

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NOS SETORES AGROPECUÁRIOS**CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACTS ON THE AGRICULTURAL AND LIVESTOCK SECTORS****CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPACTOS EN LOS SECTORES AGROPECUARIOS**

10.56238/revgeov16n5-167

Willian Colares Destefani

Doutorando em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

E-mail: wdestefani@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-4060-6119>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5688515065275814>

Aldivania Alves Salvador Wernz

Doutoranda em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

E-mail: dil.salvador@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-4193-5326>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6883384532360779>

Felipe Ribeiro Polez

Doutorando em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

E-mail: engpolez@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-8211-884X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6899186024143836>

Thiago Cunha Silverio

Doutorando em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária
Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

E-mail: thiagocsilverio@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7540-2392>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9659247020628231>

Angel Ramon Sanchez Delgado

Doutor no Departamento de Matemática

Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

E-mail: asanchez@ufrj.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5108-4107>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2933812315339699>



RESUMO

As mudanças climáticas se apresentam como uma das mais desafiadoras crises contemporâneas, afetando de forma transversal os sistemas ecológicos, econômicos e sociais. No setor agropecuário, os impactos se expressam em múltiplas escalas, desde a instabilidade dos regimes de chuva até o aumento de pragas e o estresse térmico em cultivos e rebanhos. Este estudo tem por objetivo analisar as manifestações da crise climática sobre os sistemas produtivos rurais brasileiros, com ênfase nas especificidades regionais, nas vulnerabilidades associadas aos modelos convencionais de produção e nas respostas técnicas, científicas e políticas que vêm sendo construídas. A pesquisa articula referências científicas atualizadas, dados observacionais e propostas de mitigação e adaptação com base agroecológica. Como resultados, evidencia-se que a crise climática compromete diretamente a segurança alimentar, a sustentabilidade dos territórios rurais e a justiça ambiental. Entretanto, também se identificam práticas produtivas resilientes e inovações tecnossociais com potencial de orientar uma transição agroecológica capaz de enfrentar os desafios do aquecimento global com equidade e sustentabilidade.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas. Agropecuária. Vulnerabilidade Climática. Agroecologia. Adaptação.

ABSTRACT

Climate change stands as one of the most urgent and complex crises of the 21st century, affecting ecological, economic, and social systems in a transversal way. In the agricultural sector, its impacts are seen in the form of rainfall instability, increased incidence of pests, and thermal stress on crops and livestock. This study aims to analyze the manifestations of climate change on Brazilian rural production systems, focusing on regional specificities, vulnerabilities associated with conventional models, and the technical, scientific, and policy responses being developed. The research draws on updated scientific literature, observational data, and agroecological-based proposals for mitigation and adaptation. The results show that climate change directly threatens food security, the sustainability of rural territories, and environmental justice. However, resilient farming practices and socio-technical innovations are emerging with potential to guide an agroecological transition capable of addressing global warming challenges with equity and sustainability.

Keywords: Climate Change. Agriculture. Climate Vulnerability. Agroecology. Adaptation.

RESUMEN

El cambio climático se presenta como una de las crisis contemporáneas más desafiantes, que afecta de manera transversal los sistemas ecológicos, económicos y sociales. En el sector agropecuario, los impactos se expresan en múltiples escalas, desde la inestabilidad de los regímenes de lluvia hasta el aumento de plagas y el estrés térmico en cultivos y rebaños. Este estudio tiene como objetivo analizar las manifestaciones de la crisis climática sobre los sistemas productivos rurales brasileños, con énfasis en las especificidades regionales, las vulnerabilidades asociadas a los modelos convencionales de producción y las respuestas técnicas, científicas y políticas que se han venido construyendo. La investigación articula referencias científicas actualizadas, datos observacionales y propuestas de mitigación y adaptación basadas en la agroecología. Como resultados, se evidencia que la crisis climática compromete directamente la seguridad alimentaria, la sostenibilidad de los territorios rurales y la justicia ambiental. No obstante, también se identifican prácticas productivas resilientes e innovaciones tecnosociales con potencial para orientar una transición agroecológica capaz de enfrentar los desafíos del calentamiento global con equidad y sostenibilidad.

Palabras clave: Cambio Climático. Agropecuaria. Vulnerabilidad Climática. Agroecología. Adaptación.



1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas configuram-se, nas primeiras décadas do século XXI, como uma das mais complexas e urgentes crises globais, cujas consequências afetam de forma transversal as esferas ambiental, econômica e social. Resultantes de um modelo de desenvolvimento marcado pelo uso intensivo de combustíveis fósseis, pelo desmatamento em larga escala e pela apropriação predatória dos recursos naturais, essas transformações no clima impõem desafios estruturais especialmente graves ao setor agropecuário, cuja dinâmica produtiva depende diretamente da estabilidade de variáveis como temperatura, regime de chuvas, umidade do solo e disponibilidade hídrica (IPCC, 2023; FAO, 2021).

O clima é o resultado da interação complexa entre diversos elementos e fatores atmosféricos que, ao longo do tempo, determinam as condições médias de temperatura, precipitação, umidade, pressão atmosférica, radiação solar e ventos em uma determinada região do planeta. Trata-se de um sistema dinâmico e integrado que envolve a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera, a criosfera e a biosfera, influenciado tanto por variações naturais quanto por ações humanas (IPCC, 2021). Ou seja, ao contrário do tempo atmosférico — que diz respeito a condições momentâneas, como “dia chuvoso” ou “frente fria” — o clima é definido por séries históricas e padrões de longo prazo.

Fala-se em crise climática quando ocorrem alterações significativas e aceleradas no clima terrestre, com impactos severos sobre os sistemas naturais e humanos. Essas alterações são impulsionadas principalmente pelo aumento das concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera — como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) — resultado das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento, agropecuária intensiva e industrialização (IPCC, 2023).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a elevação da temperatura global em 1,1 °C desde o período pré-industrial (1850–1900) já provocou impactos irreversíveis em diversos ecossistemas. As projeções mais recentes indicam que, sem mudanças radicais, o aquecimento global ultrapassará 1,5 °C até 2035, o que aumentaria drasticamente a frequência e intensidade de eventos extremos — como ondas de calor, secas severas, inundações, incêndios florestais e elevação do nível dos oceanos (IPCC, 2023).

