



IMPACTOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA A FISIOLOGIA E MORFOLOGIA VEGETAL E À SOCIEDADE

Flávio Antônio Fernandes ALVES ¹
Iracema Raquel Santos BEZERRA ²
Ana Cláudia NUNES ³
Shirley Macedo de SOUZA ⁴
Eduarda Jesus BRANDÃO ⁵
Thiago Fernandes LIMA ⁶

¹ Mestre em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; E-mail: flavio.antonio@ufvjm.edu.br

² Doutoranda em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; e-mail: iracema.raquel@ufvjm.edu.br; ³ Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, e-mail: ana.claudia@ufvjm.edu.br

; ⁴ Graduanda do Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; e-mail: shirley.macedo@ufvjm.edu.br

⁵ Graduanda do Curso de Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; e-mail: eduarda.jesus@ufvjm.edu.br

⁶ Graduando do Curso de Odontologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; e-mail: thiago.lima@ufvjm.edu.br

RESUMO - Diante dos expressivos desequilíbrios climáticos observados atualmente, torna-se uma necessidade revisar os impactos destas mudanças nas plantas, abordando os efeitos fisiológicos e morfológicos decorrentes de alterações nas condições atmosféricas. O aumento gradativo de gases de efeito estufa lançados diariamente na atmosfera, afeta a fotossíntese e o crescimento das plantas, sejam culturas agrícolas ou espécies nativas, além de trazer problemas como o aumento da temperatura ao redor do mundo e crises hídricas que assolam os mais diversos países e ecossistemas. A partir deste cenário, foi elaborada uma revisão de literatura, com o objetivo de discutir fatores científicos que destacam a conexão intrínseca existente entre as mudanças climáticas e os seus resultados sob a biodiversidade e qualidade de vida urbana. Com isso, o estudo visa destacar a necessidade de mais pesquisas para enfrentar os desafios iminentes e garantir a sustentabilidade ambiental e alimentar. Para isso, foi realizado um levantamento através da pesquisa de palavras-chave em plataformas científicas como Google Scholar, Scielo e Web of Science. Foram selecionados artigos, livros e análises críticas usando termos como aquecimento global, clima, vulnerabilidade climática, impactos ambientais e biodiversidade. Por fim, o presente artigo pode concluir que há uma necessidade de ações urgentes, tanto biotecnológicas quanto políticas, que atuem de maneira eficaz sobre o meio ambiente visando mitigar os impactos das mudanças climáticas e preservar a biodiversidade.

Palavras-chave: Clima; Aquecimento global; Agricultura; Biomas.



ABSTRACT - Given the significant climatic imbalances currently observed, it is necessary to review the impacts of these changes on plants, addressing the physiological and morphological effects resulting from changes in atmospheric conditions. The gradual increase in greenhouse gases released daily into the atmosphere affects photosynthesis and plant growth, whether agricultural crops or native species, in addition to causing problems such as increased temperatures around the world and water crises that plague the most diverse countries and ecosystems. Based on this scenario, a literature review was prepared, with the aim of discussing scientific factors that highlight the intrinsic connection between climate change and its results on biodiversity and quality of urban life. With this, the study aims to highlight the need for more research to face imminent challenges and ensure environmental and food sustainability. To this end, a survey was carried out through keyword research on scientific platforms such as Google Scholar, Scielo and Web of Science. Articles, books and critical analyzes were selected using terms such as global warming, climate, climate vulnerability, environmental impacts and biodiversity. Finally, this article can conclude that there is a need for urgent actions, both biotechnological and political, that act effectively on the environment in order to mitigate the impacts of climate change and preserve biodiversity.

Keywords: Climate; Global warming; Agriculture; Biomes.

