



Sistema agroalimentar e mudanças climáticas: o foco nas abordagens da agroecologia e da agricultura regenerativa

Giselle Aguiar

Mestre, USP, Brasil
gisellecsaguiar@hotmail.com

Sonia Paulino

Professora Doutora, USP, Brasil.
sonia.paulino@usp.br

Recebido: 07 de maio de 2024

Aceito: 02 de setembro de 2024

Publicado online: 20 de novembro de 2024

DOI: 10.17271/1980082720420245246

<https://doi.org/10.17271/1980082720420245246>

Licença

Copyright (c) 2024 Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista



Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution 4.0 International License

Sistema agroalimentar e mudanças climáticas: o foco nas abordagens da agroecologia e da agricultura regenerativa

RESUMO

O futuro da segurança alimentar global depende de um sistema agroalimentar (SAG) que está atualmente sob ameaça direta das mudanças climáticas. Esse sistema, fundamental para sustentar a população mundial, enfrenta desafios que colocam em risco tanto sua funcionalidade quanto sua sustentabilidade. O SAG, muitas vezes apontado como um dos principais causadores das mudanças climáticas, também se revela altamente vulnerável aos seus impactos. Diante dessa realidade, alternativas sustentáveis e resilientes são, cada vez mais, necessárias. Há uma lacuna de conhecimento quanto às possibilidades de transformar o SAG em consonância com a resiliência climática. Quais aspectos são destacados para entender o papel de abordagens alternativas, agroecologia e agricultura regenerativa (AR), na reconfiguração do sistema agroalimentar (SAG) tendo em conta o desafio das mudanças climáticas? Este trabalho busca responder a essa questão, elucidando os principais aspectos dessas abordagens. Para isso uma revisão sistemática da literatura foi realizada nas bases: Web of Science e Scopus, seguida de uma análise *SWOT* (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças). Os aspectos-chave identificados na revisão são: práticas produtivas, atores, benefícios e desafios. Entre as forças, destacam-se as práticas produtivas sustentáveis e a diversidade de atores que promovem essas abordagens. As fraquezas incluem barreiras à implementação e a escassez de evidências concretas sobre sua eficácia na mitigação das mudanças climáticas. Contudo, a necessidade de ampliar a produção de evidências científicas configura uma oportunidade. Já as ameaças estão relacionadas às barreiras políticas para a disseminação da agroecologia e à falta de consenso sobre as técnicas da AR.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças Climáticas. Agricultura Sustentável. Análise *SWOT*.

Agri-food System and Climate Change: A Focus on Agroecology and Regenerative Agriculture Approaches

ABSTRACT

The future of global food security depends on an agri-food system (AFS) that is currently under direct threat from climate change. This system, essential for sustaining the world population, faces challenges that jeopardize both its functionality and sustainability. The AFS, often cited as one of the primary contributors to climate change, is also found to be highly vulnerable to its impacts. In light of this reality, sustainable and resilient alternatives are increasingly necessary. There exists a knowledge gap regarding the possibilities of transforming the AFS in alignment with climate resilience. What aspects are highlighted to understand the role of alternative approaches, agroecology, and regenerative agriculture (RA) in the reconfiguration of the agri-food system (AFS) in the context of the challenges posed by climate change? This paper aims to address this question by elucidating the main aspects of these approaches. A systematic literature review is conducted in the Web of Science and Scopus databases, followed by a SWOT analysis (strengths, weaknesses, opportunities, and threats). The key aspects identified in the review include: productive practices, actors, benefits, and challenges. Among the strengths, sustainable productive practices and the diversity of actors promoting these approaches stand out. The weaknesses include barriers to implementation and the lack of concrete evidence regarding their effectiveness in mitigating climate change. However, the need to expand the production of scientific evidence presents an opportunity. The threats are related to political barriers to the dissemination of agroecology and the lack of consensus on RA techniques.

KEYWORDS: Climate Change, Sustainable Agriculture, SWOT Analysis.