A crise climática não se refere apenas ao aquecimento, mas também à instabilidade e imprevisibilidade dos regimes climáticos. Isso afeta a agricultura, a segurança hídrica, a saúde humana, a biodiversidade, os oceanos e as economias — especialmente nos países em desenvolvimento e nas populações mais vulneráveis.



2 EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AGROPECUÁRIA: IMPACTOS E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

No Brasil, país cuja base econômica permanece fortemente sustentada pela agricultura e pela pecuária, os efeitos das alterações climáticas se manifestam de modo desigual, mas generalizado: secas prolongadas e eventos extremos no Semiárido nordestino; redução da produtividade de grãos no Cerrado; estresse térmico na pecuária leiteira do Sul e Sudeste; intensificação da pressão sobre os recursos hídricos em áreas de fronteira agrícola, como o Matopiba (EMBRAPA, 2020; PBMC, 2016). Esses impactos acentuam vulnerabilidades históricas de pequenos e médios produtores, sobretudo aqueles que atuam em contextos de baixa resiliência socioambiental e tecnológica.

Embora o setor agropecuário também seja reconhecido como um dos principais emissores de gases de efeito estufa – devido à conversão de áreas naturais em pastagens, ao uso de fertilizantes nitrogenados e às emissões entéricas de metano –, ele possui potencial estratégico para contribuir com a mitigação e a adaptação às mudanças do clima por meio de práticas sustentáveis, de base agroecológica e tecnicamente eficientes, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), o manejo conservacionista do solo, a recomposição de áreas de preservação permanente e a diversificação dos sistemas produtivos (MAPA, 2021; Altieri, 2012).

Nas últimas décadas, observou-se um aumento significativo na temperatura média global, com os últimos oito anos sendo os mais quentes já registrados. No Brasil, os efeitos são sentidos de maneira diversa, conforme as especificidades climáticas e ecológicas de cada região. O aumento das temperaturas, associado à irregularidade dos regimes de chuva e à maior incidência de eventos extremos — como secas, enchentes, geadas e ondas de calor — tem impactado diretamente a produtividade agropecuária (IPCC WGII, 2022).

Dados da EMBRAPA (2020) apontam que entre 2000 e 2020 houve um aumento médio de 1,1°C na temperatura em áreas de produção agrícola no Centro-Oeste, com efeitos perceptíveis sobre culturas como soja, milho e café. As estiagens prolongadas afetam a germinação e o enchimento de grãos, reduzindo a produtividade e aumentando a necessidade de irrigação — o que intensifica a pressão sobre os recursos hídricos. No caso da pecuária, o estresse térmico sobre os animais compromete a produção de leite e carne, ao mesmo tempo que eleva a mortalidade e a incidência de doenças.

A escassez hídrica, intensificada pelo aumento da evapotranspiração e pela má gestão dos recursos, tem levado à redução da disponibilidade de água para irrigação. Segundo o Atlas Irrigação da ANA (2021), cerca de 60% das áreas irrigadas do país estão localizadas em regiões suscetíveis à redução da vazão dos rios, o que compromete não apenas a produção agrícola, mas também a segurança hídrica de comunidades rurais. Outro fenômeno observado é a expansão de pragas e doenças em decorrência do aumento das temperaturas e da umidade relativa. Culturas como o café e o feijão têm



enfrentado maior incidência de ferrugens, ácaros e vírus, exigindo maior uso de defensivos agrícolas e elevando os custos de produção.

Esses impactos demonstram a crescente vulnerabilidade dos sistemas agropecuários convencionais frente às mudanças climáticas, o que reforça a necessidade de revisão dos modelos produtivos e da adoção de práticas adaptativas. Com isso, este capítulo tem como objetivo observar, descrever, analisar e refletir criticamente sobre os impactos das mudanças climáticas nos setores agropecuários brasileiros, com ênfase nos efeitos regionais, nas práticas produtivas e nas respostas sociais e políticas adotadas diante da crise climática. Além disso, propõe caminhos de mitigação e adaptação que articulam ciência, política pública, saberes tradicionais e inovação socioambiental. A estrutura do capítulo se organiza em torno da exposição dos dados observacionais mais recentes sobre o clima e seus efeitos diretos no campo; da análise das vulnerabilidades produtivas e socioeconômicas associadas ao atual modelo agropecuário; e da apresentação de estratégias resilientes para a construção de sistemas alimentares sustentáveis em contexto de mudanças climáticas.

Adotou-se uma abordagem metodológica que revisitou e aprofundou conceitos e referências previamente estabelecidos em pesquisas anteriores, ao mesmo tempo em que introduziu novas perspectivas e categorias analíticas para ampliar a compreensão do objeto de estudo. O processo metodológico envolveu uma releitura crítica e sistemática dos dados e fontes, buscando não apenas reafirmar conhecimentos prévios, mas também construir um entendimento renovado e mais alinhado com as dinâmicas atuais do fenômeno em análise.

Além disso, foi dada especial atenção à dimensão humana da experiência diante das transformações climáticas, destacando-se a distinção fundamental entre a comunhão climática e o caos ambiental. Para os sujeitos envolvidos, a comunhão climática representa uma vivência de harmonia e integração com os ciclos naturais, simbolizando um estado de equilíbrio e pertencimento que se contrapõe ao caos — condição marcada pelo descontrole, pela desordem e pelo sofrimento decorrentes das rupturas ambientais. Essa diferença não é apenas conceitual, mas se traduz em impactos profundos na maneira como os indivíduos percebem, experienciam e respondem às mudanças em seu entorno, influenciando suas práticas sociais, culturais e ambientais.

