiologia, com os seguintes temas: cogumelos, fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio. Sua produção científica atual:

74 artigos científicos, 18 capítulos de livros, 2 registros de patentes e 2 orientações de mestrado.

**Maysa Bromerschenkel da Silva:** Técnica em Administração pelo IFES Campus Centro Serrano. Graduanda em Agronomia pelo IFES Campus Santa Teresa.

**Maskio Darós:** Eng. Agrônomo (Ufes, 1997). Mestre e doutor em Produção Vegetal (Uenf, 1999/2003. Extensionista Agropecuário na Emater-MG.

**Neyval Costa Reis Junior:** Professor Titular da Ufes e Bolsista de Produtividade em Pesquisa nível 1C do CNPq. Graduado em Eng. Mecânica pela Ufes e doutor em Engenharia Ambiental pela University of Manchester. Publicou mais de 80 artigos científicos em periódicos. Coordenou a elaboração do Plano Estadual de Descarbonização do ES.

**Niquisse José Alberto:** Engenheiro Agrônomo (Universidade Católica de Moçambique, 2016). Mestre em Genética e Melhoramento (Ufes, 2022). Doutorando em Genética e Melhoramento na Ufes.

**Paulo Eduardo Menezes-Silva:** Biólogo. Mestre. Doutor em Fisiologia Vegetal. Professor, orientador no mestrado e doutorado pelo IFGoiano, lotado no Campus de Rio Verde/GO. Coordenou o estudo que revelou alta vulnerabilidade hidráulica nos cafeeiros robustas amazônicos.

**Pedro Henrique Bonfim Pantoja:** Graduado em Meteorologia pela UFPA e mestre em Engenharia Ambiental pela UFES. Pesquisador do INCAPER, atua nas áreas de climatologia, projeções climáticas e análise de dados.

**Renan Batista Queiroz:** Eng. Agrônomo e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pesquisador do Incaper. Professor e coordenador do curso de Agronomia da FAESA. Atualmente, atua com Desenvolvimento de Mercado da F1RST AGBIOTECH. Desde 2014 desenvolve pesquisas com Manejo Integrado de Pragas.

**Ricardo Siqueira da Silva:** Engenheiro Agrônomo (2010), mestre (2012) e doutor (2016). Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, docente dos Programas de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Ciência Florestal, e coordenador do Grupo Agricultura e Modelagem Ecológica (AgriMe).

**Roberta Reis Rosa Aguilar:** É publicitária (Faesa 2004), pós-graduada em marketing (FGV 2007) e desenvolvimento de embalagens. Produtora de cafés especiais, barista e cofundadora do Khas Café. Atua em branding territorial, design e turismo, criando experiências e estratégias que conectam agricultura, cultura, economia criativa e consumo consciente.

**Robson Bonomo:** Graduado em Agronomia (UFV/1992). Mestre em Engenharia Agrícola (UFV/1994). Doutor em Engenharia Agrícola (UFV/1999). Professor na Universidade Federal do Espírito Santo.

**Rosana Gomes de Oliveira:** Licenciada em Ciências Biológicas. Pós-graduada em Biotecnologia. Mestra em Genética e Melhoramento (UFES/2024). Doutoranda em Genética e Melhoramento (UFES/2024).

**Sebastião Ton:** Cafeicultor em Aimorés-MG.

**Tafarel Victor Colodetti:** Eng. Agrônomo (2014), Mestre e Doutor (2016/2019) em Produção Vegetal. Agente de Pesquisa e Inovação em Desenvolvimento Rural do Incaper. Membro do Núcleo de Pesquisas Cafeeiras do CCAE da Ufes. É autor de mais de 70 artigos em periódicos, 3 livros, 7 capítulos e mais de 120 trabalhos publicados em eventos.

**Thalita Sousa Silva:** Licenciada em Ciências Biológicas (2024) Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas (2024 - atual).

**Vanessa Gonçalves do Nascimento:** Eng. Agrônoma (2025) e mestranda em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Integra o Grupo Agricultura e Modelagem Ecológica (AgriMe).

**Vando Miossi Rondelli:** Engenheiro agrônomo. Mestre. Doutor. Pós-doutor em Entomologia Agrícola. Professor, orientador na iniciação científica e no mestrado pela UNIR, lotado no Campus de Rolim de Moura/RO.

**Wagner Nunes Rodrigues:** Eng. Agrônomo (2008), Mestre (2010) e Doutor (2014) em Produção Vegetal. É Agente de Pesquisa e Inovação em Desenvolvimento Rural do Incaper e professor do Centro Universitário Unifacig. Autor de mais de 100 artigos científicos, 10 livros, 20 capítulos de livros e 100 trabalhos em anais de eventos.