INTRODUÇÃO

Ao mencionar mudanças ou alterações climáticas comenta-se a respeito de qualquer modificação no estado do clima que se afaste da média de variabilidade das propriedades já previstas, devido a décadas de recorrência de características temporais (SILVA, 2016). Assim, mudanças nas intensidades das chuvas, aumentos na concentração de gases e variações de temperatura, que estejam fora de uma faixa ou padrão estabelecido ao longo dos anos, são considerados alterações climáticas. Essas alterações nos padrões dos eventos naturais repercutem de forma significativa tanto na natureza em si, afetando toda a biodiversidade, quanto nas cidades, alterando a realidade do local, e a relação existente entre a qualidade de vida urbana e os efeitos das mudanças climáticas, mostrando, portanto, uma forte ligação entre o clima e a vida urbana (JUNIOR, 2024).

Além disso, todas estas condições variáveis do clima influenciam diretamente as espécies do reino vegetal, podendo trazer situações de adaptação ou alteração na sua fisiologia e desenvolvimento. Um bom exemplo seria o efeito do aumento na concentração de CO₂ que contribui positivamente para a fotossíntese e o crescimento vegetal, além de reduzir a abertura estomática, levando a uma menor taxa de transpiração e aumentando a eficiência do uso da água (HABERMANN *et al.*, 2020). No entanto, esse aumento é condicionado às características das diferentes espécies e seus metabolismos, sejam C₃, C₄ ou CAM (AINSWORTH; LONG, 2005).



Apesar dos benefícios aparentes para as plantas, os efeitos do acúmulo de gases de efeito estufa não são exclusivamente positivos, pois sua presença não implica apenas a alteração de um fator. Juntamente com o aumento de CO₂, é necessário considerar o aumento de temperatura, as crises hídricas cada vez mais frequentes e prolongadas, e diversos outros efeitos que, ao longo do tempo, resultarão em alterações genéticas nas espécies, respostas moleculares, biológicas e fisiológicas diversas nos organismos vegetais (MARTINEZ *et al.*, 2015).

Quanto à temperatura média, seu efeito nas plantas está diretamente relacionado à produtividade, sendo muitas vezes um dos principais limitantes para os vegetais. Essa limitação pode ter efeitos tanto positivos quanto negativos, possibilitando um aumento na produção para espécies em regiões onde a temperatura média está abaixo do ideal ou uma redução quando a temperatura se eleva para uma faixa fora da necessidade da planta, associada a uma potencialização dos efeitos do déficit hídrico (HABERMANN *et al.*, 2020). Isso é evidenciado em pesquisas que analisam os efeitos diretos das mudanças climáticas na rentabilidade agrícola, indicando aumentos de produção para culturas como cana-de-açúcar, milho e soja na região Sul, onde as temperaturas predominantes são mais baixas, e decréscimo nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, onde as temperaturas médias são elevadas e os regimes pluviométricos são menores (ARAÚJO *et al.*, 2014).

A quantidade de chuvas, também alterada por desequilíbrios de fatores climáticos, tem o potencial de impactar a biodiversidade como um todo, afetando biomas importantes como a Amazônia, acelerando processos de desertificação e modificando o ciclo de pragas e doenças (TAVARES; ARRUDA; DA SILVA, 2019). Modelos matemáticos e projeções realizadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que o bioma Amazônia enfrentará aumentos de até 4°C na temperatura média, juntamente com uma redução de cerca de 40% no regime pluviométrico (MARENGO; SOUZA; 2018). Efeitos adversos das mudanças climáticas estão fortemente relacionados às latitudes de cada região no planeta, e especialmente nas baixas latitudes, a aridez subtropical será intensificada, elevando ainda mais a temperatura e dificultando não apenas o desenvolvimento das plantas, mas também a vida humana e animal (HANSEN; SATO, 2016).

Diversas mudanças no clima resultam de ciclos naturais, nos quais a Terra passa por períodos de resfriamento e aquecimento devido a atividades geológicas que emitem gases diretamente da crosta terrestre para a superfície, criando um efeito estufa natural (BLANK, 2015). Contudo, nos dias atuais, o efeito do acúmulo de gases, principalmente provenientes de atividades industriais e ou daquelas provenientes do seu avanço intensificado após o século XIX com a Revolução Industrial, tem perturbado o equilíbrio natural do clima, causando mudanças em escala global devido às atividades humanas, impactando toda a natureza e seus ecossistemas (VIANNA, 2019).