O método, portanto, se pautou na análise crítica e reflexiva, privilegiando a construção de narrativas que considerem tanto os aspectos objetivos — como dados climáticos e ambientais — quanto os subjetivos, ligados às percepções, emoções e práticas comunitárias diante das transformações. Essa dupla perspectiva permitiu compreender o fenômeno em sua complexidade e dinâmica, articulando o contexto científico com a vivência humana.

Os resultados indicados pela aplicação dessa metodologia evidenciam uma compreensão ampliada do fenômeno estudado, especialmente no que tange à relação entre os sujeitos e seu ambiente diante das mudanças climáticas. Foi possível identificar que, em contextos onde prevalece a comunhão



climática, as comunidades desenvolvem estratégias coletivas de resiliência e adaptação que favorecem a sustentabilidade e o equilíbrio ambiental. Por outro lado, o caos ambiental está associado a impactos negativos significativos, como o aumento da vulnerabilidade social, a perda de controle sobre os recursos naturais e a ruptura dos vínculos comunitários.

2.1 A CRISE CLIMÁTICA E SEUS EFEITOS NO AMBIENTE RURAL: EVIDÊNCIAS E TENDÊNCIAS

As transformações climáticas que se intensificaram a partir da Revolução Industrial avançam de forma desigual, mas com profundidade crescente sobre os sistemas naturais e socioeconômicos, afetando especialmente os territórios rurais e suas populações. Os efeitos mais visíveis incluem o aumento das temperaturas médias globais, a intensificação de eventos extremos (secas, inundações, ciclones, geadas tardias), alterações nos regimes de precipitação e o aumento da frequência de queimadas, com implicações diretas sobre a produção agropecuária, a segurança alimentar e a sustentabilidade dos modos de vida no campo (IPCC, 2023; FAO, 2021).

Conforme relatórios recentes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o aumento médio da temperatura global em 1,1 °C em relação aos níveis pré-industriais já provocou impactos irreversíveis em alguns ecossistemas, e as projeções indicam que a ultrapassagem de 1,5 °C nos próximos anos ampliará drasticamente os riscos para a agricultura e a pecuária, sobretudo em países tropicais e subtropicais como o Brasil (IPCC, 2023). Esse cenário compromete o desempenho de culturas agrícolas sensíveis, como café, feijão, milho e arroz, além de intensificar o estresse térmico em animais de produção, diminuindo sua produtividade e aumentando a mortalidade (EMBRAPA, 2020).

A vulnerabilidade climática do setor agropecuário brasileiro é marcada por desigualdades territoriais. As regiões Norte e Nordeste, por exemplo, apresentam maior exposição a estiagens prolongadas, desertificação e insegurança hídrica, com prejuízos diretos à agricultura familiar e ao pastoreio extensivo. Já no Sul e Sudeste, observa-se aumento da frequência de tempestades severas, granizos, e veranicos que coincidem com períodos críticos do calendário agrícola, além de inundações que destroem pastagens e lavouras (PBMC, 2016; ANA, 2021).

As transformações climáticas globais não podem ser analisadas de forma dissociada das ações humanas. A crise climática contemporânea é, em larga medida, o resultado de um modelo de desenvolvimento econômico centrado na exploração intensiva dos recursos naturais, na expansão da fronteira agrícola e na lógica produtivista do agronegócio globalizado. No setor agropecuário brasileiro, essa realidade é visível na intensificação do uso do solo, na conversão de ecossistemas nativos em monoculturas e pastagens, e na crescente emissão de gases de efeito estufa (GEE).



O desmatamento, em especial na Amazônia e no Cerrado, representa uma das principais fontes de emissão de dióxido de carbono (CO_2) no Brasil. Conforme relatório do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), aproximadamente 46% das emissões brasileiras em 2021 foram atribuídas ao uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas (Observatório do Clima, 2022).

Os sistemas de monocultura, dominantes nas regiões de agronegócio intensivo, como o Centro-Oeste e o Matopiba, aumentam a vulnerabilidade dos agroecossistemas às alterações climáticas. A homogeneização genética e a dependência de ciclos específicos de clima tornam as lavouras mais suscetíveis a estiagens, pragas e variações térmicas. Além disso, a aplicação intensiva de fertilizantes nitrogenados e pesticidas contribui para a emissão de óxidos de nitrogênio (N_2O), gás com alto potencial de aquecimento global (IPCC, 2023).

Nesse contexto, Altieri (2012) argumenta que a agricultura industrial moderna se sustenta em uma matriz tecnológica insustentável, que rompe com os ciclos naturais de nutrientes, degrada o solo e aumenta a dependência de energia fóssil. Segundo o autor, a agroecologia surge como alternativa viável, pois propõe sistemas produtivos diversificados, adaptáveis e integrados aos ecossistemas locais.

O uso intensivo do solo, sem práticas adequadas de conservação, favorece a erosão, a compactação e a perda de matéria orgânica, tornando os sistemas menos resilientes às mudanças do clima. Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021) indicam que cerca de 40% das pastagens brasileiras apresentam algum grau de degradação.

Além disso, o aumento da demanda por irrigação em regiões com escassez hídrica, como o Nordeste e parte do Centro-Oeste, tem intensificado conflitos pelo uso da água, pressionando aquíferos e bacias hidrográficas já comprometidas. A Agência Nacional de Águas (ANA, 2021) alerta que, com o aumento das temperaturas e o prolongamento das estiagens, a demanda por irrigação pode crescer mais de 20% até 2030, acentuando as desigualdades no acesso à água entre grandes e pequenos produtores.

Diversos autores têm criticado os fundamentos ideológicos e econômicos do atual modelo agropecuário. Leff (2009), ao discutir a racionalidade ambiental, aponta que a crise ecológica é inseparável da crise civilizatória, pois resulta da imposição de uma lógica técnico-econômica que desvaloriza os saberes locais, os ciclos naturais e a diversidade sociocultural. O autor defende a construção de uma nova racionalidade, capaz de integrar ciência, ética e política na reconstrução de modos de vida sustentáveis.