**Wallace de Paula Bernado:** Doutor em Produção Vegetal pela UENF. Atualmente é pesquisador de pós-doutorado da FAPESP, no Centro de Citricultura Sylvio Moreira (IAC). Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Fisiologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: fotossíntese e mudanças climáticas.

**Weverton Pereira Rodrigues:** Doutor em Produção Vegetal e professor/pesquisador da UEMASUL. Dedica-se ao estudo da Fisiologia e Ecofisiologia de culturas tropicais, com ênfase na investigação da influência de fatores ambientais sobre os processos bioquímicos e fisiológicos de plantas de interesse agrícola.

**Willian dos Santos Gomes:** Graduado em Ciências Biológicas, Mestre e Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas. Membro do Coffe Design Group.

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1. Indicação de cinco genótipos de <i>Coffea canephora</i> para baixa temperatura: 1.100 metros de altitude no CAXIXE</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 2. Indicação de cinco genótipos de <i>Coffea canephora</i> para Minas Gerais. Quatro colheitas em AIMORÉS</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo 3. Impacto das Mudanças Climáticas na Agricultura do Espírito Santo</b>	<b>29</b>
<b>Capítulo 4. Influência do estresse na predisposição do cafeeiro às doenças abióticas</b>	<b>43</b>
<b>Capítulo 5. Impacto de mudanças climáticas em pragas com ênfase no café</b>	<b>57</b>
<b>Capítulo 6. Conilon de qualidade em Sooretama: uma jornada de tradição e sucessão familiar</b>	<b>71</b>
<b>Capítulo 7. Qualidade na Altitude</b>	<b>81</b>
<b>Capítulo 8. Cafeicultura do Futuro: A Importância Estratégica da Diversidade Genética do <i>Coffea canephora</i></b>	<b>87</b>
<b>Capítulo 9. Desafios e possibilidades para o melhoramento genético do cafeeiro conilon como estratégia mitigadora das mudanças climáticas</b>	<b>99</b>
<b>Capítulo 10. Desafios ecofisiológicos dos cafeeiros robustas amazônicos cultivados em terras Capixabas</b>	<b>113</b>
<b>Capítulo 11. Radiação solar no cafeeiro: desafios e adaptações para o sucesso no pós-transplantio</b>	<b>129</b>
<b>Capítulo 12. <i>Coffea canephora</i>: microbiota do cafeeiro e qualidade do café em função das condições climáticas</b>	<b>143</b>

## CAPÍTULO 3

### **Impacto das Mudanças Climáticas na Agricultura do Espírito Santo**

**Neyval Costa Reis Junior  
Pedro Henrique Pantoja  
Jane Méri Santos  
Fábio Luiz Partelli**

#### **1. Introdução**

No Brasil, o ano de 2024 foi o mais quente desde 1961, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A temperatura média nacional atingiu 25,02°C, valor 0,79°C acima da normal climatológica de 1991–2020 (24,23°C) (WMO, 2025). Em diversos municípios foram observadas máximas superiores a 43°C. Além do calor extremo, o país enfrentou chuvas intensas, enchentes, secas, incêndios florestais e episódios de poluição atmosférica, com impactos econômicos expressivos e elevado número de óbitos.

Desde a década de 1970, o aquecimento da superfície terrestre tem ocorrido em ritmo mais acelerado do que em qualquer outro intervalo de 50 anos nos últimos dois milênios (IPCC, 2021). As ondas de calor se tornaram mais frequentes e intensas, enquanto os episódios de frio severo se reduziram. Paralelamente, registram-se estiagens prolongadas e precipitações intensas com maior regularidade, ampliando os riscos de inundações e secas.

No Espírito Santo, simulações realizadas com o modelo regional Eta-CPTEC em alta resolução (5 km) revelam uma tendência de aquecimento significativo quando comparado ao período de referência 1961–1990. As estimativas apontam elevação de 2,5°C a 3,5°C em cenários de emissões moderadas, podendo chegar a até 6°C sob condições extremas até a década de 2080 (Soares, 2023).

Essas alterações repercutem diretamente no ciclo hidrológico. Meira-Neto et al. (2023), ao avaliar a bacia do rio Doce em cenários de altas emissões, identificaram queda substancial nas precipitações médias anuais e sazonais, com consequente redução das vazões médias (Qmed) e das vazões de permanência (Q90). Tais efeitos tendem a agravar os períodos de estiagem, principalmente no norte do estado, onde os dias consecutivos sem chuva podem ultrapassar 70, em comparação ao histórico de 1961–1990 (Soares, 2023).