Sistema agroalimentario y cambio climático: el enfoque en las aproximaciones de la agroecología y la agricultura regenerativa

RESUMEN

El futuro de la seguridad alimentaria global depende de un sistema agroalimentario (SAG) que actualmente está bajo amenaza directa por el cambio climático. Este sistema, fundamental para sostener a la población mundial, enfrenta desafíos que ponen en riesgo tanto su funcionalidad como su



sostenibilidad. El SAG, frecuentemente señalado como uno de los principales causantes del cambio climático, también resulta ser altamente vulnerable a sus impactos. Ante esta realidad, son cada vez más necesarias alternativas sostenibles y resilientes. Existe una brecha de conocimiento sobre las posibilidades de transformar el SAG en consonancia con la resiliencia climática. ¿Qué aspectos se destacan para entender el papel de las aproximaciones alternativas, la agroecología y la agricultura regenerativa (AR), en la reconfiguración del sistema agroalimentario (SAG) considerando el desafío del cambio climático? Este trabajo busca responder a esta cuestión, elucidando los principales aspectos de estas aproximaciones. Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases Web of Science y Scopus, seguida de un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas). Los aspectos clave identificados en la revisión son: prácticas productivas, actores, beneficios y desafíos. Entre las fortalezas destacan las prácticas productivas sostenibles y la diversidad de actores que promueven estas aproximaciones. Las debilidades incluyen las barreras para su implementación y la escasez de evidencias concretas sobre su eficacia en la mitigación del cambio climático. Sin embargo, la necesidad de ampliar la producción de evidencias científicas constituye una oportunidad. Las amenazas están relacionadas con las barreras políticas para la difusión de la agroecología y la falta de consenso sobre las técnicas de la AR.

PALABRAS CLAVE: Cambio Climático. Agricultura Sostenible. Análisis FODA.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Agroalimentar Global (SAG) abrange o conjunto de atores e atividades interligadas de agregação de valor, desde a produção primária de alimentos e produtos não alimentícios na agricultura, pesca e silvicultura, até o armazenamento, o transporte, o manuseio, o pós-colheita, o processamento, a distribuição, a comercialização e o consumo de alimentos (Ericksen, 2008; Popkin et al., 2017). Esse sistema desempenha papel crucial na sustentação das sociedades, fornecendo alimentos essenciais para a população global, mas enfrenta desafios complexos que se intensificarão nos próximos anos. A mudança do clima é uma das maiores ameaças enfrentadas pelas sociedades humanas, exigindo ações imediatas em todos os setores (Rosenzweig et al., 2020), emergindo como uma preocupação significativa devido aos seus impactos na produção de alimentos e na segurança alimentar global (Bajzelj et al., 2014; Willet et al., 2019; Rosenzweig et al., 2020; Crippa et al., 2021 e Zurek et al., 2022).

O sistema agroalimentar global destaca-se pela sua força socioeconômica. Isso se deve ao elevado volume de produtos agroalimentares importados e exportados, bem como ao número significativo de colaboradores envolvidos em uma cadeia complexa, que abrange diversos atores, processos e setores. O SAG é predominantemente representado por um pequeno grupo de empresas agroalimentares que mantêm estreitas conexões políticas. O modelo agroalimentar atual gera impactos ambientais e sociais negativos, bem como tem levado à redução da oferta de alimentos diversificados para o mercado interno e ao aumento na oferta de commodities, em especial, grãos e biocombustíveis, para o mercado externo (Xavier et al., 2018; Quevedo et al., 2022).

Esse modelo, também conhecido por agricultura industrial, repousa sobre práticas que englobam a lavoura intensiva, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos, controle de pragas, manipulação genética de plantas domesticadas e animais, bem como o confinamento de animais (Gliessman et al., 2022). Essas práticas, além de serem dependentes de recursos naturais como: água, energia, terra e insumos exógenos, acarretam impactos climáticos que suscitam questionamentos sobre sua sustentabilidade a curto e médio prazo (FAO, 2017).

Existem três dimensões principais pelas quais o sistema agroalimentar contribui para as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Esta última dimensão inclui: (i) atividades agrícolas e pecuárias; (ii) ordenamento do território e dinâmicas de uso do solo; e (iii) processos de pré e pós-produção. Esta última dimensão compreende etapas como: transporte de alimentos, processamento e fabricação de insumos, bem como o consumo doméstico e a gestão de resíduos (Mbow et al. 2020; Tubiello et al., 2021; Zurek, 2022).