Borras Jr. et al. (2020), em crítica ao conceito de “agricultura inteligente para o clima” (climate-smart agriculture), alertam que muitas dessas estratégias têm sido cooptadas por grandes corporações, que promovem soluções tecnocráticas sem modificar as estruturas fundiárias, as relações de poder e

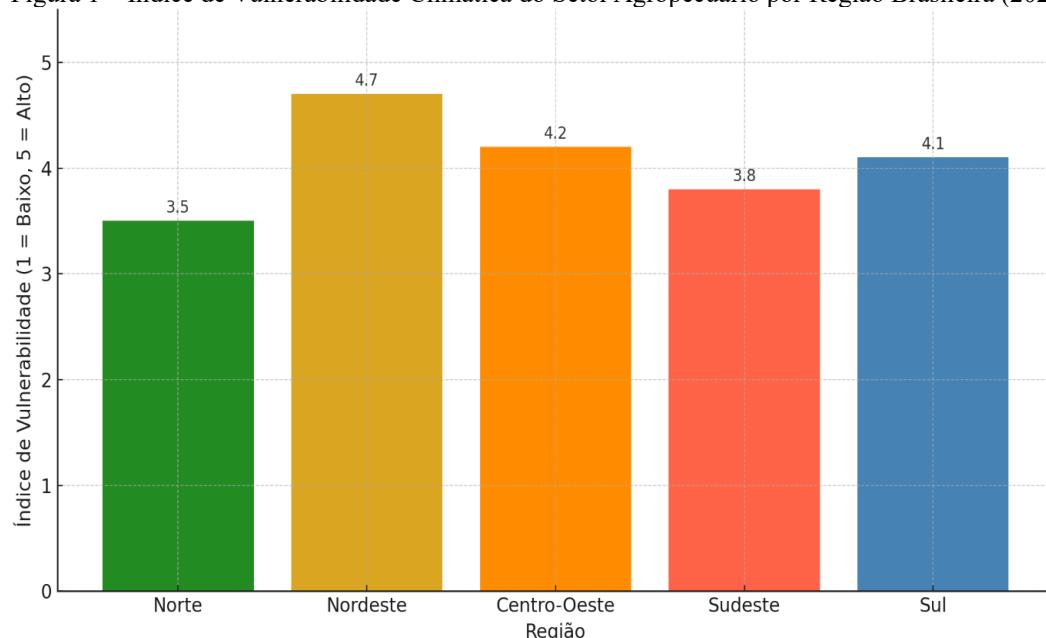


os padrões de consumo. Segundo os autores, a transição agroecológica deve ir além da mitigação técnica e incluir justiça climática, soberania alimentar e valorização da agricultura camponesa.

Nesse sentido, a superação dos impactos das mudanças climáticas sobre o setor agropecuário exige não apenas inovação técnica, mas uma profunda reorientação do paradigma de desenvolvimento rural no Brasil. Se faz necessário romper com a lógica da maximização produtiva a qualquer custo e avançar para modelos baseados na diversidade, na circularidade e na integração entre produção, conservação e equidade social.

2.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS POR REGIÃO/AGROECOSSISTEMA

Figura 1 – Índice de Vulnerabilidade Climática do Setor Agropecuário por Região Brasileira (2023)



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2020); PBMC (2016); ANA (2021) Elaboração própria.

O gráfico apresentado ilustra um panorama da vulnerabilidade climática das macrorregiões brasileiras no setor agropecuário. Observa-se que o Nordeste registra os maiores índices de vulnerabilidade (4,7), seguido do Centro-Oeste (4,2) e do Sul (4,1), evidenciando uma correlação entre impactos climáticos, expansão da fronteira agrícola e fragilidade de políticas públicas adaptativas. A análise desses dados reforça a urgência de integrar o planejamento territorial, a pesquisa científica e os saberes locais na formulação de respostas eficazes à crise climática.

Adicionalmente, a crise climática também agrava problemas socioeconômicos históricos: êxodo rural, insegurança alimentar, concentração fundiária e dependência de monocultivos voltados à exportação. Como alerta Altieri (2012), a homogeneização dos sistemas produtivos em larga escala os torna estruturalmente frágeis às variações climáticas, pois reduzem a biodiversidade, exaurem o solo e limitam as estratégias locais de resiliência. Nesse sentido, o enfrentamento das mudanças climáticas no campo não se resume à mitigação das emissões, mas à transformação dos paradigmas que sustentam a produção agropecuária.



Segundo dados do Observatório do Clima (2023), o setor agropecuário foi responsável por 27% das emissões de gases de efeito estufa no Brasil em 2022, principalmente metano oriundo da digestão de ruminantes e óxido nitroso proveniente de fertilizantes sintéticos. Essas emissões colocam o setor tanto como parte do problema quanto como parte da solução. Com a devida reorganização técnico-produtiva, políticas de incentivo e capacitação, a agropecuária pode converter-se em aliada estratégica para a mitigação, por meio de tecnologias sustentáveis, reflorestamento, manejo de carbono no solo e recuperação de áreas degradadas (MAPA, 2021; NOBRE, 2021).

O pesquisador Carlos Nobre (2021), referência internacional no estudo das interações entre clima e Amazônia, argumenta que o Brasil, por possuir vasta biodiversidade e capacidade tecnológica instalada, tem potencial para liderar uma bioeconomia de baixo carbono, centrada na agricultura regenerativa, na valorização dos conhecimentos indígenas e na restauração ecológica. No entanto, essa transição requer a superação de entraves políticos e econômicos relacionados ao modelo agrário-exportador que domina a pauta agrícola nacional.

Em síntese, os efeitos das mudanças climáticas sobre o meio rural são reais, mensuráveis e crescentemente graves. Eles afetam de maneira crítica tanto as condições de produção agropecuária quanto os direitos fundamentais das populações do campo, das águas e das florestas. Diante desse contexto, faz-se necessário um esforço multidisciplinar que conjugue dados científicos, experiências comunitárias e vontade política para a construção de sistemas agroalimentares sustentáveis, justos e resilientes à crise climática.

