

# **DESAFIOS CLIMÁTICOS NA AGRICULTURA: ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA CLIMÁTICA NO SOLO E NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO SUL E SUDESTE BRASILEIRO**

**CLIMATE CHALLENGES IN AGRICULTURE: A STUDY ON THE CLIMATIC INFLUENCE ON SOIL AND AGRICULTURAL PRODUCTION IN SOUTHERN AND SOUTHEASTERN BRAZIL**

**DESAFÍOS CLIMÁTICOS EN LA AGRICULTURA: ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DEL CLIMA EN EL SUELO Y LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL SUR Y SURESTE DE BRASIL**

**DÉFIS CLIMATIQUES EN AGRICULTURE : ÉTUDE SUR L'INFLUENCE CLIMATIQUE SUR LE SOL ET LA PRODUCTION AGRICOLE DANS LE SUD ET LE SUD-EST DU BRÉSIL**

Sabrina da Costa Gangá<sup>1</sup>

Wellynne Carla de Sousa Barbosa<sup>2</sup>

Bruna Pires dos Santos<sup>3</sup>

---

1 Graduanda do Departamento de Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7206-6316>. E-mail: [sabrinacganga@ufrj.br](mailto:sabrinacganga@ufrj.br).

2 Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-1631>. E-mail: [wellynnekarla@gmail.com](mailto:wellynnekarla@gmail.com).

3. Doutoranda do Planejamento Ambiental-COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4746-2944>. E-mail: [bruna.pires@ppe.ufrj.br](mailto:bruna.pires@ppe.ufrj.br).

## Introdução

O aumento das temperaturas médias da superfície terrestre, conhecido como aquecimento global, começou a atrair a atenção internacional e despertar interesse entre os pesquisadores. Isso ocorreu com a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC em 1988, cujos relatórios desde então têm buscado integrar conhecimento sobre as alterações climáticas globais. No entanto, durante a Segunda Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, foi estabelecida a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). A partir desse momento, diversos países passaram a adotar medidas conjuntas, compreendendo a natureza global das mudanças climáticas (Marengo, 2014).

Nas últimas décadas, tanto a região sul quanto a sudeste do Brasil tem enfrentado um aumento na frequência de eventos climáticos extremos. Enquanto a região sudeste registrou fortes temporais, tanto no verão quanto no inverno, e a seca de 2014-2015, considerada a pior dos últimos 80 anos, que afetou a segurança hídrica e energética nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, o sul enfrenta um cenário de inundações em 2024. As temperaturas também têm apresentado elevações significativas em ambas as regiões, com registros de 1°C a 2°C acima da média entre 1961 e 1990. No entanto, de acordo com o relatório de avaliação nacional do PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas), publicado em 2013 (PbmC, 2014a), existem indicativos de que esses eventos serão cada vez mais intensos e mais frequentes em um futuro com temperaturas mais elevadas (Marengo, 2014).

O modelo agrícola convencional predominante, tanto no território brasileiro quanto mundial, também emerge como um dos principais agentes causadores da degradação dos solos e da contaminação das bacias hidrográficas. A produção de monoculturas no Brasil, como soja, milho, cana-de-açúcar e café, características do agronegócio, é responsável por grande parte da degradação dos biomas brasileiros através dos desmatamentos, perda de biodiversidade florística e faunística, contaminação e degradação dos recursos hídricos pelo uso indiscriminado de agroquímicos, destruição das matas ciliares além do empobrecimento dos solos, que perdem suas funções ecológicas devido à intensificação de plantios (Lopes *et al.*, 2014).

Ao entender como as características físicas do solo interagem com eventos climáticos específicos, conhecendo os diferentes níveis de precipitação, os agricultores e pesquisadores podem desenvolver estratégias de manejo adaptativo. Isso inclui práticas agrícolas mais resilientes e medidas de conservação do solo que levem em consideração as condições específicas do solo e as variações climáticas recentes. Para isso, neste trabalho, buscou-se analisar os trabalhos realizados através de um levantamento bibliográfico dos estudos, no recorte temporal de 2000-2024, sobre as alterações nos parâmetros de qualidade do solo que influenciam no mesmo e na produção.

Nesse contexto, este trabalho se propõe a realizar uma análise qualitativa dos dados e informações através do levantamento bibliográfico para avaliar as transformações no solo e

na produção agrícola nas últimas duas décadas, especialmente nas regiões sul e sudeste do Brasil. O objetivo é destacar as estratégias adaptativas em práticas de manejo sustentáveis, visando melhorar a resiliência da agricultura diante das condições climáticas adversas.

### **Relação entre mudanças climáticas, agricultura e degradação ambiental**

As mudanças climáticas são resultadas de um conjunto de processos acumulativos com implicações globais (Souza; Corazza, 2017). As consequências incluem secas mais prolongadas, tempestades mais intensas e mais frequentes, aquecimento dos oceanos, subida do nível médio do mar, perda de espécies, aumento da vulnerabilidade social e insegurança alimentar. O IPCC atribui essas mudanças ao aumento das emissões de gases de efeito estufa por ações humanas, constatando aumentos significativos de N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> na atmosfera entre 1750 e 2005 (Silva, 2007).

A agricultura contribui significativamente para essas emissões. Globalmente, o sistema produtivo de alimentos é responsável por cerca de 30% das emissões de gases de efeito estufa, com 22% de CO<sub>2</sub>, 80% de N<sub>2</sub>O e 55% de CH<sub>4</sub> (Carvalho, 2021; Bayer, 2011). No Brasil, a agropecuária emite 75% de CO<sub>2</sub>, 94% de N<sub>2</sub>O e 91% de CH<sub>4</sub>. Culturas como soja, milho, arroz e trigo são as principais fontes emissoras. A produção de carne, ocupando 75% das áreas agricultáveis, gera apenas 12% das calorías globais e é responsável por 9% das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (Schuck *et al.*, 2018). As produções de grãos no bioma da Mata Atlântica, como soja, milho, arroz, feijão e trigo, por exemplo, representam as principais fontes emissoras de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O. No caso da produção de arroz, característica por seus sistemas alagados, a emissão de CH<sub>4</sub> é mais importante. Isto se deve principalmente por conta do tipo de manejo de solo para o plantio das culturas com aplicação de insumos químicos nitrogenados (Santos, 2017). É importante destacar também que a maior parte desses grãos não tem como destino direto a alimentação humana, mas sim a produção de ração para gado. E a produção de carnes, por sua vez, embora necessite de grandes extensões de terra, ocupando atualmente cerca de 75% das áreas agricultáveis do planeta, corresponde a somente 12% das calorías consumidas globalmente (Schuck *et al.*, 2018).

Estima-se ainda que os rebanhos bovinos correspondam a 9% do total de gases de efeito estufa produzidos por ação antrópica. Este percentual supera o do setor de transportes, caracterizado popularmente por seu potencial poluidor. No Brasil, por exemplo, no ano de 2008, se descartadas as emissões de gases de efeito estufa pelas queimadas e desmatamentos, a pecuária seria responsável por cerca de 42% das emissões no país (Zen *et al.*, 2008). Segundo o Censo Agropecuário do IBGE de 2017, embora o agronegócio seja responsável pela maior parte da produção, também emite grandes quantidades de gases prejudiciais à atmosfera e ocupa a maior parte das terras disponíveis para cultivo no país. Por outro lado, os agricultores familiares alimentam aproximadamente 70% da população brasileira, ocupando apenas 23% das terras agricultáveis.