A agricultura Capixaba representa cerca de 5% do PIB estadual e o agronegócio um PIB superior a 30%, portanto, são altamente sensíveis a essas mudanças. O setor é diversificado, abrangendo avicultura, aquicultura, pipericultura, fruticultura e cafeicultura. O café é cultivado em 61 dos 78 municípios, sendo a principal atividade agrícola do estado. Estudos apontam que o aquecimento pode comprometer o café conilon, com redução no crescimento vegetativo, formação de flores estéreis e queda na produção e qualidade dos frutos (Oliveira et al., 2023). Esse cenário pode levar à migração do cultivo para áreas de maior altitude, além de afetar outras culturas importantes, como pimenta-do-reino, banana e mamão.

Com o avanço das mudanças climáticas, os impactos sobre a agricultura do Espírito Santo tendem a se intensificar, exigindo políticas públicas consistentes e estratégias de adaptação para garantir a resiliência do setor.

## **2. Projeções Climáticas Futuras para o Espírito Santo**

A análise de cenários futuros é fundamental para compreender como as mudanças globais do clima podem afetar de forma específica no território Capixaba. As projeções permitem antecipar tendências de aquecimento, alterações no regime de chuvas, maior frequência de eventos extremos e mudanças na disponibilidade de água, fornecendo subsídios essenciais para o planejamento e a formulação de políticas públicas.

As projeções apresentadas aqui foram derivadas de modelos globais do CMIP6, selecionados segundo critérios de desempenho estatístico aplicados ao Brasil (Alves, 2023). Esses dados foram ajustados por meio do conjunto de dados observados BR-DWGD (Xavier et al., 2022), que reúne informações meteorológicas históricas interpoladas em alta resolução espacial. Para assegurar consistência entre os modelos e reduzir vieses sistemáticos, aplicou-se o método delta aditivo (Maraun, 2016). Esse procedimento aumenta a confiabilidade das estimativas de precipitação e temperatura que fundamentam a avaliação de vulnerabilidades e riscos climáticos no ES.

As projeções são expressas em termos de anomalias, ou seja, desvios em relação ao valor médio observado em um período de referência. No presente estudo, adotou-se como base o intervalo histórico 1995–2014, apresentado na Figura 1. Assim, por exemplo, uma anomalia positiva de 2°C para a temperatura máxima em determinado município entre 2020-2040 indica que a média projetada para esse intervalo supera em 2°C o valor observado no período de referência. Esse recurso analítico é fundamental para destacar tendências de aquecimento, redução ou aumento de chuvas e intensificação de eventos extremos, facilitando a comparação espacial e temporal.

De forma geral, os modelos climáticos ajustados à realidade Capixaba apontam para aumento contínuo da temperatura média ao longo do século XXI. Sob o cenário otimista (SSP2-4.5), o acréscimo pode chegar a 2°C até

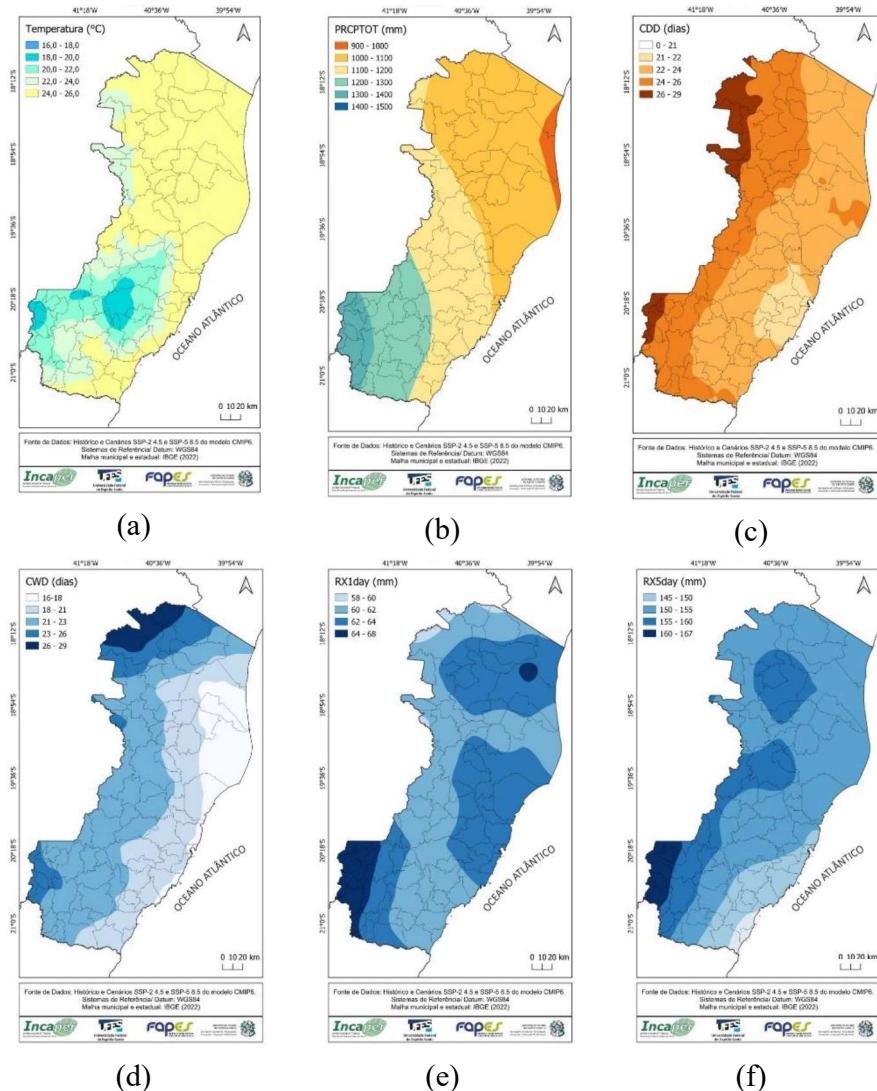
2100 em comparação ao período de referência, enquanto no cenário pessimista (SSP5-8.5) o aumento ultrapassa 4°C. As maiores anomalias concentram-se no litoral sul e em áreas do norte do estado. As projeções de temperatura máxima indicam que, no pior cenário, os valores podem superar 43°C, especialmente no sudoeste Capixaba (Figura 2).