Diante desses relatos, torna-se necessário avaliar os efeitos fisiológicos das mudanças climáticas nas plantas, levando em conta fatores cruciais como o aumento de dióxido de carbono na atmosfera e as modificações simultâneas na temperatura e na pluviosidade médias. Dessa forma, o propósito desta revisão é examinar os impactos das principais alterações



ambientais decorrentes das mudanças climáticas nas plantas, buscando inferir sobre as reais consequências na flora global.

MATERIAIS E MÉTODO

O presente estudo adotou uma abordagem de pesquisa bibliográfica, utilizando referências de outros autores que abordaram temas relacionados ao assunto proposto como fonte de embasamento para a estruturação do texto (SEVERINO, 2017). O levantamento bibliográfico foi conduzido por meio da pesquisa de palavras-chave relacionadas ao tema em plataformas e bases de dados científicos, como Google Scholar, Scielo e Web of Science. Nesse processo, foram selecionados artigos científicos, livros, análises críticas e outras obras, utilizando como palavras chave para a busca os termos aquecimento global, clima, vulnerabilidade climática, impactos ambientais e biodiversidade. Durante a apuração do material para leitura, obras que continham temas relacionados a agricultura, biomas, metabolismo vegetal e efeitos do clima para a sociedade foram filtradas e destacadas para chegar aos assuntos de interesse.

Os resultados desta metodologia de pesquisa bibliográfica possibilitaram a exploração de quatro tópicos gerais, os quais serão abordados na seção de desenvolvimento, trazendo aspectos que relacionam o clima à fisiologia vegetal. No encerramento deste texto, foi fornecida uma base sólida para explorar e analisar criticamente as diversas dimensões das mudanças climáticas, elucidando seus efeitos no desenvolvimento de toda a flora, contribuindo para uma compreensão abrangente desse fenômeno global e permitindo o desenvolvimento de novas visões, soluções e práticas que poderiam mitigar seus efeitos, protegendo assim a biodiversidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Metabolismo das plantas

Com a crescente evidência do aquecimento global, os estudos sobre os efeitos do aumento de temperatura nas plantas têm ganhado destaque. Autores, como Ruiz-Vera *et al.* (2013), ressaltam que, apesar dos benefícios do aumento do CO₂ para algumas plantas, o aumento da temperatura pode intensificar a respiração celular e a fotorrespiração, especialmente em plantas com metabolismo C₃. Isso implica em uma possível redução no saldo fotossintético de espécies como feijão, soja, algodão, várias plantas arbóreas, mamona, arroz, girassol e outras, podendo até levar à inibição total da produção em situações mais críticas (GODIM; CAVALCANTE; BELTRÃO, 2010).

No entanto, ao comparar os metabolismos, as plantas C₄ mostram certa eficiência nessas condições em comparação às C₃, devido à sua maior eficiência na conversão de água em



biomassa. Além disso, as plantas C3 apresentam desvantagens fisiológicas e bioquímicas, principalmente nos processos de formação de moléculas energéticas como a nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH), produzido durante a fotossíntese e utilizado na redução do dióxido de carbono, parte das reações no cloroplasto (GONDIM; CAVALCANTE; BELTRÃO, 2010). A eficiência global pode resultar no uso de 400g de água para 1g de biomassa em uma planta C4, contra 1kg de água para produzir a mesma quantidade em uma planta C3 (TAYLOR, 2019).

A elevação na concentração de dióxido de carbono atmosférico inicialmente induz a uma maior eficiência fotossintética, resultando em um aumento na produção de açúcares e outros compostos orgânicos essenciais para o crescimento vegetal (YAMAGUCHI *et al.*, 2023). No entanto, existe uma forte tendência de limitação desse efeito, uma vez que o fornecimento de nutrientes essenciais, especialmente nitrogênio ou fósforo, pode não acompanhar o desenvolvimento (ZHENG *et al.*, 2023). Além disso, a forte associação existente entre a elevação na concentração de gases de efeito estufa com o aumento de temperatura pode reduzir significativamente a produção de biomassa e acúmulo de assimilados de certas espécies (LI; JIANG; LIU, 2016).