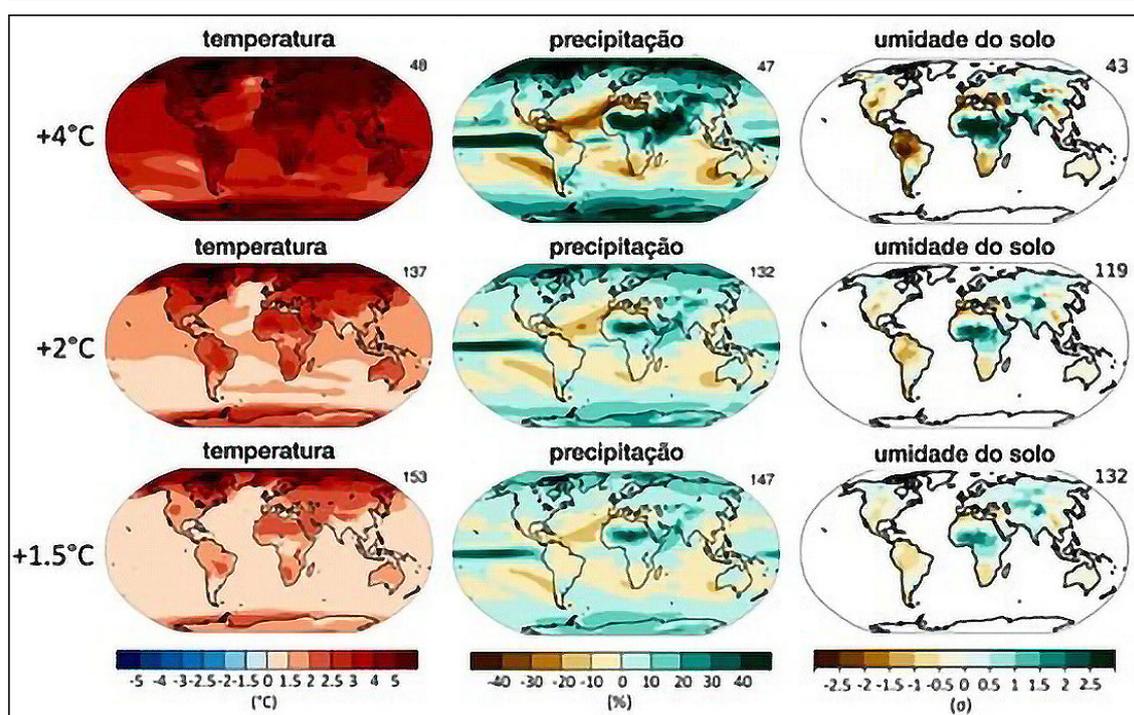
A artificialização e simplificação dos agrossistemas, da agricultura convencional que se baseia na engenharia genética de alimentos, visam maximizar as produções e dependem excessivamente de insumos químicos. O desequilíbrio ecológico, advindo dessas formas de manejo, altera os processos naturais de regulação de pragas e doenças, e diminui o poder de recuperação diante de eventos climáticos adversos, o que afeta o poder de resiliência e autossuficiência desse tipo de agrossistema (Piffer, 2016).

De acordo com o IPCC AR5 e o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2014), às mudanças climáticas afetarão o Brasil com a redução de áreas florestais e agrícolas, aumento das pragas, e maior frequência de eventos extremos, prejudicando a produtividade agrícola e a segurança alimentar (Marengo, 2014; Magrin *et al.*, 2014). O sistema alimentar capitalista, embora essencial para alimentar a população global, não atende a todas as necessidades alimentares, resultando em 735 milhões de pessoas com fome em 2022 e 2,3 bilhões sofrendo insegurança alimentar (FAO, 2022). Além disso, 3,3 bilhões de pessoas vivem em países vulneráveis às mudanças climáticas, aumentando os riscos para a produção agrícola e a segurança alimentar. Reformas sustentáveis são urgentemente necessárias para abordar esses problemas de forma holística e equitativa.

### **Cenário das mudanças climáticas para o sul e sudeste brasileiro**

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é uma organização científica-política criada em 1988, na qual participam os governos de diversas nações que discutem ideias sobre a temática das mudanças climáticas globais e os caminhos para mitigar os impactos previstos. A organização é responsável pela produção de um compilado de dados e informações que são geradas por grupos de cientistas e pesquisadores de todo o globo (Santos *et al.*, 2022).

De acordo com o IPCC, o aquecimento global tem provocado diversos fenômenos catastróficos, atualmente no Brasil, observa-se o aumento dos eventos climáticos extremos como as chuvas que ocorrem no sul do país, que provocaram a inundação e perdas irreparáveis no estado do Rio Grande do Sul no começo de 2024. Os eventos climáticos extremos têm-se intensificado, com projeções de mudanças na temperatura, precipitação e umidade do solo (Figura 1). Segundo o AR6 (Sexto Relatório de Avaliação do IPCC), as últimas quatro décadas foram mais quentes consecutivamente, que todas as anteriores desde 1850. No recorte temporal de 2011-2020, o aquecimento da temperatura sobre os continentes foi de 1,59 °C em média, contra 0,88 °C sobre o oceano (Santos *et al.*, 2022).



Fonte: IPCC AR6 WGI/ Jornal da USP (Adaptado da versão original em inglês).

**Figura 1.** Previsão global das mudanças de temperatura, previsão e umidade do solo em cenários de aquecimento de +1,5°C, +2°C e +4°C.

No país identificou-se um aumento sistemático da precipitação desde os anos de 1950 e, no Sudeste do Brasil, detectaram um aumento na frequência dos eventos pluviiais extremos. As análises combinadas de extremos de chuva, tanto dos modelos globais quanto dos regionais, sugerem que esse aumento da precipitação será na forma de extremos de chuvas, sendo frequentes e intensas, já na redução de chuvas serão evidenciados os períodos de seca mais intensa (FBDS, 2009).

Este cenário é fundamental para entender o que deve ser feito e realizar um plano sólido de enfrentamento dos impactos que já são uma realidade para o Brasil. No país a agricultura se expandiu das regiões sul e sudeste para o Centro-Oeste a partir da década de 1980. Assim, as regiões Sul e Sudeste do Brasil são conhecidas por sua importância na produção agrícola do país, contribuindo significativamente para a economia nacional, desenvolvimento social, empregos e alimentação (pequenas e médias propriedades). No entanto, essa região também está sujeita a diversos impactos das mudanças climáticas, que têm afetado o solo e a produção agrícola de maneira significativa (Danieli *et al.*, 2024; Freitas, 2023).

Desde Marengo (2001), descreve-se que as mudanças climáticas provocam alterações nos padrões de chuva, temperatura e umidade nessas regiões, o que influencia diretamente a saúde do solo e a produtividade agrícola. Tais impactos têm causado erosão do solo, redução da fertilidade e aumento da incidência de pragas e doenças nas lavouras.