A heterogeneidade climática e ecológica do Brasil implica que os impactos das mudanças climáticas sobre o setor agropecuário não sejam uniformes. Cada região apresenta especificidades ambientais, sistemas produtivos distintos e níveis diferenciados de vulnerabilidade socioeconômica. A seguir, são analisados os principais efeitos das mudanças do clima sobre os agroecossistemas das cinco grandes regiões brasileiras.

2.2.1 Região Sul: eventos extremos, geadas tardias e perdas na fruticultura

A Região Sul, caracterizada por um clima subtropical, tem registrado um aumento preocupante na frequência de eventos extremos, como chuvas torrenciais, granizo e geadas tardias. O aumento da variabilidade climática tem causado perdas significativas na fruticultura, especialmente na produção de maçã, uva e pêssego, altamente sensíveis a alterações nos padrões de temperatura e precipitação (PBMC, 2016). A ocorrência de geadas fora do período habitual compromete o florescimento das plantas, reduzindo a produção e afetando diretamente a renda de pequenos produtores.

Além disso, a elevação da temperatura média tem ampliado o período de atividade de pragas como a mosca-das-frutas e o míldio, exigindo maior controle químico e encarecendo os sistemas de produção (RESR, 2022). Eventos como o ciclone extratropical de julho de 2023, que atingiu diversos



municípios do Rio Grande do Sul, evidenciam o potencial devastador de tais fenômenos sobre a infraestrutura rural e a produção agropecuária (IPCC, 2023).

2.2.2 Região Nordeste: desertificação, salinização dos solos e impactos na pecuária extensiva

A Região Nordeste é historicamente marcada pela irregularidade climática e pela vulnerabilidade hídrica. Com as mudanças climáticas, observa-se uma intensificação dos processos de desertificação, particularmente no semiárido, onde o uso intensivo do solo e o desmatamento agravam a perda de cobertura vegetal e a erosão (PBMC, 2016). A salinização dos solos, intensificada pela má gestão da irrigação, reduz a fertilidade e dificulta o cultivo de culturas alimentares básicas, como o milho e o feijão.

Na pecuária extensiva, predominante na região, os rebanhos enfrentam estresse hídrico e térmico, levando à perda de peso e à redução da produtividade leiteira e de corte. A escassez de pastagem natural durante as longas estiagens força os criadores a adquirirem ração industrializada, o que impacta a viabilidade econômica da atividade (EMBRAPA, 2020).

Segundo a FAO (2021), as comunidades rurais do semiárido nordestino já convivem com o deslocamento temporário de famílias em busca de água e alternativas de renda, revelando os limites de adaptação dos sistemas tradicionais frente às mudanças climáticas.

2.2.3 Região Norte: alteração do ciclo hidrológico e efeitos sobre o agroextrativismo

Na Região Norte, a alteração do ciclo hidrológico amazônico, com redução da umidade atmosférica e aumento da frequência de secas severas e inundações extremas, compromete não apenas a biodiversidade, mas também os modos de vida e os sistemas agroextrativistas (IPCC WGII, 2022).

As populações ribeirinhas, indígenas e extrativistas têm enfrentado dificuldades na coleta de açaí, castanha-do-pará e outras espécies, devido ao descompasso entre o ciclo climático e o fenológico. A estiagem prolongada de 2023, que afetou o rio Negro e o rio Madeira, reduziu drasticamente o transporte fluvial e isolou comunidades, comprometendo o escoamento da produção e o acesso a alimentos (ANA, 2023).

Estudos apontam que o avanço do desmatamento e da degradação florestal, combinado às mudanças do clima, tende a modificar de forma irreversível o equilíbrio hídrico da região, com consequências diretas sobre a agricultura familiar e o extrativismo sustentável (PBMC, 2016; RESR, 2022).

2.2.4 Região Sudeste e Centro-Oeste: estresse térmico e aumento da demanda hídrica

Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, onde predomina a produção de commodities como soja, milho, cana-de-açúcar e carne bovina, os impactos climáticos se manifestam principalmente na forma



de estresse térmico em culturas e animais, associado ao aumento da demanda hídrica para irrigação e resfriamento de rebanhos (EMBRAPA, 2020).

O aumento da temperatura média nas últimas décadas tem alterado os períodos de plantio e colheita, exigindo readequações nos calendários agrícolas. A cultura do café, por exemplo, tem sido particularmente afetada por ondas de calor e estiagens intensas, com redução na qualidade do grão e perda de produtividade em regiões tradicionais como o sul de Minas Gerais (FAO, 2021).

Na pecuária de corte e leite, observa-se maior incidência de doenças, queda na taxa de fertilidade e aumento da mortalidade animal durante picos de calor, sobretudo em sistemas de pasto aberto. A demanda por água para irrigação cresceu 18% entre 2010 e 2020, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), e tende a crescer ainda mais frente à intensificação dos eventos climáticos extremos.

O uso intensivo de áreas agrícolas, aliado à expansão do agronegócio sobre o Cerrado, compromete os aquíferos e agrava os processos de compactação e perda de solo, o que reduz a capacidade de infiltração e favorece a erosão e os alagamentos sazonais (PBMC, 2016).

2.3 ESTUDOS E PRÁTICAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO

Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas à agropecuária, diversas práticas e tecnologias têm sido desenvolvidas e implementadas no Brasil e no mundo com o objetivo de mitigar emissões de gases de efeito estufa (GEE) e adaptar os sistemas produtivos às novas condições ambientais. A eficácia dessas ações está associada à capacidade de integrar conhecimento técnico, saberes locais e políticas públicas, promovendo um modelo de desenvolvimento rural sustentável, resiliente e inclusivo.

A adaptação dos agroecossistemas às mudanças climáticas requer o manejo ecológico dos recursos edáficos e hídricos. Práticas como o terraceamento, cobertura vegetal permanente, adubação verde e a rotação de culturas favorecem a retenção de umidade no solo, a redução da erosão e a melhoria da estrutura e fertilidade natural.