As emissões decorrentes das práticas agrícolas, do reflorestamento e outros usos da terra são majoritariamente compostas por gases de efeito estufa que não incluem o dióxido de carbono (CO₂). Predominantemente, o metano é gerado pela fermentação entérica durante os processos digestivos de animais ruminantes e pelo cultivo submerso de arroz. As emissões de óxido nitroso provêm principalmente da aplicação de fertilizantes nitrogenados e na gestão de dejetos animais, enquanto as emissões de dióxido de carbono estão intrinsecamente ligadas ao desmatamento (WRI, 2018; Assad, 2019; Mbow et al., 2020).

O sistema agroalimentar é vulnerável aos eventos climáticos devido à sua dependência direta do clima (Soussana, 2014; Zurek et al., 2022). O Sexto Relatório de Análise (AR6) do IPCC alerta para os impactos negativos das mudanças climáticas na produção de alimentos e na desnutrição das populações (IPCC, 2018, 2021). O aumento da temperatura global acima de 1,5 °C, que pode resultar em eventos climáticos extremos mais frequentes e devastadores, está previsto para transformar ecossistemas terrestres e afetar a produtividade agrícola, a pesca e a aquicultura, além de impactar a cadeia de abastecimento alimentar (FAO, 2017). O AR6 também destaca que os países em desenvolvimento, especialmente os dependentes da agricultura, serão mais impactados, afetando especialmente os pequenos agricultores. Clark et al. (2020), em um estudo sobre a contribuição do sistema agroalimentar para as emissões globais, indicam que o SAG pode comprometer as metas climáticas globais.

Embora o SAG seja apontado como um dos responsáveis pelas mudanças climáticas, ele também é altamente vulnerável aos seus impactos climáticos. A produção agroalimentar é afetada por eventos extremos, tais como períodos prolongados de secas, precipitações, ondas de calor, geadas e ciclones que podem levar à redução do rendimento das lavouras e estimular a proliferação de plantas invasoras e pragas. Outras consequências da variação climática incluem a intensificação da degradação da terra, devido ao aumento da erosão do solo, especialmente em áreas costeiras, além do aumento da salinidade do solo em terras irrigadas de climas mais áridos e mais propensos à desertificação em algumas áreas secas (Mirzabaev et al., 2023).

A preocupação emerge pelo fato de que os eventos climáticos extremos estão se tornando mais intensos e frequentes, afetando de forma desigual as diferentes regiões do globo (IPCC, 2021). As mudanças climáticas têm modificado a estrutura dos ecossistemas, provocando variações fenológicas, alterações nas dinâmicas populacionais e no ciclo de vida de animais e plantas. Somadas à conversão do uso do solo, essas mudanças estão acelerando a redução de populações nativas, a perda de serviços ecossistêmicos e, em casos extremos, a extinção de espécies em escala global. Entre essas perdas, incluem-se variedades agrícolas locais, raças crioulas e conhecimentos tradicionais associados aos agroecossistemas. Tais impactos estão principalmente relacionados à expansão da agricultura industrial, ao êxodo rural crescente e ao surgimento de novos refugiados climáticos (Berchin et al., 2019). Diante dessas consequências, os estudos sobre mudanças climáticas têm se destacado como uma das questões globais mais desafiadoras há mais de duas décadas, especialmente em relação à insustentabilidade do Sistema Agroalimentar Global. Nesse contexto, torna-se urgente a busca por alternativas sustentáveis e resilientes, que revelem as lacunas de conhecimento e possibilitem uma melhor compreensão das transformações necessárias no SAG em consonância com a resiliência climática.