No que se refere à precipitação, a climatologia de referência mostra volumes anuais acima de 1000 mm em praticamente todo o estado, com valores mais baixos no nordeste (Figura 1). As projeções indicam redução nos totais anuais de chuva em ambos os cenários, sendo a queda mais pronunciada justamente no nordeste, região onde já existem problemas recorrentes de seca. Em alguns locais, os valores podem diminuir em até 60% ao longo do século, levando os totais anuais para próximo de 400 mm (Figura 3).

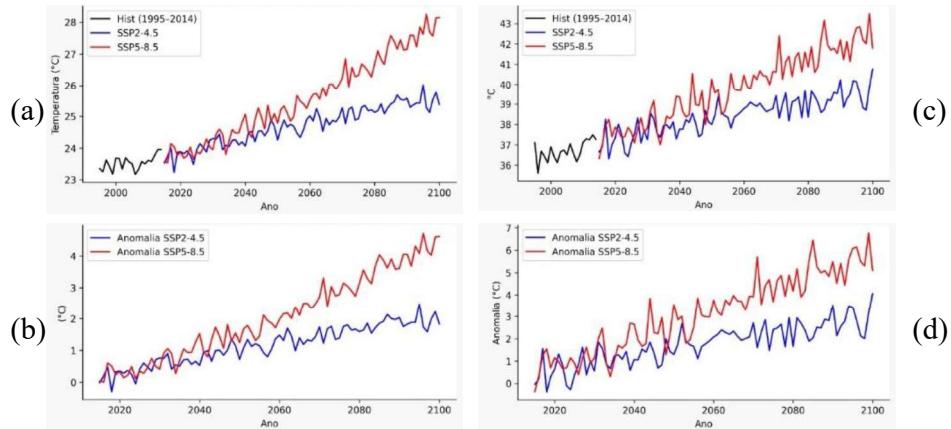
O índice CDD, que mede a duração de períodos secos, tende a aumentar em todo o estado. Atualmente, as médias variam entre 22 e 29 dias (Figura 1), mas no cenário SSP5-8.5 podem chegar a 65 dias consecutivos sem chuva (Figura 4). Já o índice CWD, que expressa o número de dias seguidos com precipitação, apresenta leve tendência de redução, com alta variabilidade anual. Mesmo assim, em alguns anos os valores ainda podem alcançar 18 dias consecutivos.

As projeções para os índices de precipitação extrema mostram intensificação dos episódios de chuva intensa. O Rx1day, associado a inundações urbanas, deve apresentar anomalias positivas na maior parte do estado, alcançando até 94 mm em regiões do litoral centro-sul (Figura 6). Quanto ao Rx5day, ligado a deslizamentos, a tendência média é de redução, mas há possibilidade de picos de aumento, principalmente no sudeste Capixaba.