Além disso, sistemas de irrigação localizada, como o gotejamento e a microaspersão, promovem o uso eficiente da água, especialmente em regiões com escassez hídrica, como o Semiárido nordestino. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), a modernização dos sistemas de irrigação pode reduzir em até 60% o consumo de água por hectare, sem comprometer a produtividade.

As agroflorestas e os policultivos são formas de cultivo inspiradas na dinâmica dos ecossistemas naturais, promovendo resiliência climática e alimentar. Elas combinam espécies agrícolas, frutíferas, florestais e medicinais em uma mesma área, aumentando a diversidade biológica e a estabilidade ecológica do sistema.



Essas práticas têm sido adotadas com sucesso por comunidades tradicionais e agricultores familiares, especialmente na Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga. Além disso, os bancos de sementes crioulas resgatam e conservam variedades adaptadas ao clima local, garantindo soberania genética e segurança alimentar (Gonçalves et al., 2020).

O Plano ABC+, lançado em 2021, dá continuidade à estratégia iniciada em 2010 e prevê uma redução de 1,1 bilhão de toneladas de CO₂ equivalente até 2030 por meio da disseminação de tecnologias sustentáveis no campo. As metas incluem:

- Recuperação de pastagens degradadas;
 - Fixação biológica de nitrogênio;
 - Plantio direto na palha;
 - Sistemas ILPF e florestas plantadas;
 - Tratamento de dejetos animais.

De acordo com o Ministério da Agricultura (MAPA, 2021), o plano contribui tanto para a mitigação quanto para a adaptação, ao melhorar a eficiência dos sistemas produtivos e a resiliência das propriedades rurais às adversidades climáticas. No tocante à pecuária, estratégias como a suplementação alimentar com aditivos naturais (óleos essenciais, taninos, algas) têm mostrado potencial para reduzir significativamente as emissões entéricas de metano, um dos principais GEE associados ao setor (Gerber et al., 2013). A intensificação sustentável da pecuária, aliada ao bem-estar animal e ao manejo rotacionado das pastagens, contribui para melhorar o desempenho ambiental do rebanho nacional. Além disso, o uso de energias renováveis no meio rural – como a energia solar para bombeamento de água e refrigeração de leite – representa uma inovação estratégica, especialmente para propriedades isoladas e sem acesso confiável à rede elétrica.

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos impactos mais observados em cultivos agrícolas relevantes no Brasil, associados aos limites climáticos de cada cultura, e as principais estratégias técnicas atualmente recomendadas para sua adaptação. Ela reforça que os efeitos da crise climática são específicos por cultura e região, e que a resiliência agroecológica demanda planejamento e inovação contextualizada.

Tabela 1 – Efeitos das mudanças climáticas em culturas selecionadas e estratégias de adaptação

Cultura	Limites climáticos ideais	Efeitos da crise climática	Estratégias de adaptação
Café arábica	18 °C a 23 °C; altitude > 600 m	Estresse térmico, floração irregular, redução da qualidade do grão	Zoneamento agroclimático, sombreamento, variedades tolerantes (ex: Arara)
Milho	Pluviosidade entre 450 mm e 800 mm; temperatura até 30 °C	Redução na germinação e no enchimento de grãos em veranicos e ondas de calor	Plantio direto, irrigação localizada, cultivares de ciclo precoce
Feijão	Alta sensibilidade ao déficit hídrico	Abortamento floral e aumento de doenças em anos quentes e úmidos	Consórcios com adubação verde, cobertura do solo, manejo integrado de pragas



Maçã (frutífera)	Necessita de > 400 horas de frio por ano	Diminuição da produção por falta de frio, floração incompleta	Indução química de dormência, migração altitudinal
Arroz irrigado	Altas demandas hídricas constantes	Redução de plantios em períodos de estiagem; conflitos pelo uso da água	Manejo da irrigação, rotação de culturas, uso de variedades mais eficientes

Fonte: Elaborado pelo autor com base em EMBRAPA (2021), MAPA (2022), ANA (2021), Zuluaga et al. (2021) e FAO (2021).

A crise climática não afeta de maneira homogênea todas as regiões ou sistemas produtivos. Culturas agrícolas mais sensíveis às variações de temperatura, umidade e altitude já apresentam perdas significativas de produtividade e qualidade. Entre elas, destaca-se o cultivo do café arábica (*Coffea arabica*), uma das culturas agrícolas mais importantes do Brasil e fortemente dependente de condições climáticas específicas.

A exemplo, o café arábica exige temperaturas médias anuais entre 18 °C e 23 °C e altitudes que variam de 600 a 1.200 metros, dependendo da região. Alterações mesmo pequenas na temperatura podem afetar o ciclo de floração, maturação e a qualidade sensorial do grão. Estudos conduzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) indicam que o aumento médio da temperatura em 1,5 °C já comprometeria mais de 60% das áreas tradicionalmente aptas ao cultivo da espécie no Brasil (Assad; Pinto, 2008; Zuluaga et al., 2021).

Nas últimas duas décadas, eventos como a geada intensa de 2021 no sul de Minas Gerais e no Paraná e as ondas de calor com estiagens prolongadas nos anos de 2014, 2015, 2020 e 2023 impactaram de maneira direta a produtividade e a renda dos cafeicultores. A combinação entre altas temperaturas e falta de chuvas nos estágios críticos da florada resultou em abortamento floral, maturação desuniforme e perda da qualidade do grão, reduzindo o valor comercial da produção (MAPA, 2022).

Além do café, outras culturas vêm sendo afetadas:

- Feijão e milho, cultivados em diversas regiões do país, têm apresentado sensibilidade ao estresse hídrico, principalmente durante o período reprodutivo. A elevação da temperatura noturna acelera o metabolismo e reduz o enchimento dos grãos.
- Fruticultura temperada, como maçã e uva no Sul do Brasil, sofre com a diminuição das horas de frio necessárias para o ciclo fenológico adequado. Isso compromete o florescimento e reduz a produção por hectare.
- Arroz irrigado, especialmente nas planícies sulinas, foi impactado por estiagens históricas nos anos de 2021 e 2022, levando ao atraso ou cancelamento de plantios em milhares de hectares (ANA, 2022).