Diante disso, é essencial compreender melhor as possibilidades de reformulação do sistema agroalimentar consoante a resiliência climática. À medida que os efeitos combinados das mudanças climáticas se tornam mais evidentes em todos os setores e geografias, novas abordagens que buscam fornecer respostas mais abrangentes estão emergindo (Altieri et al., 2022). As atividades do sistema agroalimentar global (SAG) relacionadas à produção agropecuária têm gerado riscos significativos, como o esgotamento dos recursos hídricos, a

poluição do ar, a degradação do solo e a redução da biodiversidade em escala global (Bajzelj et al., 2014; FAO, 2017). Nesse contexto, as abordagens direcionadas as mudanças nos sistemas agroalimentares, a fim de alcançar resultados ambientais, socioeconômicos e de saúde humana, têm ganhado relevância (Willett et al., 2019).

Abordagens como a agroecologia e a agricultura regenerativa são apresentadas como alternativas viáveis para transformar o sistema agroalimentar, promovendo práticas sustentáveis e resilientes (Altieri et al., 2022; Willett et al., 2019). No entanto, existem barreiras significativas à implementação de sistemas agrícolas alternativos (Reganold e Wachter, 2016). A questão que orienta este estudo é: quais aspectos são destacados para entender o papel das abordagens alternativas, como a agroecologia e a agricultura regenerativa (AR), na reconfiguração do sistema agroalimentar (SAG), considerando o desafio das mudanças climáticas? Essa questão visa esclarecer aspectos-chave dessas duas abordagens. O foco na agroecologia e na agricultura regenerativa se justifica pela crescente relevância que esses enfoques têm adquirido em relação aos benefícios das práticas agrícolas e à resiliência climática.

Altieri et al. (2022) percebem a agroecologia como uma abordagem promissora na reconfiguração do sistema agroalimentar global em face das mudanças climáticas. Ao priorizar métodos que incluem diversificação de culturas, conservação da água e integração animal, a agroecologia não apenas fortalece a resiliência dos sistemas agrícolas às variações climáticas, mas também contribui para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental em escala global. Por outro lado, a agricultura regenerativa, conforme observado por Giller et al. (2021), emerge como um termo “da moda” e uma resposta fundamental aos desafios contemporâneos enfrentados pela agricultura. Seu ressurgimento recente é impulsionado pela crescente compreensão da necessidade de abordagens mais sustentáveis e integradas. Além de oferecer soluções para questões sociais e econômicas, a agricultura regenerativa desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas. Ao se concentrar na saúde do solo, na diversificação de culturas e na redução do uso de insumos químicos, essa abordagem não apenas sequestra o carbono atmosférico, mas também fortalece a resiliência dos sistemas agrícolas diante dos desafios climáticos emergentes.

A seção 2 aborda a metodologia, seguida pela apresentação e discussão dos resultados na seção 3 e, por fim, pela conclusão na seção 4.

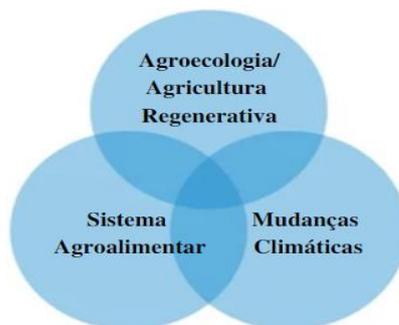
2 METODOLOGIA

O método da pesquisa consiste em uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados Web of Science e Scopus, considerando publicações do período de 2018 a 2022.

2.1 Revisão Sistemática

A revisão sobre abordagens na transformação do sistema agroalimentar concentrou-se na interseção de três temas principais: i) agroecologia/agricultura regenerativa, ii) sistema agroalimentar e iii) mudanças climáticas (Figura 1).