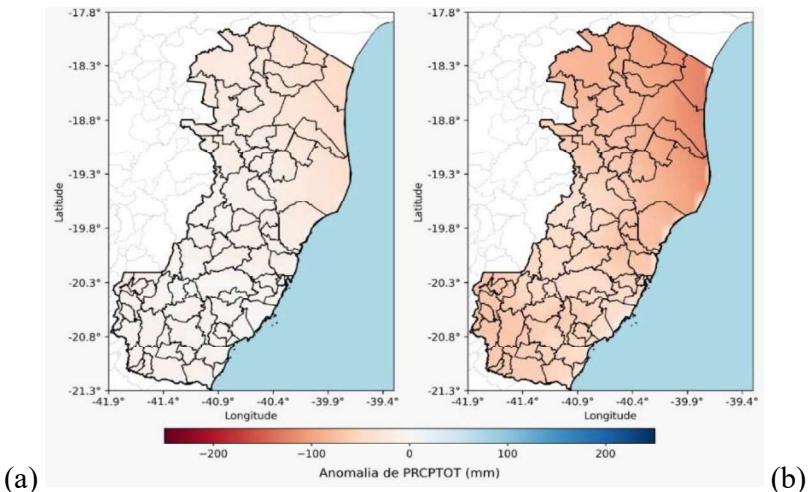
A leitura conjunta desses resultados aponta para um futuro climático mais quente, com secas prolongadas, menor disponibilidade hídrica e chuvas mais concentradas em episódios extremos, impondo desafios consideráveis à agricultura, aos recursos hídricos e à infraestrutura do Espírito Santo.



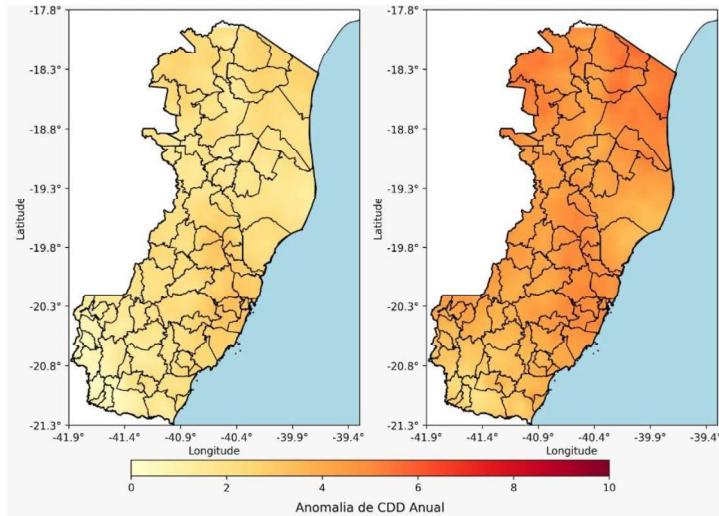
**Figura 1.** Climatologia média histórica entre 1995 e 2014: (a) temperatura média anual, (b) precipitação total (PRCTOT); (c) dias consecutivos sem chuva (CDD), (d) dias consecutivos com chuva (CWD), (e) máxima precipitação anual em 1 dia consecutivos (Rx1day), (f) máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (Rx5day).



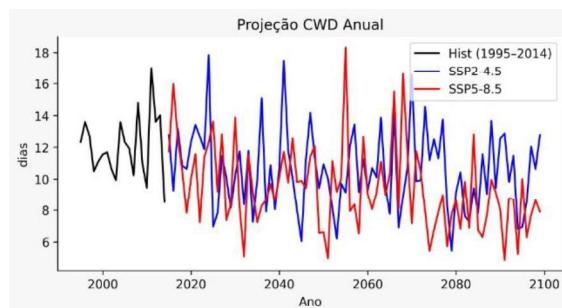
**Figura 2.** Projeções futuras para o ES de (a) temperatura média anual, (b) anomalia da temperatura média anual, (c) projeção de temperatura máxima anual, (d) anomalia da temperatura máxima, para os cenários otimista (SSP2 4.5) e pessimista (SSP5 8.5).



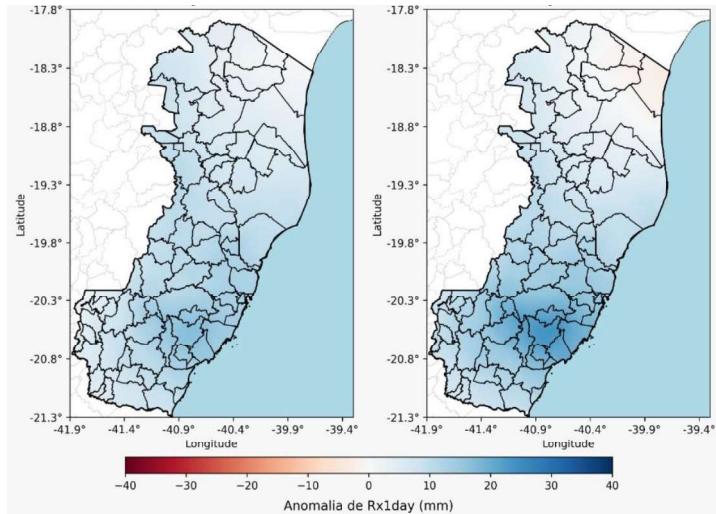
**Figura 3.** Anomalias médias de precipitação total anual (PCPOT) em relação à média histórica entre 1995 e 2015 para os cenários futuros (a) otimista (SSP2 4.5) e (b) pessimista (SSP5 8.5).