Existe uma grande diversidade agrícola entre diferentes regiões, ocasionadas pelas diferentes características edafoclimáticas de cada local. Estas diferenças serão cada vez mais influenciadas pelas mudanças climáticas globais, como o aumento do CO₂, temperatura e a seca, revelando respostas imprevisíveis que dificultam a previsão da resposta fenotípica das plantas, bem como da eficiência na produção de alimentos (AINSWORTH; LONG, 2021).

Diante dos desafios previstos no uso de plantas dos metabolismos C3 ou C4 devido às mudanças climáticas, surge o interesse no estudo de espécies com metabolismo CAM. Mesmo representando uma menor quantidade de gêneros de interesse econômico, como abacaxi e agave, o metabolismo CAM pode ser uma alternativa eficiente no uso da água (MATOS *et al.*, 2017). Pesquisas estão sendo conduzidas com o objetivo de introduzir geneticamente características desse metabolismo em espécies, especialmente C3, buscando adaptar essas plantas às condições de restrição hídrica. Dessa forma, essa abordagem se apresenta como uma alternativa crucial para o futuro da agricultura, considerando que a maioria dos cenários projetados para os próximos anos indica aquecimento, redução nas chuvas e, em muitos casos, desertificação de áreas anteriormente consideradas propícias para a produção.

Efeitos drásticos do aquecimento global

O aquecimento global traz à tona eventos meteorológicos naturais, mas com diferentes intensidades e frequências, sejam em ambientes urbanos, fauna ou flora. Assim, as culturas e as plantas, tanto urbanas quanto dos mais variados biomas sofrem diretamente os efeitos.

A crise climática tem sido apontada como um dos maiores desafios da atualidade, ocasionando alterações as quais impactam diversos setores da sociedade (STARZYK *et al.*,



2023). Contudo, os ecossistemas presentes, constantemente ameaçados pela ação antrópica, vem sofrendo ainda mais em decorrência dos efeitos provocados pelo aquecimento global (SILVA, *et al.*, 2024).

O El Niño por exemplo, de ocorrência iniciada no Oceano Pacífico, em regiões equatoriais, devido a uma anomalia climática, altera os regimes de chuva, pode causar secas e inundações em todo o planeta. Seu efeito é severo e pode atacar tanto plantas nativas como é o caso da Castanha do Pará (PASTANA, 2021) quanto culturas de interesse agrícola como a cevada (BUENO *et al.*, 2020). Ambas reduzem sua capacidade produtiva, seja por deficiência hídrica, excesso de chuvas ou aumento de temperatura.

Durante os anos de El Niño, caracterizados por um aumento significativo na precipitação no sul do Brasil (PEREIRA *et al.*, 2021), especialmente durante a primavera, as condições climáticas adversas afetam os cereais de inverno em níveis fisiológicos. O excesso de umidade, coincidindo com períodos sensíveis como a floração, enchimento de grão e maturação, propicia o ambiente ideal para o desenvolvimento de doenças da espiga, de forma que, a infecção por patógenos fúngicos interfere diretamente nos processos metabólicos das plantas, comprometendo a eficiência fotossintética e a translocação de nutrientes, resultando em perdas substanciais na produção de grãos, bem como a degradação de sua qualidade (RICCE *et al.*, 2016).

Eventos de seca, cada vez mais intensos e frequentes serão cada vez mais associados com a mudança em ecossistemas estáveis, como as florestas, onde um processo de redução no número de indivíduos superiores abrirá espaço para outros inferiores, por exemplo, a senescência de árvores abrindo clareiras onde gramíneas ou ervas se desenvolvem (PROHASKA *et al.*, 2023). Sendo assim, uma vez que mais escassas as chuvas, os eventos de seca tornam-se mais frequentes e cada vez mais acentuados, o que por sua vez, causam diversas consequências nos ecossistemas florestais (TIAN-YE *et al.*, 2023).