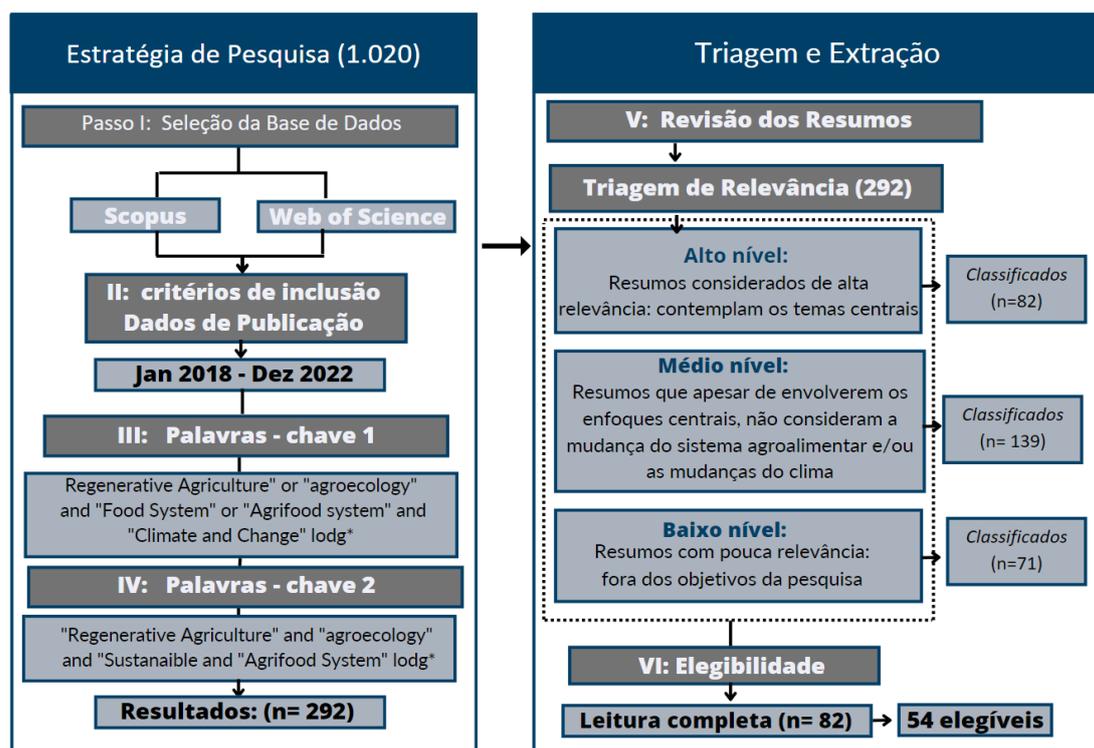
Figura 1 - Recorte temáticos da revisão sistemática



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2024.

A busca abrangeu artigos científicos escritos em inglês e português, encerrando-se em fevereiro de 2023. Foram utilizadas palavras-chave nas bases de dados SCOPUS e Web of Science, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 - Revisão sistemática e seleção dos artigos



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2024.

Um total de 1.020 artigos foi identificado, dos quais 606 estão na Web of Science e 414 na Scopus. A análise de 54 desses artigos resultou na organização dos dados em quatro categorias de análise: práticas, atores, benefícios e desafios, além da aplicação da matriz SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças).

2.2 Categorias de análise

Os dados foram organizados e discutidos com base em quatro categorias de análise, conforme definido no Quadro 1, e explorados em maior detalhe na Seção 3, utilizando a matriz SWOT.

Quadro 1 – Categorias de Análise

Categoria	Definição
Práticas	Consistem em um conjunto de princípios, normas e recomendações técnicas que devem ser aplicadas desde a produção de insumos agrícolas até o transporte dos alimentos e entrega dos produtos ao consumidor.
Atores	Incluem os indivíduos e organizações que participam da construção da agroecologia e da agricultura regenerativa.
Benefícios	Benefícios: Referem-se às vantagens, ganhos ou resultados positivos obtidos a partir da aplicação das práticas de uma abordagem agrícola considerando o contexto da transição para sistemas alimentares mais sustentáveis e resiliências ao clima.
Desafios	Desafios: Os desafios são obstáculos, dificuldades ou situações complexas que exigem esforço ou resolução para serem superados, com base no contexto da aplicação de cada abordagem estudada como forma de transição para sistemas alimentares mais sustentáveis e resilientes ao clima.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2024.