Na pecuária, as consequências também são expressivas. O estresse térmico em bovinos de corte e leite compromete o ganho de peso, a produção de leite e a fertilidade dos animais. A elevação das



temperaturas e a redução da disponibilidade hídrica também afetam diretamente a produção de pastagens, demandando suplementação alimentar e aumentando os custos para os produtores.

Além dos efeitos diretos, há impactos indiretos, como o aumento da incidência de pragas e doenças. Culturas que antes eram cultivadas sem necessidade de defensivos específicos hoje exigem maior controle fitossanitário, como a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), que amplia seu ciclo de vida sob temperaturas mais altas, e a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), cuja janela de ataque se estende com o aumento da umidade e do calor (GARCIA et al., 2020).

Essas consequências demonstram que a crise climática ameaça não apenas o volume da produção agrícola, mas a estabilidade dos sistemas alimentares e a segurança socioeconômica das populações rurais. Pequenos e médios produtores, com menor capacidade de investimento em tecnologias adaptativas, tendem a ser os mais prejudicados, agravando desigualdades regionais e comprometendo a sustentabilidade do desenvolvimento rural.

2.4 PROPOSTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS E CAMINHOS DE FUTURO

As mudanças climáticas impõem a necessidade de políticas públicas integradas, sistêmicas e territorializadas que articulem mitigação, adaptação, segurança alimentar, justiça socioambiental e soberania dos povos do campo. No Brasil, embora existam iniciativas relevantes, como o Plano ABC+, a Política Nacional sobre Mudança do Clima e os programas de apoio à agricultura familiar, ainda há lacunas estruturais no enfrentamento da crise climática no setor agropecuário. Nesta seção, apresentam-se propostas de políticas e estratégias que apontam caminhos para um futuro sustentável e resiliente, considerando a diversidade de atores, regiões e sistemas produtivos do país.

É urgente reverter a lógica de homogeneização e especialização produtiva que fragiliza os sistemas agropecuários frente aos eventos extremos. Políticas públicas devem favorecer modelos agrícolas biodiversos, como sistemas agroflorestais, consórcios e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com subsídios diferenciados e créditos orientados à transição agroecológica. A agroecologia, neste contexto, deve ser reconhecida não apenas como alternativa, mas como estratégia prioritária frente à crise ambiental (Altieri, 2012).

A institucionalização de programas estaduais e municipais de apoio à agroecologia, como já ocorre em estados como o Rio Grande do Sul, Bahia e Paraná, pode ser expandida nacionalmente. Tais políticas devem incluir fomento à pesquisa participativa, feiras agroecológicas, compras públicas e circuitos curtos de comercialização.

A transição para sistemas resilientes exige capacitação técnica, pesquisa aplicada e extensão rural que integrem saberes tradicionais e científicos. É necessário investir em formação continuada para profissionais de ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural) com ênfase em mudanças climáticas, manejo ecológico, tecnologias sociais e justiça climática.



Modelos de extensão horizontal, que valorizam o diálogo entre técnicos e agricultores, têm mostrado resultados positivos, especialmente quando voltados para a juventude rural e para as mulheres agricultoras, historicamente excluídas dos processos de tomada de decisão no campo (Bicalho; Rodrigues, 2020).

A agricultura de base agroecológica precisa de um marco regulatório claro, que inclua instrumentos como:

- Linhas de crédito específicas e desburocratizadas para transição agroecológica;
- Zoneamento agroecológico-climático participativo;
- Seguro rural adaptado a sistemas agroecológicos e eventos extremos;
- Valorização de práticas tradicionais e indígenas de manejo sustentável.

Tais instrumentos devem considerar as desigualdades estruturais do campo brasileiro, promovendo políticas de reparação territorial, acesso à terra, regularização fundiária e apoio às comunidades tradicionais. A justiça climática deve guiar a formulação das políticas, reconhecendo que os pequenos agricultores são os menos responsáveis pelas emissões, mas os mais vulneráveis aos seus efeitos (Fao, 2021; Borras Jr. et al., 2020).

O acesso a recursos financeiros para mitigação e adaptação é restrito para agricultores familiares, assentados e comunidades tradicionais. É necessário criar mecanismos financeiros simplificados e inclusivos, como fundos climáticos territoriais, microcrédito orientado e editais de fomento específicos para ações locais.

A articulação com bancos públicos (como o BNDES, Banco do Nordeste, Banco da Amazônia) e com organismos multilaterais (como o Fundo Verde do Clima) pode potencializar investimentos em agricultura resiliente. Para isso, é fundamental que os Planos Municipais de Adaptação à Mudança do Clima sejam elaborados com participação popular e integrem o planejamento rural e ambiental.

A governança climática no setor agropecuário deve ser construída de forma multiescalar — articulando os níveis local, estadual, nacional e internacional — e baseada na participação efetiva dos sujeitos do campo. Conselhos locais de meio ambiente, agricultura e desenvolvimento rural precisam ser fortalecidos como espaços deliberativos e vinculantes.

A criação de um Sistema Nacional de Agroecologia e Clima, com participação paritária entre governo, movimentos sociais e instituições de pesquisa, pode viabilizar o acompanhamento, avaliação e reorientação contínua das políticas implementadas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios da contemporaneidade, impactando diretamente os sistemas agropecuários em escala global e nacional. A intensificação do



aquecimento global, a frequência crescente de eventos extremos e a alteração dos regimes de chuvas têm comprometido a estabilidade produtiva e a segurança alimentar, sobretudo em países tropicais e em desenvolvimento como o Brasil. Neste capítulo, buscou-se observar, descrever, analisar e refletir criticamente sobre os efeitos desse fenômeno e as alternativas concretas para mitigação e adaptação no setor agropecuário, considerando diferentes regiões e contextos socioterritoriais.