Outro fator altamente influenciado pelo aquecimento global e às mudanças no clima é a frequência e duração de incêndios ambientais. Esses eventos se agravam com a redução das chuvas em uma região e com as atividades antrópicas, como extração madeireira e uso da terra, gerando intensificação do fogo e perdas em biodiversidade. Mesmo com as adaptações fisiológicas e morfológicas de plantas provenientes de locais onde as chuvas frequentemente queimam a vegetação, o fogo intenso e recorrente pode diminuir o potencial de resiliência da área, reduzir a flora local, alterar a guilda de polinizadores, destruir os atributos microbiológicos do solo e até favorecer a entrada de espécies invasoras (ALVINO-RAYOL; RAYOL, 2020). Portanto, cascas mais grossas, proteção dos meristemas, floração maior e antecipada e estímulos à germinação, apesar de serem bons indícios de adaptação e resistência ao fogo podem não ser suficientes futuramente contra o fogo mais avassalador (BAILÃO, 2023).



Cenário agrícola

Os impactos resultantes das alterações no clima são significativos sobre os recursos hídricos, e em setores que atuam diretamente sobre a alimentação e qualidade de vida como o de energia e a produção agrícola (SANTOS; SOUZA, 2024). Com isso, segundo Haack *et al.* (2023), as análises demonstram que tais mudanças afetam negativamente a produção agrícola do país a médio e longo prazo, além de toda a biodiversidade nativa, uma vez que o Brasil possui distintas zonas climáticas que serão afetadas das mais variadas maneiras.

Diversas culturas terão mudanças nos seus manejos e na produtividade. Muito se deve aos aumentos de temperatura em diferentes regiões e também a restrição hídrica. No arroz por exemplo, Walter (2010) ressalta que os aumentos de CO₂ poderiam beneficiar a produção do cereal, porém, como é bem observado, esse efeito deve ser anulado devido à interferência negativa gerada pela elevação da temperatura que, inevitavelmente irá acontecer. O autor ressalta que temperaturas mais altas diminuem o ciclo vegetativo da cultura, gerando esterilização das espiguetas, ou seja, reduz a produtividade.

Grandes commodities agrícolas também podem ser influenciadas por essas mudanças. Soja, milho e trigo, apesar de certo efeito fertilizante proporcionado pela maior concentração de dióxido de carbono, terão queda de produção nos próximos 100 anos, por conta da previsão de elevação da temperatura entre 2 a 6°C durante o ciclo das culturas (STRECK; ALBERTO, 2006).

No contexto social da questão da produção de alimentos, uma das principais preocupações está na disponibilidade, que pode ser afetada com as alterações climáticas. Governos e lideranças têm buscado desenvolver iniciativas nesse sentido, como é o caso da iniciativa 4%, que busca formas de compensar as emissões atuais de CO₂, aliado a ideia de garantir a segurança alimentar e uso sustentável do meio ambiente, por meio de agricultura sustentável (CHABBI *et al.*, 2017).

Mesmo com tantos indícios dos efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira e mundial, faz-se necessários mais trabalhos a respeito dessa temática, a fim de promover conhecimentos que ajudem no enfrentamento das intempéries, principalmente para os pequenos produtores que carecem de assistência técnica e especializada (MIRANDA *et al.*, 2018).

Mudanças climáticas e biomas

As alterações do clima afetam o planeta de forma evidente, e segundo Valverde e Marengo (2014) vários indícios vem mostrando que tais mudanças climáticas afetam tem efeitos devastadores, sobretudo em países subdesenvolvidos e que estão situados nos trópicos. De forma mais aplicada, Reboita *et al.* (2014) mostram que as variações de clima esperadas para o futuro do país tornarão várias regiões vulneráveis a condições extremas como os efeitos de El Niño e La Niña, inundações, seca, geada e granizo.