A análise SWOT considera fatores internos e externos que podem ser favoráveis ou desfavoráveis para alcançar um objetivo (Ghorbani et al., 2015). Essa análise examina a influência do ambiente interno e externo, onde os pontos fortes e fracos são oriundos do ambiente interno da operação, englobando aspectos como imagem, estrutura, disponibilidade de recursos tangíveis e intangíveis, capacidade e produtividade. Por outro lado, oportunidades e ameaças, referem-se a fatores externos, relacionados a cenários políticos, volatilidade econômica, mudanças sociais e tecnológicas, bem como preocupações ambientais (Lynch, 2012). Este estudo utiliza a análise SWOT para avaliar os pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças da agroecologia e da agricultura regenerativa, à luz da necessidade de transformar o Sistema Agroalimentar (SAG) e considerando as mudanças climáticas.

3 A RECONFIGURAÇÃO DO SISTEMA AGROALIMENTAR SOB AS PERSPECTIVAS DA AGROECOLOGIA E DA AGRICULTURA REGENERATIVA

Uma reavaliação crítica do paradigma vigente na produção convencional de alimentos é imperativa, demandando a adoção de práticas sustentáveis que otimizem o uso dos recursos naturais. Essa necessidade implica na preservação e regeneração dos ecossistemas, no fortalecimento da resiliência das áreas agrícolas, a mitigação das vulnerabilidades e em uma abordagem proativa frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas. Nesse cenário, a agroecologia e a agricultura regenerativa despontam como alternativas promissoras para

alcançar esses objetivos. Foram exploradas categorias de análise que abrangem as práticas implementadas, os agentes envolvidos, os benefícios gerados e os desafios encontrados. Essas categorias refletem os aspectos predominantes destacados na revisão crítica da literatura sobre agroecologia e agricultura regenerativa, reforçando a urgência de uma transformação no sistema agroalimentar global em resposta às demandas das mudanças climáticas.

3.1 Agroecologia

O Quadro 2 apresenta as fontes utilizadas para embasar a revisão da literatura e a delimitação das categorias de análise, com ênfase na perspectiva agroecológica. Diversos autores têm investigado a adoção de práticas agroecológicas como um mecanismo para promover a transição dos sistemas agroalimentares, tornando-os mais resilientes às mudanças climáticas (Altieri e Nicholls, 2018; Aguilera et al., 2020; Amoak et al., 2022; Snapp, 2021). Argumenta-se que as práticas tradicionais, enraizadas nos sistemas agrícolas, constituem um ponto de partida essencial para a implementação da agroecologia e para o desenvolvimento de novos arranjos agrícolas.

Quadro 2 – Categorias de análise e fontes referentes à agroecologia

Categoria	Fontes (29)
Práticas	Aguilera et al., 2020; Altieri et al., 2022; Altieri e Nicholls, 2018; Amoak et al., 2022; Anderson et al., 2019; Belmin et al., 2023; Clapp e Martin, 2022; Debray et al., 2019; Gliessmann, 2018; Gliessman et al., 2022; Kerr et al., 2023; Knapp e Van Der Heijden, 2018; Kpienbaareh, 2022; Lessmann et al., 2022; Márquez-Barrenechea et al., 2020; Nicholls e Altieri, 2019; Salazar et al., 2020; Snapp et al., 2021; Tittonell et al., 2022; Wezel et al., 2020.
Atores	Aguilera et al., 2020; Amoak et al., 2022; Anderson et al., 2019; Darnhofer et al., 2019; Lal, 2020; Márquez-Barrenechea et al., 2020; Milhorance et al., 2020; Ross et al., 2022; Snapp et al., 2021; Tittonell et al., 2022; Wezel et al., 2020.
Benefícios	Amoak et al., 2022; Cardoso et al., 2018; Gliessmann, 2018; Kerr et al., 2023; Knapp e Van Der Heijden, 2018; Kpienbaareh, 2022; Lal, 2020; Lessmann et al., 2022; Márquez-Barrenechea et al., 2020.
Desafios	Altieri, 2022; Anderson e Rivera et al., 2021; Belmin et al., 2023; Gliessman et al., 2022; Knapp, 2018; López-García, 2021; Milhomens et al., 2021; Nicholls e Altieri, 2019; Orion, 2021; Salazar et al., 2020; Snapp et al., 2021; Tittonell et al., 2022; Wezel et al., 2020;

Fonte: Compilação das autoras, 2024.