### **Análise da influência das mudanças climáticas no solo e na produção agrícola no sul e sudeste do Brasil**

## Mudanças climáticas no solo e na produção agrícola no sul do Brasil

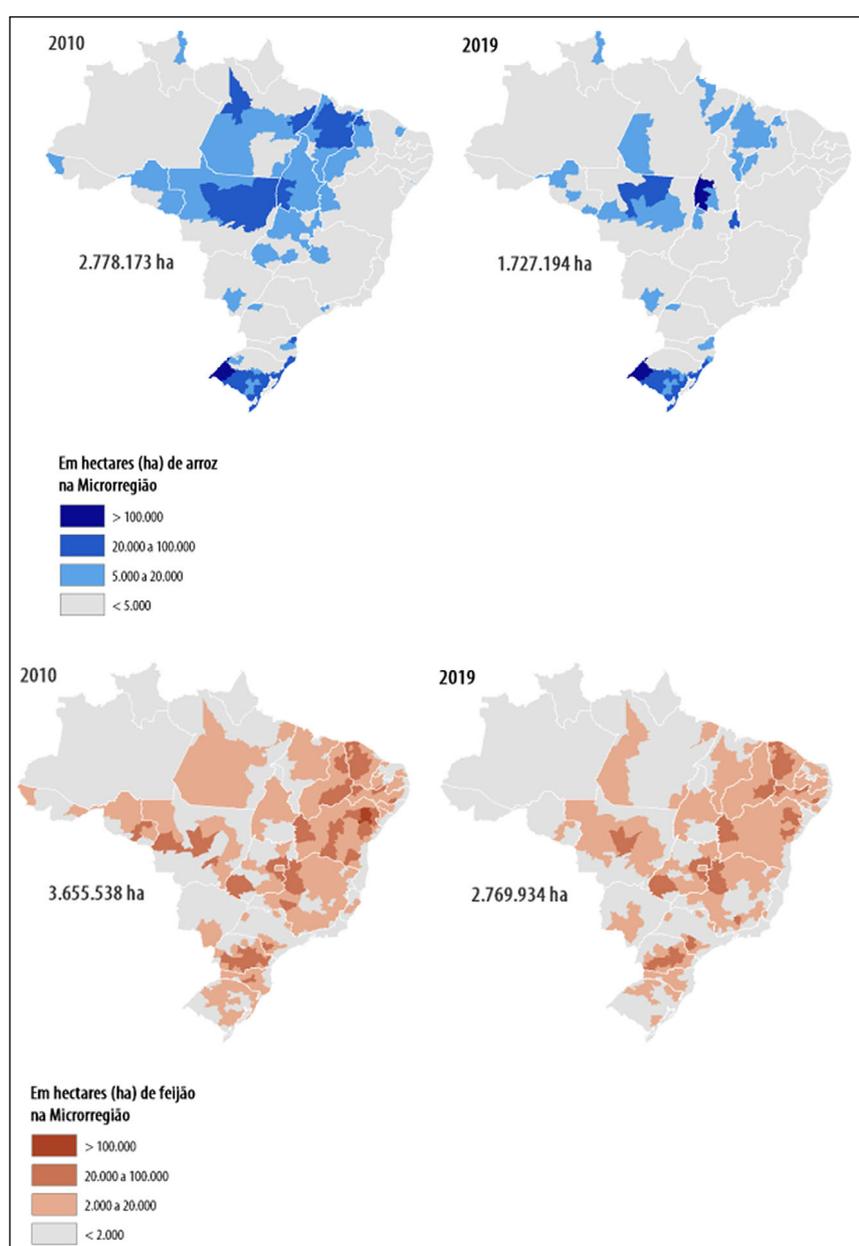
Com o território de aproximadamente 563.802 km<sup>2</sup> na região sul do Brasil, os solos apresentam uma grande diversidade, refletindo as variações geológicas e climáticas da região. Entre os principais tipos de solo encontrados, destacam-se os Argissolos que são solos profundos e bem drenados, ricos em minerais argilosos que geralmente são encontrados em áreas de relevo mais plano. Os Latossolos conhecidos como solos vermelhos, são caracterizados por sua alta acidez e baixa fertilidade natural, são comuns em regiões com relevo mais elevado. Além desses, também são encontrados Chernossolos e Gleissolos. A distribuição maior é das classes dos Latossolos, Neossolos, Cambissolos e Argissolos, com ocorrência próxima de 18%, perfazendo um total de 73% da região (Junior *et al.*, 2011; EMBRAPA, 2006).

Essa diversidade de solos na região sul do Brasil é resultado das diferentes condições ambientais ao longo do território, influenciadas pelo relevo, clima e histórico de formação dos solos na região. O Estado do Rio Grande do Sul por exemplo apresenta 5 grandes regiões fisiográficas (condicionadas por especificidades geomorfológicas e climáticas), as quais afetam a formação e a distribuição dos solos no estado. Por isso, as diferentes unidades de solos do Rio Grande do Sul são separadas pela região de ocorrência (Giarola *et al.*, 2002; Trentin *et al.*, 2023).

A literatura é escassa quanto às relações funcionais entre propriedades físicas e características dos solos da região Sul do Brasil. Durante a VI Reunião de Correlação, Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos (2000), foram apresentados e discutidos perfis de solos que abrangem a variação dos tipos de solos encontrados nesta região. Este banco de perfis pode ser utilizado para estabelecer relações quantitativas entre os atributos do solo. O estudo realizado por Giarola *et al.* (2002) teve como propósito principal investigar as interações entre diversas propriedades físicas do solo, tais como densidade do solo, densidade de partículas e retenção de água, e os atributos representativos dos solos da região Sul do Brasil. O objetivo foi estabelecer uma base de dados que pudesse ser utilizada para orientar a tomada de decisões nos estudos de desenvolvimento de funções de pedotransferência, ressaltando a importância dessas variáveis específicas.

A fertilidade dos solos na região Sul do Brasil, especialmente o solo conhecido como “terra roxa”, presente em partes do Paraná e de Santa Catarina, é um dos fatores mais importantes para a agricultura local. A terra roxa é um tipo de solo caracterizado pela sua cor avermelhada e alta concentração de minerais, como ferro e alumínio, que proporcionam uma fertilidade natural. Esse solo é resultado da decomposição de rochas basálticas ao longo de milhares de anos, o que resultou em uma grande quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. Além da terra roxa, a região Sul também possui uma variedade de outros tipos de solo, como os argissolos e os latossolos, que também são bastante férteis e adequados para a agricultura. Essa diversidade de solos permite uma ampla gama de cultivos, desde grãos como soja, milho e trigo, até frutas, legumes e hortaliças (Andreola *et al.*, 2000).

Este fato, já revela o avanço e interesse no começo da década passada na busca pelo conhecimento do solo considerando suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A produção agrícola na região Sul do Brasil está intimamente relacionada às características desses solos locais, como demonstrado pelos estudos que investigaram as propriedades físicas do solo. Segundo Bombardi (2022), estudos recentes indicam que a base alimentar do Brasil tem perdido força, evidenciado pelo aumento das importações de feijão, um alimento essencial na dieta nacional. Essa dependência crescente de importações compromete a segurança alimentar do país, já que a produção agrícola interna não tem garantido o abastecimento direto dos alimentos básicos. Os mapas da Figura 2 ilustram a dinâmica dos principais alimentos consumidos no Brasil entre 2010 e 2019.



Fonte: Bombardi (2022).