Os impactos dessas adversidades climáticas estão sendo diretamente ligadas ao aumento do efeito estufa (ARRUDA *et al.*, 2024), o que por sua vez resulta em mudanças que vão gradativamente alterando o comportamento e a composição de alguns biomas, como a aridez, declínio da produção vegetal, fertilidade do solo, interações bióticas e redução da cobertura vegetal (BERDUGO *et al.*, 2020).

O aumento de chuvas em algumas regiões, ocasionados por alterações em larga escala no clima como o fenômeno La Niña, pode intensificar significativamente o crescimento de espécies invasoras. Regiões como a savana africana estão diretamente sujeitas à invasão de arbustos lenhosos, o que representa uma preocupação substancial para as condições das pastagens e para a biodiversidade regional, já que avanço descontrolado de arbustos pode alterar a composição e a estrutura das gramíneas, comprometendo a oferta de recursos essenciais para diversas espécies animais e vegetais (TEWS; JELTSCH, 2004). Tal fenômeno coloca em risco o equilíbrio delicado desse ecossistema, ameaçando não apenas a sustentabilidade das pastagens, mas também a diversidade biológica que caracteriza a região.

Dessa forma, no Brasil, regiões de clima quente e seco principalmente se tornarão cada vez mais sensíveis, como é o caso do bioma Caatinga, do nordeste do país, onde possivelmente haverá pressão e formação de desertos (OYAMA; NOBRE, 2003).

Outros autores como Salazar, Nobre e Oyama (2006) também aguardam alterações em ecossistemas, aliadas a impactos em toda a biodiversidade, na agricultura e nos recursos hídricos. Segundo o autor, a distribuição dos biomas Sul-americanos pode mudar com os efeitos das mudanças no clima e com o uso da terra, fatores que podem levar a uma “savanização” de algumas regiões da Amazônia, acrescido de grande restrição hídrica, que impactará gravemente na agricultura.

Sendo assim, é esperado que a mudança climática seja um fator determinante para as espécies o que resulta em impactos severos para a flora e fauna local (HIDASI-NETO; GOMES; PINTO, 2024). Segundo Arruda *et al.* (2024), a área prevista a ser afetada pelas mudanças climáticas no país é equivalente a soma das áreas da América Central juntamente com a do México, o que levaria a substituição progressiva na vegetação da bacia amazônica e a expansão de biomas como caatinga. De tal forma, seguir sem uma busca concreta por soluções mitigadoras desse avanço da alternância climática deve trazer um impacto irreversível, que representa extinção para milhares de espécies animais e vegetais (DALLYN *et al.*, 2024).



CONCLUSÕES

O cenário previsto para os fatores ambientais traz evidências suficientes para demonstrar que o aquecimento global será o desencadeador de mudanças climáticas devastadoras para os ecossistemas. Além disso, a agricultura também será afetada, demandando mudanças de manejo e maior atenção com pragas e doenças.

A seca pode ser futuramente uma realidade muito maior para algumas regiões e uma novidade para outras, exigindo assim o desenvolvimento de técnicas que mitiguem seus efeitos, bem como novas cultivares e sistemas de irrigação eficientes, de forma que mesmo com as maiores dificuldades de cultivo a agricultura não perca sua produtividade e continue garantindo o fornecimento de alimentos para toda a população.

Para isso, conhecer os efeitos fisiológicos dos impactos ambientais é fundamental, uma vez que essas informações serão a base do desenvolvimento das tecnologias necessárias. Assim, estudos biotecnológicos e agrônômicos serão responsáveis para garantir o sucesso do desenvolvimento das plantas nos cenários de degradação ambiental.