**Figura 4.** Anomalias medias de temperatura média em relação à média histórica entre 1995 e 2014 para os cenários futuros (a) otimista (SSP2 4.5) e (b) pessimista (SSP5 8.5).



**Figura 5.** Projeção do número de dias seguidos com precipitação (CWD) para os cenários futuros (a) otimista (SSP2 4.5) e (b) pessimista (SSP5 8.5).



**Figura 6.** Anomalias médias de máxima precipitação em 1 dia (Rx1day) em relação à média histórica entre 1995 e 2014 para os cenários futuros (a) otimista (SSP2 4.5) e (b) pessimista (SSP5 8.5).

### 3. Impactos das Mudanças Climáticas na Agricultura do Espírito Santo

O aumento da temperatura média do ar, a intensificação das ondas de calor, a maior frequência de secas prolongadas e a ocorrência recorrente de enchentes devem repercutir de forma expressiva, direta e indireta, na agropecuária e na silvicultura do Espírito Santo, afetando a produtividade, a qualidade dos produtos e a sustentabilidade das atividades rurais.

O Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura (PEDEAG-4, 2023–2032) reconhece que o setor agrícola tem papel relevante não apenas na adaptação, mas também na mitigação das mudanças climáticas, seja pela redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), seja pelo sequestro de carbono. Nesse contexto, o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) foi incorporado ao Plano Estadual de Descarbonização e Neutralização de GEE, reforçando a integração entre políticas setoriais. Além

disso, o PEDEAG-4 prevê iniciativas específicas de adaptação, como: (i) ampliar o sistema de monitoramento agrometeorológico estadual; (ii) investir em pesquisa e desenvolvimento de materiais genéticos mais tolerantes ao estresse climático; (iii) utilizar o zoneamento climático como ferramenta para orientar o uso da terra agrícola em cenários futuros; e (iv) estimular tecnologias que aumentem a eficiência no uso da água.

É a primeira vez que um plano estratégico estadual de agricultura aborda de forma explícita os impactos das mudanças climáticas sobre o setor. Entre os temas transversais avaliados, o clima aparece com peso significativo, posicionado logo após os eixos “educação, pesquisa e extensão” e “agricultura familiar”.

O Espírito Santo já convive com o problema das pastagens degradadas, sobretudo em municípios situados em áreas de características semiáridas. Em 2021, a redefinição dos limites do Semiárido brasileiro incluiu parte do norte Capixaba, onde os cenários climáticos projetam aumento da duração das estiagens. A nova delimitação foi estabelecida pela Resolução nº 150/2021 do Conselho Deliberativo da Sudene e confirmada posteriormente pela Resolução nº 176/2024, que manteve nessa classificação os municípios de Baixo Guandu, Ecoporanga, Itaguaçu, Itarana, Mantenópolis e Montanha.

Entre as metas do PEDEAG-4 estão a redução significativa das áreas de pastagens degradadas, a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), a ampliação das florestas plantadas e a adoção de sistemas integrados de produção agrícola, florestal e pecuária. Outra meta relevante é a expansão da agricultura irrigada: o plano pretende elevar de 43,3% para 55% o número de propriedades irrigadas até 2032, o que pressupõe a necessidade de ampliar substancialmente a capacidade de armazenamento de água no estado. Contudo, as projeções climáticas apontam para redução na disponibilidade hídrica, criando um paradoxo entre a necessidade de maior irrigação e a tendência de escassez de recursos hídricos.

Plantas e animais necessitam de faixas adequadas de temperatura para crescer e se desenvolver. A exposição a extremos térmicos provoca estresse fisiológico que, no caso das plantas, compromete a fotossíntese e reduz a produtividade (Rodrigues et al., 2016; Martins et al., 2024). No Espírito Santo, há registros concretos: em 2017, ondas de calor causaram abortamento de flores na pimenta-do-reino, com queda expressiva da produção (G1, 2024c), enquanto em 2023 a cafeicultura conilon registrou perdas de aproximadamente 30% devido a altas temperaturas. A Organização Meteorológica Mundial define ondas de calor como períodos em que a temperatura máxima diária excede em pelo menos 5 °C a climatologia de referência por seis dias ou mais, condição cada vez mais comum no estado.

Embora a maioria dos cultivos seja realizada a pleno sol, sistemas de sombreamento despontam como alternativa promissora de adaptação ao aquecimento. O cultivo sombreado reduz o estresse térmico, melhora a conservação do solo e favorece a biodiversidade (Salvador et al., 2024). Em especial, os sistemas agroflorestais têm mostrado benefícios como redução da temperatura média do ambiente, melhoria da qualidade do solo e diversificação produtiva (Dobo et al., 2018; Oliveira et al., 2018; Pezzopane et al., 2010). Contudo, ainda há lacunas científicas quanto à intensidade ideal de sombreamento e à escolha das espécies arbóreas para diferentes cultivos.