**Figura 2.** Evolução da área plantada no Brasil nos anos de 2010 e 2019 (arroz e feijão).

Freitas (2023) mapeou e quantificou as áreas de expansão agrícola para safras permanentes no Brasil entre 1995 e 2020, identificando as regiões da fronteira agrícola brasileira. O estudo, baseado em dados do IBGE, destacou algumas mesorregiões do Sul do Brasil, como o nordeste rio-grandense e o sudeste paranaense, como líderes na expansão agrícola. Os resultados fornecem subsídios para aprimorar políticas públicas e decisões logísticas privadas.

A região Sul do Brasil, especialmente o Rio Grande do Sul, tem sido gravemente afetada por enchentes históricas no começo do ano de 2024. Chuvas intensas, provocadas pelo fenômeno climático El Niño e mudanças climáticas, resultaram em inundações severas que danificaram a infraestrutura, deixaram milhares de pessoas desalojadas e causaram dezenas de mortes, essas tragédias levantam questões sobre a gestão urbana, incluindo a necessidade de planos de emergência, melhor planejamento das cidades e a importância de evitar construções em áreas de risco de inundação. Muitas cidades ficaram isoladas, e a recuperação está estimada em bilhões de reais. A situação é considerada a pior enchente a atingir a região em mais de 80 anos (BBC News, 2024; INMET, 2023). Estudos sobre as enchentes da região sul do Brasil já vem sendo desenvolvidos como forma de alerta às autoridades como Wollmann (2014), que buscou identificar as correntes perturbadas e os tipos de tempo responsáveis pela gênese das enchentes nas três Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2000 e 2011, observou-se que a maior parte das enchentes ocorreu em função de ciclos climáticos nos quais havia a participação da Frente Estacionária e Ciclogêneses.

As inundações danificam as plantações, destroem infraestruturas como estradas e pontes, e afetam a logística de transporte de produtos agrícolas. Além disso, a saturação do solo e a erosão podem reduzir a fertilidade das terras, comprometendo colheitas futuras. Agricultores enfrentam perdas econômicas consideráveis, e a recuperação das áreas afetadas exige investimentos substanciais e tempo, o que pode afetar a oferta de alimentos e aumentar os custos (Guerra; Jorge, 2017; Roskopf *et al.*, 2020; Wollmann, 2014; BBC News, 2024).

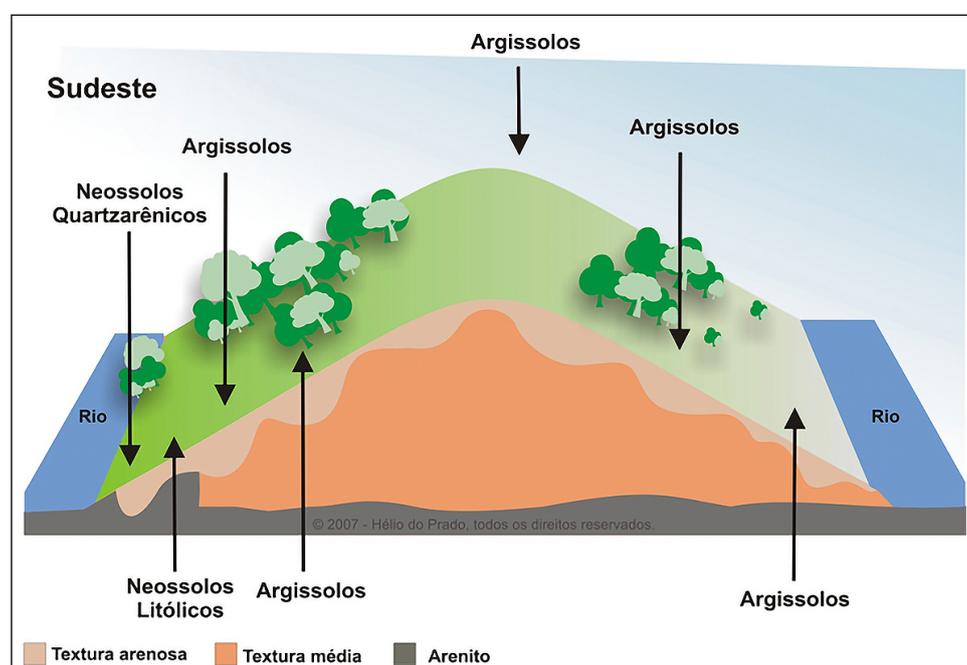
Depois de eventos climáticos extremos como as inundações no Rio Grande do Sul o uso e a cobertura do solo sofrem alterações significativas, segundo Trentin *et al.* (2023), esse estado está passando por uma rápida transformação no uso da terra, o que tem impacto significativo no balanço hídrico e, conseqüentemente, na vazão dos rios. As mudanças nas formas de uso da terra variam consideravelmente entre culturas e pastagens na bacia, devido às características dos solos, declividade da região e manejo das culturas, que influencia o balanço hídrico de maneira distinta. A substituição de áreas de campos nativos por plantações de soja, arroz ou áreas de silvicultura tende a ter um impacto significativo no balanço hídrico da bacia.

Vários autores, como Sala *et al.* (2000), Vorosmarty *et al.* (2000), Wagener *et al.* (2010) e Bueno *et al.* (2020), observaram que as mudanças no uso da terra têm impacto considerável, comparável ao das mudanças climáticas, sobretudo na disponibilidade de água, o que sugere que essas mudanças são um impulsionador importante dos impactos ambientais globais futuros.

## Mudanças climáticas no solo e na produção agrícola no sudeste do Brasil

Na região Sudeste do Brasil, a diversidade dos solos é influenciada pela variação topográfica e pelos processos geológicos e pedogenéticos. Em áreas de relevo mais jovem, com maior ondulação, são comuns os Argissolos, Luvisolos, Alissolos, Cambissolos, Nitossolos, Chernossolos e Neossolos Litólicos. Esses solos apresentam diferentes graus de desenvolvimento e características específicas, variando de acordo com a região e a posição no relevo (Junior *et al.*, 2011; EMBRAPA, 2006).

No sudeste do Brasil, que abrange uma área de 924.596 km<sup>2</sup>, os Latossolos ocupam 45% do território, seguidos pelos Argissolos com 28% e pelos Cambissolos com 15%. Segundo Junior *et al.* (2011) não foi constatada a presença de Chernossolos, Dunas, Luvisolos e Vertissolos nesta região. Na Figura 3 é possível observar a relação solo-paisagem da região sudeste do Brasil.



Fonte: Prado (2007).