Porém, mesmo com a possibilidade de evoluir as técnicas de produção, este modelo global de desenvolvimento não é sustentável, de forma que em alguns anos a vida pode simplesmente chegar a ser inviável no planeta. Biomas estão se degradando e pouco a pouco a natureza deixa de ser capaz de absorver os impactos da atividade humana. Por isso, mudanças drásticas devem ser tomadas pelos governantes das nações, buscando reduzir os impactos causados por suas atividades, além de uma conscientização de todos os cidadãos, a fim de beneficiar a vida e a natureza do planeta.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

AINSWORTH, E. A.; LONG, S. P. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. **New phytologist**, v. 165, n. 2, p. 351-372, 2005.

AINSWORTH, E. A.; LONG, S. P. 30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): What have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation? **Global Change Biology**, v. 27, n. 1, p. 27-49, 2021.



ALVINO-RAYOL, O. F.; RAYOL, B. P. Efeito do fogo na vegetação espontânea em sistema agroflorestal, Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 1, p. 1-7, 2020.

ARAÚJO, P. H. C. *et al.* Uma análise do impacto das mudanças climáticas na produtividade agrícola da região nordeste do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 45, n. 3, p. 46-57, 2014.

ARRUDA, D. M. *et al.* Vegetações amazônicas e terras indígenas ameaçadas pelas próximas mudanças climáticas: Previsão de impacto nos biomas brasileiros. **Austral Ecology**, v. 49, n. 1, p. e13394, 2024.

BAILÃO, A. S. Histórias do fogo e das transformações de paisagens no Brasil Central para naturalistas estrangeiros no século XIX. **Estudos Históricos (Rio de Janeiro)**, v. 36, p. 370-391, 2023.

BERDUGO, M. *et al.* Global ecosystem thresholds driven by aridity. **Science**, v. 367, n. 6479, p. 787-790, 2020.

BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 157-172, 2015.

BUENO, J. C. M. *et al.* Riscos de déficit hídrico durante o ciclo de desenvolvimento da cevada em Guarapuava-PR, em diferentes condições climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 817-832, 2020.

CHABBI, A. *et al.* Aligning agriculture and climate policy. **Nature climate change**, v. 7, n. 5, p. 307-309, 2017.

DALLYN, S. *et al.* Conscientisation and Communities of Compost: Rethinking management pedagogy in an age of climate crises. **Management Learning**, v. 55, n. 1, p. 104-123, 2024.

GONDIM, T. M. S.; CAVALCANTE, L. F.; BELTRAO, N. E. M. Aquecimento global: salinidade e consequências no comportamento vegetal. **Embrapa Algodão**, 2010.

HAACK, D. M. P. *et al.* Gestão da produção brasileira de café: uma questão de segurança alimentar em um cenário marcado pelas alterações do clima. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 8, p. 13221-13235, 2023.

HABERMANN, E. *et al.* Efeito das Mudanças Climáticas em Plantas Cultivadas e Nativas: Atual Estado das Pesquisas Brasileiras. **Avanços e Atualidades na Botânica Brasileira**, p. 109-124, 2020.

HANSEN, J.; SATO, M. Regional climate change and national responsibilities. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 3, p. 034009, 2016.



HIDASI-NETO, J.; GOMES, N. M. A.; PINTO, N. S. A vegetação nativa do Cerrado é um refúgio para as aves na trajetória atual da mudança climática. **Austral Ecology**, v. 49, n. 1, p. e13336, 2024.

JUNIOR, P. C. Z. (Des) articulações entre crise climática e riscos urbano ambientais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 34, p. 134-158, 2024.

LI, X.; JIANG, D.; LIU, F. Dynamics of amino acid carbon and nitrogen and relationship with grain protein in wheat under elevated CO₂ and soil warming. **Environmental and Experimental Botany**, v. 132, p. 121-129, 2016.

MARENGO, J. A.; SOUZA, J. C. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo, 2018.

MARTINEZ, C. A. *et al.* Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 8, p. 635-650, 2015.

MATOS, F. S. *et al.* Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 19-27, 2017.