A análise evidenciou que os impactos climáticos são diferenciados conforme os agroecossistemas: o Semiárido nordestino enfrenta desertificação e insegurança hídrica; o Sul do Brasil, eventos extremos como ciclones e geadas tardias; o Norte, alterações hidrológicas que afetam a sociobiodiversidade; e o Centro-Oeste, estresse térmico e hídrico crescente nas monoculturas. Esses efeitos não são naturais nem inevitáveis, mas decorrem da interação entre fatores climáticos e ações antrópicas como o desmatamento, a expansão da monocultura, a pecuária intensiva e a concentração fundiária.

Frente a esse cenário, torna-se urgente e viável uma transição para modelos sustentáveis de produção rural. As práticas analisadas — como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), a agricultura de base ecológica, o manejo sustentável da água, o uso de sementes crioulas, e a agrofloresta — demonstram capacidade de responder simultaneamente à crise ambiental, econômica e social. São tecnologias sociais e ecológicas que aliam produtividade, resiliência e justiça climática, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o fortalecimento da soberania alimentar.

Além das práticas no campo, a efetividade da resposta à crise climática depende de políticas públicas estruturadas e de longo prazo. O fortalecimento da assistência técnica agroecológica, o financiamento climático acessível aos pequenos produtores, o estímulo à formação rural crítica e o reconhecimento dos saberes tradicionais são eixos estratégicos. Programas como o Plano ABC+ e as ações do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) apontam caminhos possíveis, mas ainda insuficientes frente à complexidade do problema.

A ciência, nesse contexto, tem papel decisivo. Não apenas como produtora de dados e tecnologias, mas como mediadora de diálogos entre diferentes epistemologias: científica, camponesa, originária e popular. A pesquisa transdisciplinar e territorializada torna-se, assim, condição para pensar soluções sustentáveis, eficazes e eticamente comprometidas com o bem viver rural.

Por fim, este capítulo reafirma a centralidade da agricultura e da pecuária como campos de disputa política e ecológica no século XXI. Mitigar e adaptar-se às mudanças climáticas não é apenas uma questão técnica, mas exige reorientações profundas no modo de produzir, consumir, legislar e viver. Superar a lógica da exploração desenfreada dos recursos naturais implica, necessariamente, repensar o papel do campo na construção de um futuro mais justo, plural e sustentável.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2021.

ALTIERI, Miguel A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara I. Agroecologia e as mudanças climáticas: estratégias para a resiliência dos sistemas agrícolas latino-americanos. Brasília: Articulação Nacional de Agroecologia, 2021.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Guia de práticas de conservação de água e solo em bacias hidrográficas. Brasília: ANA, 2022.

ASA – Articulação do Semiárido Brasileiro. Tecnologias sociais no Semiárido: cisternas, agroecologia e convivência com o clima. Recife: ASA, 2021.

ASSAD, Eduardo Delgado; PINTO, Hilton Silveira. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. In: Impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura. Brasília: Embrapa, 2008.

BORRAS JR., S. M. et al. Climate-smart agriculture: no silver bullet to climate change mitigation. Global Environmental Change, [S. l.], v. 62, p. 102069, 2020.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. Práticas agroecológicas de adaptação às mudanças climáticas: experiências de base comunitária. Seropédica: Embrapa, 2020.

EMBRAPA CAFÉ. Mudanças climáticas e café no Brasil. Brasília: Embrapa, 2021.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point. Rome: FAO, 2021.

GARCIA, Carolina Figueiredo et al. Efeitos das mudanças climáticas sobre a fitossanidade: revisão. Revista Ceres, v. 67, n. 6, p. 457–464, 2020.

GERBER, Pierre J. et al. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO, 2013.

GONÇALVES, Veruska Estelita et al. Sementes crioulas e soberania alimentar: experiências do Semiárido brasileiro. Revista Agriculturas, v. 17, n. 3, p. 20–27, 2020.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatórios anuais de comercialização de agrotóxicos. Brasília: IBAMA, 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Cerrado: the world's most biodiverse savanna under threat. Brasília: IPAM, 2020.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2023: synthesis report. Geneva: IPCC, 2023.



IPCC WGII. Impacts, adaptation and vulnerability: Working Group II contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. Geneva: IPCC, 2022.

LEFF, Enrique. Epistemologia ambiental. São Paulo: Cortez, 2009.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Boletim de impactos climáticos na agricultura brasileira – 2022. Brasília: MAPA, 2022.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (Plano ABC+ 2020–2030). Brasília: MAPA, 2021.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) – Manual técnico 2023. Brasília: MAPA, 2023.

MAPBIOMAS. Mapping three decades of changes in the Brazilian Savanna native vegetation using Landsat data processed in the Google Earth Engine platform. *Remote Sensing*, v. 12, n. 6, p. 924, 2020.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa: emissões do Brasil 2022. Disponível em: <https://seeg.eco.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

OMM – Organização Meteorológica Mundial. Guia técnico da OMM sobre climatologia. Genebra: OMM, 2017.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo Setorial – Agricultura, Pecuária e Silvicultura. Rio de Janeiro: PBMC, 2016.

RESR – Revista de Economia e Sociologia Rural. Artigos diversos sobre impactos climáticos nas cadeias produtivas. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ROCKSTRÖM, Johan et al. A safe operating space for humanity. *Nature*, v. 461, n. 7263, p. 472–475, 2009.

SILVA, Tiago Pires da et al. Efeitos do estresse térmico em bovinos: implicações para a produtividade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 51, 2022.

SORRIBAS, Milene E.; SPAROVEK, Gerd. Planejamento de bacias hidrográficas: desafios e caminhos. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. 25, 2022.

ZULUAGA, C. A.; LIMA, L. A.; RAMOS, C. R. Zoneamento agroclimático e a crise do café arábica no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 1, p. 141–155, 2021.