**Figura 3.** Relação solo: paisagem da região sudeste do Brasil.

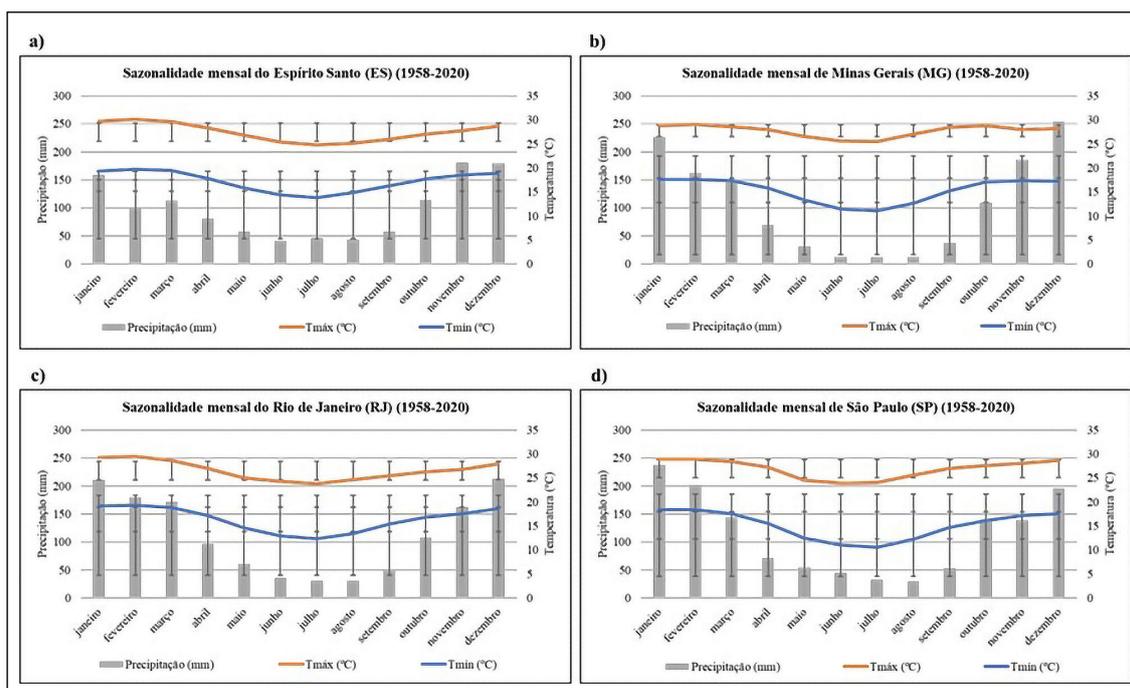
Como observado anteriormente nos mapas da dinâmica de área plantada no Brasil, Figura 2, a região Sudeste vem perdendo áreas plantadas de arroz e feijão, que são alimentos básicos no país, devido a vários fatores. A expansão urbana, por exemplo, é um dos fatores que impacta diretamente nesse cenário, o crescimento das cidades e da infraestrutura urbana tem reduzido as áreas agrícolas disponíveis, além disso as mudanças climáticas que provocam alterações no clima têm afetado a produtividade dessas culturas, tornando-as menos viáveis em algumas áreas. Outro ponto é a mudança para culturas mais rentáveis, agricultores estão migrando para culturas mais lucrativas, como soja e cana-de-açúcar, que oferecem melhor retorno econômico (Bombardi, 2022; Freitas, 2023).

A questão da exportação também influencia a redução das áreas plantadas com arroz e feijão na região Sudeste. A busca por culturas mais rentáveis para exportação, como soja e milho, tem levado muitos agricultores a substituírem o plantio de arroz e feijão. Essas culturas destinadas ao mercado internacional oferecem maiores retornos financeiros, incentivando a mudança de foco dos agricultores. Além disso, a demanda global por *commodities* agrícolas de exportação tem crescido, direcionando os investimentos e esforços de produção para essas culturas mais lucrativas, além disso alterações no clima têm afetado a produtividade dessas culturas, tornando-as menos viáveis em algumas áreas (Bombardi, 2022; Freitas, 2023; Trentin *et al.*, 2023).

Segundo Bombardi (2022), embora o Brasil tenha se tornado um dos maiores exportadores mundiais de grãos, não consegue alimentar sua própria população. Existe, portanto, uma grande diferença entre produzir alimentos e produzir *commodities*. Alimentos são os produtos consumidos diariamente, que têm valor de uso, servindo para nutrição e bem-estar. *Commodities* são mercadorias comercializadas globalmente, produzidas principalmente para atender ao comércio internacional, ou seja, têm valor de troca. Isso significa que um país pode produzir muito de um produto, mas mesmo assim esse produto pode ser encontrado a preços elevados em seus mercados internos, como é o caso da carne no Brasil.

De acordo com Kuroki *et al.* (2022) entre 1958 e 2020 (62 anos), as climatologias sazonais dos estados do Sudeste revelam padrões distintos de precipitação, temperatura máxima e mínima. Observa-se que as maiores temperaturas e precipitações ocorrem no verão, de novembro a fevereiro, em todos os estados, com os meses mais chuvosos também concentrados nesse período. É este padrão que quando alterado, influencia também na produção da região.

Com base nos dados climatológicos para cada estado, nota-se que Minas Gerais apresenta a maior amplitude térmica mensal (12,4°C), enquanto o Espírito Santo registra a média de temperatura mensal mais alta (30,1°C). São Paulo, por outro lado, tem o mês mais frio (10,6°C). No geral, o Espírito Santo é o estado com as maiores temperaturas ao longo do ano, seguido por Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. Em termos de precipitação, São Paulo é o estado mais chuvoso, seguido por Minas Gerais e Rio de Janeiro, com o Espírito Santo sendo o mais seco. A Figura 4 mostra a sazonalidade mensal dos estados da região sudeste do Brasil.



Fonte: Kuroki *et al.* (2022).

**Figura 4.** Sazonalidade mensal nos estados do sudeste brasileiro (1958-2020).

A região Sudeste também vem enfrentando uma onda de tempo quente e seco devido a vários fatores climáticos. As mudanças climáticas globais aumentam as temperaturas, contribuindo para padrões climáticos mais extremos. O fenômeno El Niño pode causar alterações nos padrões de chuva, resultando em períodos prolongados de seca e temperaturas elevadas. O desmatamento na região reduz a umidade do solo e do ar, agravando a aridez. Além disso, a interação entre massas de ar tropicais e polares pode alterar os padrões de precipitação, contribuindo para as condições de tempo quente e seco. Esses fatores combinados impactam a agricultura e o abastecimento de água na região, tornando o cultivo de soja e outras culturas mais desafiador no Sudeste (Giarola *et al.*, 2002; Egler; Gusmão, 2014; Kuroki *et al.*, 2022; INMET, 2023).

## Alternativas de enfrentamento desse cenário

### Técnicas de manejo para remediar consequências de eventos climáticos extremos

**Cobertura do Solo:** O desenvolvimento das plantas está diretamente relacionado à disponibilidade de água no solo, que é essencial para o crescimento celular e a manutenção da turgescência, uma força exercida pelo conteúdo celular sobre a parede celular vegetal quando há entrada de água. A absorção e perda de água pelas plantas são processos cruciais, determinados pelo equilíbrio entre a absorção pelas raízes e a perda por transpiração. Este equilíbrio é afetado pelo potencial hídrico, quando as plantas absorvem menos que o solo,

resultando em uma redução na hidratação da planta conforme o solo se torna mais seco (Marengo; Lopes, 2005; Silva *et al.*, 2014).

O déficit hídrico nas plantas pode ser resultado de uma taxa excessiva de transpiração, uma absorção insuficiente de água ou uma combinação de ambos os processos. Para lidar com a escassez de água, as plantas desenvolveram mecanismos de “resistência à seca”. Esses mecanismos podem ser classificados em estratégias de prevenção à seca, como a aceleração do ciclo de vida das plantas ou a indução de dormência para evitar a germinação das sementes até que haja um nível adequado de umidade no solo (Silva *et al.*, 2014).