A escassez de água representa outro desafio crítico. A água é indispensável para os processos metabólicos das plantas, e sua falta pode levar à morte de folhas ou de toda a lavoura. No Espírito Santo, a irrigação tem sido a principal estratégia de enfrentamento do déficit hídrico, sobretudo no norte do estado. Entretanto, essa prática exige investimentos em infraestrutura, disponibilidade hídrica e alto consumo de energia.

O histórico recente confirma a vulnerabilidade hídrica do estado. A seca de 2014–2015, considerada uma das mais severas já registradas, afetou praticamente todas as cadeias agropecuárias Capixabas. As perdas

ultrapassaram R\$ 3,5 bilhões, impactando diretamente a cafeicultura, a pimenta-do-reino e a pecuária (ALES, 2024; G1, 2024a, 2024b). Mesmo lavouras irrigadas foram prejudicadas, já que barragens e cursos d'água secaram em decorrência da falta prolongada de chuvas. Atualmente, se considerar uma quebra de 50% na safra de café, considerando os preços praticados em 2024, representaria perdas próximas a R\$ 10 bilhões, evidenciando o peso econômico da variabilidade climática.

Por outro lado, chuvas intensas e inundações também afetam a produção. A maioria das culturas não resiste a mais de dois ou três dias de encharcamento do solo, devido à falta de oxigênio nas raízes, condição que leva ao estresse fisiológico e, muitas vezes, à morte das plantas. Além disso, as enchentes podem provocar danos estruturais nas áreas agrícolas, incluindo erosões, desmoronamentos, perdas de infraestrutura e até óbitos de animais e pessoas.

Historicamente, o Espírito Santo tem enfrentado enchentes severas que impactaram tanto áreas rurais quanto urbanas. A adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo, o aumento da infiltração de água e o fortalecimento da capacidade de armazenamento hídrico são medidas essenciais para reduzir os danos. Entre as alternativas estão o plantio de árvores, a construção de caixas secas, terraços, barraginhas e barragens, que contribuem para aumentar a resiliência das propriedades rurais diante da intensificação das mudanças climáticas.

#### **4. Conclusão**

As projeções climáticas para o Espírito Santo indicam um futuro marcado por elevação significativa da temperatura média, redução nos volumes anuais de precipitação e maior frequência de extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas. Esse quadro tende a intensificar pressões sobre a agricultura, setor que representa não apenas uma atividade econômica

estratégica, mas também elemento central da identidade social e cultural do estado.

A análise mostra que a combinação entre aumento de temperatura, irregularidade hídrica e ocorrência de eventos extremos poderá comprometer a produtividade agrícola, sobretudo do café conilon, principal cultura Capixaba. A experiência da seca de 2014–2015 e das ondas de calor de 2017 e 2023/2024 ilustram a vulnerabilidade da produção, com perdas econômicas bilionárias e impactos diretos sobre a subsistência de milhares de agricultores familiares.

Modelos regionais e globais indicam que até 2100 a temperatura média no Espírito Santo poderá subir de 2°C a 4°C, dependendo do cenário de emissões. O norte e o litoral sul do estado concentram as maiores anomalias de aquecimento. A precipitação tende a se reduzir de forma significativa, sobretudo no nordeste, com possibilidade de queda de até 60% nos totais anuais. O número de dias consecutivos sem chuva pode dobrar, alcançando até dois meses no cenário mais pessimista. Em contrapartida, espera-se aumento de chuvas intensas em curtos períodos, ampliando o risco de enchentes e deslizamentos.

Essas alterações trazem sérios desafios para a agropecuária Capixaba. O Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura (PEDEAG 2023–2032) já incorpora ações de adaptação, incluindo zoneamento climático, pesquisa de variedades mais resistentes, ampliação da irrigação eficiente e recuperação de pastagens. Alternativas como sistemas agroflorestais, sombreamento e manejo integrado da água surgem como estratégias promissoras para aumentar a resiliência da agricultura Capixaba.

Ao mesmo tempo, o estado dispõe de instrumentos institucionais importantes, como o PEDEAG-4 (2023–2032), que incorpora de forma inédita diretrizes de adaptação e mitigação às mudanças climáticas no setor agrícola. Entre as medidas previstas estão o fortalecimento do monitoramento

agrometeorológico, o desenvolvimento de variedades mais tolerantes ao estresse climático, a expansão de tecnologias para uso eficiente da água, a recuperação de áreas degradadas e o incentivo a práticas sustentáveis, como os sistemas agroflorestais e a integração lavoura-pecuária-floresta.