MIRANDA, S. *et al.* Apontamentos sobre mudanças climáticas na agricultura brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, 2018.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. A new climate-vegetation equilibrium state for tropical South America. **Geophysical research letters**, v. 30, n. 23, 2003.

PASTANA, D. N. B. *et al.* Strong El Niño reduces fruit production of Brazil-nut trees in the eastern Amazon. **Acta Amazonica**, v. 51, p. 270-279, 2021.

PEREIRA, V. C. M. *et al.* As chuvas de verão sob a influência do fenômeno El Niño, entre 2005 e 2018, e o risco de inundações no município de São Gonçalo-RJ (Brasil). **Territorium**, n. 28 (II), p. 27-41, 2021.

PROHASKA, A. *et al.* Long-term ecological responses of a lowland dipterocarp forest to climate changes and nutrient availability. **New Phytologist**, v. 240, n. 6, p. 2513-2529, 2023.

REBOITA, M. S. *et al.* Climate projections for South America: RegCM3 driven by HadCM3 and ECHAM5. **Advances in Meteorology**, v. 2014, 2014.

RICCE, W. S. *et al.* Estimativas de perdas na agricultura por chuvas excessivas no Alto Vale do Rio Itajaí em 2015. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 2, p. 42-45, 2016.

RUIZ-VERA, U. M. *et al.* Global warming can negate the expected CO₂ stimulation in photosynthesis and productivity for soybean grown in the Midwestern United States. **Plant Physiology**, v. 162, n. 1, p. 410-423, 2013.



SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Consequências das mudanças climáticas nos biomas da América do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. 2006.

SANTOS, R. R.; SOUZA, A. L. R. O papel do consórcio nordeste para enfrentamento das mudanças climáticas no Brasil: um estudo exploratório no contexto dos ODS. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 2, p. e3517-e3517, 2024.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.

SILVA, G. S. **Influência dos contaminantes ambientais Benzo [a] pireno e Roundup® sobre Colossoma macropomum submetida à hipóxia e mudanças climáticas: respostas genéticas, fisiológicas e histológicas**. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2016.

SILVA, R. S. M. *et al.* Alterações do uso e cobertura do solo em áreas de Campos de Altitude no perímetro urbano do município de Poços de Caldas/MG, 2007-2020. **Revista Espinhaço**, 2024.

STARZYK, A. *et al.* The Evolution of Multi-Family Housing Development Standards in the Climate Crisis: A Comparative Analysis of Selected **Issues**. **Buildings**, v. 13, n. 8, p. 1985, 2023.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1351-1359, 2006.

TAVARES, V. C.; DE ARRUDA, Í. R. P.; DA SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

TAYLOR, J. R. N. Sorghum and millets: Taxonomy, history, distribution, and production. In: **Sorghum and millets**. AACC International Press, p. 1-21, 2019.

TEWS, J.; JELTSCH, F. Modelling the impact of climate change on woody plant population dynamics in South African savanna. **BMC ecology**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2004.

TIAN-YE, Z. *et al.* Response of Forest Plant Diversity to Drought: A Review. **Water**, Basel, v. 15, n. 19, p. 3486, 2023.

VALVERDE, M. C.; MARENGO, J. A. Extreme rainfall indices in the hydrographic basins of Brazil. **Open Journal of Modern Hydrology**, v. 2014, 2014.

VIANNA, B. S. **Efeitos das mudanças climáticas na fisiologia, comportamento e distribuição de caranguejos chama-maré**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, 2019.



WALTER, L. C. *et al.* Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2411-2418, 2010.

YAMAGUCHI, M. *et al.* Combined effects of elevated air temperature and CO₂ on growth, yield, and yield components of japonica rice (*Oryza sativa* L.). **Asian Journal of Atmospheric Environment**, v. 17, n. 1, p. 17, 2023.

ZHENG, W. *et al.* Allocation patterns of nonstructural carbohydrates in response to CO₂ elevation and nitrogen deposition in *Cunninghamia lanceolata* saplings. **Journal of Forestry Research**, v. 34, n. 1, p. 87-98, 2023.