Em regiões tropicais e subtropicais, como o Brasil, onde a incidência de energia solar é alta, técnicas de cultivo do solo que envolvem o uso de cobertura vegetal são especialmente importantes. Isso se deve ao fato de que diferentes tipos de cobertura vegetal influenciam na conservação da umidade do solo na camada superficial. A presença de cobertura vegetal, em geral, favorece a infiltração da água da chuva ou da irrigação, reduzindo as perdas por evaporação e mantendo a umidade em níveis mais elevados, especialmente na superfície do solo. A cobertura vegetal ajuda a dissipar parte dessa energia solar por meio de reflexão, contribuindo para reduzir as perdas de água por evaporação (Baver *et al.*, 1973).

A manutenção da cobertura vegetal proporcionada por substratos vegetais como fibra de coco, resíduos de milho, serragem, biocarvões, húmus, glicose, celulose e adubo verde possuem diversos benefícios para o plantio. A cobertura promove uma retenção mais eficiente da água na superfície e reduz as oscilações térmicas na camada superficial do solo (Sidiras *et al.*, 1984). Essas condições favoráveis criadas pela cobertura vegetal propiciam o desenvolvimento dos organismos, aumentando a atividade biológica e a reciclagem de nutrientes (Pankhurst; Lynch, 1994). Além disso, a cobertura vegetal morta estável melhora características físicas do solo (Fleming *et al.*, 1997), como sua estrutura e a taxa de infiltração de água e o uso de biomassa rica em nitrogênio como alguns adubos verdes podem substituir fertilizantes químicos.

A proteção mecânica oferecida pela cobertura vegetal também é importante, reduzindo o impacto direto das gotas de chuva que podem desagregar as partículas do solo, mantendo sua estabilidade (Fleming *et al.*, 1997). Por aumentar a porosidade e agregação do solo, áreas protegidas por cobertura vegetal tendem a ter uma maior taxa de infiltração de água em comparação com áreas sem cobertura (Girma; Endale, 1995). Em um estudo de Derpsch *et al.* (1991), mesmo com uma intensidade de precipitação de 60 mm/h, uma área com 100% de cobertura vegetal permitiu uma infiltração de água significativamente maior do que uma área sem cobertura, onde apenas 20 a 25% da água da chuva se infiltra no solo (Espínola *et al.*, 1997).

**Compactação do solo:** A densidade do solo diz respeito à sua compactação e corresponde ao espaço disposto entre os arranjos das partículas do solo, sempre preenchidos por água ou por ar, conhecido como poros. Ou seja, quanto menor o

percentual de porosidade do solo, menor é a capacidade de retenção de água e ar. O uso de maquinários pesados, o pisoteio do gado e manejos inadequados do solo podem aumentar significativamente esse percentual, diminuindo o volume de poros no solo (Hamza; Anderson, 2005). Como as raízes tendem a crescer através dos poros, em solos muito densos as plantas encontram mais resistência para desenvolver seu crescimento radicular e têm dificuldade em encontrar um menor aporte de água, ar e nutrientes, além de uma concentração maior de gases tóxicos (Cooper *et al.*, 2005).

Em cultivos onde o solo é constantemente revolvido, observa-se uma diminuição significativa dos macroporos, necessários para as trocas gasosas do solo, construídos principalmente pela macrofauna e raízes mais superficiais, como as das gramíneas. A formação de agregados, união de partículas do solo, por sua vez, provoca a diminuição da densidade do solo e um aumento da macroporosidade (Cooper *et al.*, 2005).

É importante destacar que, existe uma hierarquia entre os agregados, onde os maiores, os mais importantes, são formados por agregados menores, que tendem a ser mais resistentes à desagregação. Nesses casos, solos extremamente compactados possuem uma taxa de agregados baixa e estão mais vulneráveis à erosão pluvial. É essencial que não fiquem expostos, pois o impacto das gotas de chuva pode romper os agregados superficiais e gerar o selamento do solo, o que diminui a taxa de infiltração (Guerra, 1994). Solos com agregados instáveis são mais facilmente destruídos, o que os torna mais difíceis na manutenção do plantio.

Diante disso, a compactação do solo aumenta significativamente o potencial de erosividade da chuva. E, tratando-se de um cenário onde se prevê o aumento de tempestades e períodos de chuvas intensas além da média para o Brasil, faz-se necessário entender a importância de evitar o máximo possível de práticas que aumentem a densidade do solo, como o uso de maquinário pesado e o pisoteio do gado em plantações.

**Preservação da Biodiversidade:** A mudança de uso e cobertura da terra gerada pelo agronegócio brasileiro atualmente se associa como a principal prática responsável pela emissão de GEEs no país. Isto se deve a diversos fatores como o desmatamento constante para uso da terra para agropecuária com práticas não sustentáveis produzindo altas emissões de gás metano, um dos mais importantes relacionados ao aumento da temperatura média do planeta, degradação do solo, escassez de recursos hídricos, bem como a perda de biodiversidade das plantas e de vida no solo (Thame, 2023).

A monocultura, especialmente de grãos, praticada em larga escala pelo agronegócio brasileiro, se dissocia em muito de um ecossistema florestal. A associação de variadas espécies, dos mais diversos tamanhos e funções, gera um ambiente com grande capacidade de resiliência e menos vulnerável diante de adversidades biológicas e climáticas. Os sistemas agroflorestais, por exemplo, são arranjos que combinam cultivos agrícolas e/ou criação de animais, integrando agricultura e floresta. Eles são projetados para imitar os ecossistemas locais, utilizando esses ambientes como modelo. Ao observar as estruturas e

dinâmicas das espécies locais, os sistemas agroflorestais são construídos para serem mais resilientes às condições climáticas adversas. Eles podem fornecer água durante períodos de seca, oferecer solos mais permeáveis e robustos durante chuvas intensas, e cultivar plantas menos suscetíveis a pragas devido às associações benéficas com outras espécies.

Há diversas formas tecnológicas e inovadoras para o tratamento do solo, a fim de minimizar os impactos sobre as produções. Mas, é sobretudo fundamental que invista-se em infraestrutura, pesquisa, que tenha-se aporte financeiro e planejamento/gestão da região agrícola. Com participação ativa e constante do governo para auxiliar os produtores como for possível para alçar uma segurança alimentar básica para o país.

## Conclusão

O presente capítulo realizou um levantamento bibliográfico com o objetivo de analisar e identificar os estudos já realizados sobre as mudanças climáticas globais e seus impactos sobre o sul e sudeste brasileiro. Através do estudo, foi possível avaliar que a produção científica quanto a esses impactos já foi abordada ao longo dos anos por diversos autores, os quais reforçam a vulnerabilidade dessas regiões quanto às variações climáticas, que têm efeitos diretos nas alterações do solo e na produção agrícola.

Conclui-se que os desafios climáticos na agricultura, especialmente no Sul e Sudeste brasileiros, são complexos e demandam uma abordagem multidisciplinar. A relação entre as mudanças climáticas, a agricultura e a degradação ambiental é evidente, com impactos significativos no solo e na produção agrícola. O cenário das mudanças climáticas para essas regiões destaca a necessidade de adaptação e de medidas mitigadoras para enfrentar esses desafios, incluindo o uso de técnicas de manejo. Em suma, é fundamental que políticas públicas, práticas agrícolas sustentáveis e investimentos em pesquisa e tecnologia sejam implementados para garantir a redução de impactos na agricultura frente aos desafios climáticos atuais e futuros.