A vulnerabilidade da agricultura Capixaba é agravada pelo predomínio de pequenas propriedades rurais, com recursos limitados para implementar medidas adaptativas. Isso reforça a importância de políticas públicas integradas, que ampliem o acesso a crédito, assistência técnica e tecnologias adaptativas, assegurando que tanto grandes produtores quanto agricultores familiares possam enfrentar os desafios climáticos.

## Referências

- ALES – Assembleia Legislativa do Espírito Santo. **Crise hídrica derrubou agricultura capixaba em 2015.** Disponível em: <https://www.al.es.gov.br/Noticia/2016/01/29834/crise-hidrica-derrubou-agricultura-capixaba-em-2015.html> Acesso em: 17 de outubro de 2024.
- Alves, M. L. Avaliação de desempenho de modelos climáticos para o Brasil. Relatório Técnico-Científico (**Produto V e Produto VI do Projeto AdaptaBrasil MCTI**). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2023.
- Dobo, B., Asefa, F., Asfaw, Z. Effect of tree-enset-coffee based agro-forestry practices on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) species diversity and spore density. *Agro-forestry Systems*, 92, 525-540, 2018
- G1. **Seca faz produção cair até 70% no Espírito Santo.** Disponível em: <https://g1.globo.com/espirito-santo/agronegocios/noticia/2016/10/seca-faz-producao-cair-ate-70-no-espirito-santo.html> Acesso em: 17 de outubro de 2024a.
- G1. **Seca fez produção de café cair em 50% em 2015, no ES.** Disponível em: <https://g1.globo.com/espirito-santo/agronegocios/noticia/2016/01/seca-fez-producao-de-cafe-cair-em-50-em-2015-no-es.html> Acesso em: 17 de outubro de 2024b.
- G1. **Sol forte e falta de chuva comprometem produção de pimenta-do-reino no ES.** Disponível em: <https://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/sol-forte-e-falta-de-chuva-comprometem-producao-de-pimenta-do-reino-no-es.ghtml> Acesso em: 17 de outubro de 2024c.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Masson-delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A.; Connors, S. L.; Péan, C.; Berger, S.; Caud, N.; Chen,

- Y.; Goldfarb, L.; Gomis, M. I.; Huang, M.; Leitzell, K.; Lonnoy, E.; Matthews, J. B. R.; Maycock, T. K.; Waterfield, T.; Yelekçi, O.; Yu, R.; ZHOU, B. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2021. 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896.
- Maraun, D. Bias correcting climate change simulations - a critical review. **Current Climate Change Reports**, 2, 211-220, 2016.
- Martins, J.I., Rodrigues, A.P., Marques, I., Leitao, A.E., Pais, E.P., Semedo, J.N., Partelli, F.L., Rakočević, M., Lidon, F.C., Ribeiro-Barrosa, A.I., Damatta, F.M., Ramalho, J.C. Ecophysiological responses of coffee plants to heat and drought, intrinsic resilience and the mitigation effects of elevated air [CO<sub>2</sub>] in a context of climate changes. **Advances in Botanical Research**, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2024.
- Meira-Neto, A. A., Costa, F. P. D., Buarque, D. C. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos, In: Reis, N. C., Nobre, C. A., Santos, J. M., Pezzopane, J. E. M. (Org), **Mudanças Climáticas: Efeitos sobre o Espírito Santo**, Paco Editorial, 2023, p. 71-110.
- Oliveira, M. G., Martins, M. Q., Partelli, F.L., Mudanças Climáticas e Agricultura no Espírito Santo, In: Reis, N. C., Nobre, C. A., Santos, J. M., Pezzopane, J. E. M. (Org), **Mudanças Climáticas: Efeitos sobre o Espírito Santo**, Paco Editorial, 2023, p. 145-176.
- Oliveira, Marcos Góes et al. Physiological responses of photosynthesis in black pepper plants under different shade levels promoted by intercropping with rubber trees. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 5, p. 513-526, 2018.
- Pezzopane, J. R. M. Al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.
- Rodrigues, W.P., Martins, M.Q., Fortunato, A.S., Rodrigues, A.P., Semedo, J.N., Simões-Costa, M.C., et al. Long-term elevated air [CO<sub>2</sub>] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical *Coffea arabica* and *Coffea canephora* species. **Global Change Biology**, 22, 415–431, 2016.
- Salvador, H.P.; Berilli, A.P.C.G.; Rodrigues, W.P.; Mazzafera, P.; Partelli, F.L. A climate change perspective on the selection, development, and management of *Coffea canephora* genotypes. **Advances in Botanical Research**, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2024.
- Soares, W. R., Projeções Climáticas para o Espírito Santo, In: Reis, N. C., Nobre, C. A., Santos, J. M., Pezzopane, J. E. M. (Org), **Mudanças Climáticas: Efeitos sobre o Espírito Santo**, Paco Editorial, 2023, p. 41-70.