## Referências

- ALLAN, R.; FÖRSTNER, U.; SALOMONS, W. Climate and land degradation. In: M. V. K. SIVAKUMAR, & N. NDIANG'UI (Org.) Verlag Berlin Heidelberg: **Springer**, 2007.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24, 609-620, 2000.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Física de solos**. México, DF: Hispano-Americana, 1973. 529 p.
- BAYER, C.; AMADO, T. J. C.; TORNQUIST, C. G.; CERRI, C. E. P.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A.; CARVALHO, P. D. F. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos em Ciência**

**do Solo**, v. 7, p. 55-118, 2011.

BBC News. **Inundações no Rio Grande do Sul: A Cronologia da Tragédia**. 2024. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/articles/cd1qwp3z77o>>. Acesso em: 19 maio 2024.

BOMBARDI, L. **A Agricultura 4.0 no Brasil: Alta tecnologia na agricultura não é sinônimo de alimentos para a população brasileira**. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Heirich Böll, 2022.

BUENO, M.M.; VALCARCEL, R.; PEREIRA, M.G. MATEUS, F. A. Sustainable provision of raw water based on the management of ecosystem services in small watersheds. **Rev. Ambient. Água**, v. 15 n. 2, e2439. 2020. DOI:10.4136/ambiagua.2439.

CARVALHO, K. de P.; MONTENEGRO, R. L. G. Segurança alimentar e mudanças no clima: o contexto internacional e o paradoxo brasileiro. **Revista Brasileira De Desenvolvimento Regional**, v. 9 n. 3, p. 7–32, 2021. <https://doi.org/10.7867/2317-5443.2021v9n3p7-32>

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P.; CHAPLOT, V.. Origin of microaggregates in soils with ferrallic horizons. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 256-263, 2005.

DANIELI, J. P.; DEITOS, R. A.; REIS, L. F. As transformações socioeconômicas do Sul do Brasil: uma análise da contribuição econômica e financeira do setor agropecuário na Região Sul nos anos de 2013 a 2022. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 4, p. e5964–e5964, 2024.

DENNY, D.M.T. A conexão intrínseca entre biodiversidade e clima. **Laclima Paper Series**, 2023. Disponível em: <<https://laclima.org/paperseries/a-conexao-intrinseca-entre-biodiversidade-e-clima/>>.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 268p.

EGLER, C. A.G.; GUSMÃO, P. P. Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 14, n. 1, p. 65-80, 2014. Disponível em: <[https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-370\\_Egler.pdf](https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-370_Egler.pdf)>.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2a ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. **Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/624248/1/doc042.pdf>>.

FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF. **Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023**. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/items/8889e1a3-4147-4e6f-a3cd-9dae48b02a4b>>. Acesso em: 26 de maio de 2024.

- FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil**. Rio de Janeiro: FBDS, 2009. Disponível em: <[http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf)>. Acesso em: 26 maio 2024.
- FLEMING, K.L.; POWERS, W.L.; JONES, A.J.; HELMERS, G.A. Alternative production systems' effects on the K-factor of the Revised Universal Soil Loss Equation. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v.12, n.2, p.55-58, 1997.
- FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Documentos/Embrapa Soja. Londrina, 2009. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15429889.pdf>>.
- FREITAS, R. E. **Expansão da área agrícola no Brasil segundo as lavouras permanentes**. [S. l.]: Texto para Discussão, 2023. Working Paper. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/285015>>.. Acesso em: 14 maio 2024.
- GIRMA, T.; ENDALE, B. Influence of manuring on certain soil physical properties in the Middle Awash area of Ethiopia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v.26, n.9/10, p.1565-1570, 1995.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos, 2017.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- HAMZA, M.A.; ANDRESON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Till. Res.**, 82:121-145, 2005.
- HARE, W.L. Un aterrizaje seguro para el clima. In: **El mundo ante el calentamiento global**. La situación del mundo. Worldwatch Institute, Madri: Icaria, 2009. 407p.
- INMET, INPE. **Situação do fenômeno El Niño no Oceano Pacífico Equatorial em junho de 2023**. Nota Técnica, 2023. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Situa%C3%A7%C3%A3o-El-ni%C3%B1o-junho-2023-r.pdf#page=1&zoom=auto,-100,848>>.
- IPCC. **Sixth Assessment Report (AR6)**. 28 February 2022. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>>. Acesso em: 16 de Maio de 2024.
- JUNIOR, W. C.; ÁGLIO, M. L. D.; DART, R. D. O.; SOUZA, J. S.; GUEDES, J.; BHERING, S.; SANTOS, H. G.. Brasil: Solos por Regiões Geopolíticas. In: Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo, 33., 2011, Uberlândia. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas. **Anais[...]**. Uberlândia: SBCS: UFU: ICIAG, 2011. 1 CD-ROM., 2011.
- KUROKI, L. Y.; SOUSA, A. R.; CALADO, G. G.; CALADO, B. N.; CARDOSO, A.; BRAMBILA, M. C. V.. A vulnerabilidade social da região sudeste do Brasil frente à variabilidade climática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 31, p. 671–695, 2022.
- LOPES, P.R.; ARAÚJO, K.C.S.; LOPES, I.M.; RANGEL, R.P.; SANTOS, N.F.F.; KAGEYAMA, P.Y. UMA ANÁLISE DAS CONSEQUÊNCIAS DA AGRICULTURA

CONVENCIONAL E DAS OPÇÕES DE MODELOS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO - AGRICULTURA ORGÂNICA E AGROFLORESTAL. **REDD - Revista Espaço de Diálogo e Desconexão, Araraquara**, v.8, n.1 e 2. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.fclar.unesp.br/redd/article/view/6912/5605>>.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Editora UFV. Viçosa, 2005.

MARENCO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e Regionais: Avaliação do Clima Atual do Brasil e Projeções de Cenários Climáticos do Futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia** v. 16, n. 1, p. 1–18, 2001.

MARENCO, J.A. O futuro do clima no Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 25-32, 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99280/97696>>.

MARTINS, S. R.; SCHLINDWEIN, S. L.; D'AGOSTINI, L. R.; BONATTI, M.; VASCONCELOS, A. C. F., HOFFMANN, A. F.; FANTINI, A. C. Mudanças climáticas e vulnerabilidade na agricultura: desafios para desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais (RBCIAMB)**, 2010. Disponível em: <[https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/376](https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/376)>.

MOTTA, Ronaldo Seroa. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. ISBN 978-85-7811-108-3. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3162/1/Mudan%C3%A7a%20do%20clima%20no%20Brasil....pdf>>.

NETZ, B.; DAVIDSON, O. R.; BOSCH, P. R.; DAVE, R.; MEYER, L. A. **Climate Change 2007: Mitigation**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 2007.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **IPCC AR6, WG1: Resumo Comentado**. Compilação adaptada de alguns dos principais resultados do SPM (Sumário para Tomadores de Decisão) do Grupo de Trabalho 1 do IPCC em seu Sexto Relatório de Avaliação. Agosto de 2020. Disponível em: <[https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/08/OC-IPCC-AR6-FACTSHEET\\_FINAL.pdf](https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/08/OC-IPCC-AR6-FACTSHEET_FINAL.pdf)>. Acesso em: 16 de Maio de 2024.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M.; PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., eds. **The role of the soil biota in sustainable agriculture**. Soil Biota: Management in sustainable farming systems. Victoria: CSIRO, 1994. p.3-9.

PIFFER, D. Evolução do Estado Ecológico e a Sustentabilidade dos Agrossistemas. XI Jornada Científica. ética e Consumo Sustentável. Centro de Estudos Interdisciplinar em Desenvolvimento Sustentável na Amazônia (CEDSA). Porto Velho, Rondônia, 2016. **Anais[...]**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Douglas-Piffer/publication/376170898\\_Evolucao\\_do\\_Estado\\_Ecologico\\_e\\_a\\_Sustentabilidade\\_dos\\_Agrossistemas\\_Capitulo\\_de\\_Livro/links/656bcbe7b86a1d521b28bfe1/Evolucao-do-Estado-Ecologico-e-a-Sustentabilidade-dos-Agrossistemas-Capitulo-de-Livro.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Douglas-Piffer/publication/376170898_Evolucao_do_Estado_Ecologico_e_a_Sustentabilidade_dos_Agrossistemas_Capitulo_de_Livro/links/656bcbe7b86a1d521b28bfe1/Evolucao-do-Estado-Ecologico-e-a-Sustentabilidade-dos-Agrossistemas-Capitulo-de-Livro.pdf)>.

PÖRTNER, H.-O; ROBERTS, D.C.; TIGNOR, M.; POLOCZANSKA, E.S.; MINTENBECK,

- K.; ALEGRÍA, A.; CRAIG, M.; LANGSDORF, S.; LÖSCHKE, S.; MÖLLER, V.; OKEM, A.; RAMA, B. (editores). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- PRADO, H. **Solo-Paisagem**. [S. l.], [2017]. Disponível em: <<https://www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>>. Acesso em: 18 maio 2024.
- ROSSKOPF, C. M. DI IORIO, E.; CIRCELLI, L.; COLOMBO, C.; AUCELLI, P. P. Assessing spatial variability and erosion susceptibility of soils in hilly agricultural areas in Southern Italy. **International Soil and Water Conservation Research**, [s. l.], v. 8, n. 4, 354–362, 2020.
- SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; ARMESTO, J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R. B.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D. M.; MOONEY, H. A.; OESTERHELD, M.; POFF, N. L.; SYKES, M. T.; WALKER, B. H.; WALKER, M.; WALL, D. H. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, v. 287, 2000. 1770–1774. DOI:10.1126/science.287.5459.1770.
- SANTOS, J.C.F. **Dinâmica de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) e balanço de Carbono em sistemas de produção de grãos no bioma Mata Atlântica**. Site EMBRAPA, acessado em 14/05/2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/203078/dinamica-de-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-gees-e-balanco-de-carbono-em-sistemas-de-producao-de-graos-no-bioma-mata-atlantica>>. 2017.
- SANTOS, Bruna Pires dos; SIQUEIRA, Rosângela Amancio Gomes; VILLAR, Juliana Arraes de Aragão; FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos. Agricultura e Irrigação no Brasil no Cenário das Mudanças Climáticas. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, v. 1, n. 2, 2022. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/361167771\\_Agricultura\\_e\\_Irigacao\\_no\\_Brasil\\_no\\_cenario\\_das\\_Mudancas\\_Climaticas](https://www.researchgate.net/publication/361167771_Agricultura_e_Irigacao_no_Brasil_no_cenario_das_Mudancas_Climaticas)>. Acesso em: 26 maio 2024.
- SCHUCK, C. SCHUCK; LUGLIO, A.; CARVALHO, G. Maior parte dos grãos vira ração, e não alimento humano. **Revista Época/Negócios**, 17/04/2018. Acesso em 14/05/2018. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/colunas/noticia/2018/04/maior-parte-dos-graos-vira-racao-e-nao-alimento-humano.html>>.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F.X. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em latossolo roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.2, n.9, p.4-5, 1984
- SILVA R. W. C., Paula B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terræ Didática**, 2009. 5 (1): 42-49. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637501/5206>>.
- SILVA, T. C.; Santos, E. M.; Pinho, R. M. A.; Campos, F. S.; Oliveira, J.S.; Macedo, C.H.O.; Perazzo, A. F. Conservação de Forrageiras Xerófilas. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**. Veterinaria Organización Málaga, España, 2014. Disponível

em: <<https://www.redalyc.org/pdf/636/63632381004.pdf>>.

SOUZA, M. C. O.; Corazza, R. I. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris : uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Paraná, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1373123>>.

SOUZA, R. A.; SANTOS, J. H. **Análise do Impacto das Mudanças Climáticas Globais sobre as Bacias Hidrográficas e o Regime Hidrológico no Brasil e Projeções Futuras**. 2023. Disponível em: <<https://climainfo.org.br/wp-content/uploads/2023/05/Analise-do-impacto-das-mudancas-climaticas-globais-sobre-as-bacias-hidrograficas-e-o-regime-hidrologico-no-Brasil-e-projecoes-futuras.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2024.

TAVARES, V.C.; ARRUDA, I.R.P.; SILVA, D.G. Desertificação, Mudanças Climáticas e Secas no Semiárido Brasileiro: uma Revisão Bibliográfica. **Revista Geosul**. Florianópolis, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p385/38526>>.

THAME, Denny. **A conexão intrínseca entre biodiversidade e clima**. Disponível em: <<https://laclima.org/paperseries/a-conexao-intrinseca-entre-biodiversidade-e-clima/>>. 2023.

TONIAL, J. C. . Falta de alimentos no mundo: problema de escassez ou de distribuição? **JURIS - Revista Da Faculdade De Direito**, 14, 69–80, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/juris/article/view/3207>>.

TRENTIN, R.; LAURENT, F.; ROBAINA, L. E. de S. O Impacto do Uso da Terra Sobre o Balanço Hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil. **Para Onde!?**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 70–88, 2023.

VOROSMARTY, C. J.; GREEN, P.; SALISBURY, J.; LAMMERS, R. B. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. **Science**, 289, 2000. 284–288. DOI: 10.1126/science.289.5477.284.

WAGENER, T.; SIVAPALAN, M.; TROCH, P. A.; MCGLYNN, B. L.; HARMAN, C. J.; GUPTA, H. V.; KUMAR, P.; RAO, P. S. C.; BASU, N. B.; WILSON, J. S. The future of hydrology: an evolving science for a changing world. **Water Resources Research** 46, (5) 2010. W05301. DOI: 10.1029/2009WR008906.

WOLLMANN, C. A. The floods in Rio Grande do Sul during 21th century. **Mercator**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 79–91, 2014.

ZEN, S.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; ALMEIDA, M.H.S.P.; RITTL, T.F. **Pecuária de Corte Brasileira: Impactos Ambientais e Emissões de Gases Efeito Estufa (GEE)**. Centro de Estudo Avançados em Economia Aplicada (ESALQ/USP). Piracicaba, 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/pecuaria-de-corte-brasileira-impactos-ambientais-e-emissoes-de-gases-efeito-estufa-gee.aspx#:~:text=Emiss%C3%B5es%20de%20GEE,-Outra%20externalidade%20negativa&text=Devido%20ao%20grande%20n%C3%BAmero%20de,caso%20do%20setor%20de%20transportes>>.