Práticas: A abordagem agroecológica emergiu como um paradigma essencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas na agricultura, destacando a implementação de práticas diversificadas e integrativas. Entre essas práticas, destacam-se a adoção de sistemas de policultura e consórcios (Altieri e Nicholls, 2018; Gliessman et al., 2022; Amoak et al., 2022; Anderson et al., 2019; Clapp e Martin, 2022), que promovem interações sinérgicas entre

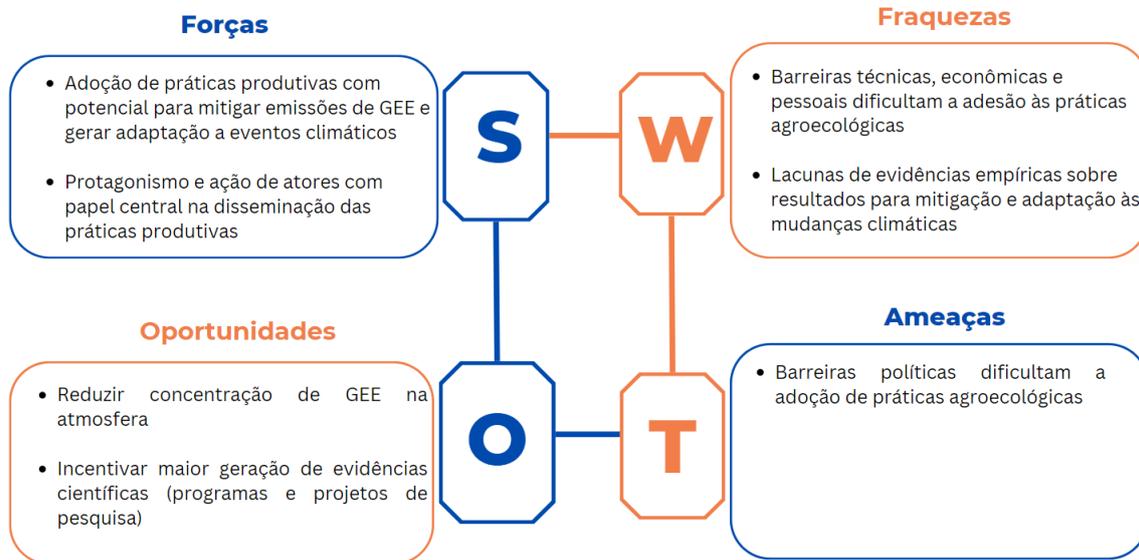
diferentes espécies vegetais, fortalecendo a resiliência dos ecossistemas agrícolas. Além disso, estratégias de manejo agroflorestal (Debray et al., 2019; Altieri e Nicholls, 2018; Gliessman et al., 2022; Wezel et al., 2020) integram árvores, cultivos e animais em unidades produtivas coesas, contribuindo para a diversificação e resiliência dos sistemas agrícolas. Essas práticas também desempenham um papel crucial na proteção do solo contra a erosão e na promoção de sua capacidade de retenção de água, aspectos críticos para a adaptação às mudanças climáticas.

Atores: A transição para práticas agroecológicas envolve uma interação dinâmica entre diversos atores, unindo conhecimentos científicos e tradicionais em um diálogo holístico. Autores como Lal (2020), Snapp (2021), Nicholls e Altieri (2019), e Gliessman et al. (2022) destacam a importância desse enfoque participativo, que transcende a escala agrícola e abrange os aspectos socioeconômicos e ambientais do sistema agroalimentar. A participação de múltiplos atores, incluindo pequenos agricultores, comunidades tradicionais e defensores da agroecologia, é fundamental para enfrentar os desafios climáticos e promover uma adaptação resiliente. Kerr et al. (2023) sublinham a necessidade de uma abordagem participativa que permita aos agricultores adaptar suas práticas às mudanças climáticas e compartilhar conhecimentos sobre estratégias eficazes de enfrentamento.

Benefícios: A adoção de práticas agroecológicas oferece uma série de benefícios tanto para os sistemas agrícolas quanto para o meio ambiente. A promoção da biodiversidade, a resiliência dos ecossistemas agrícolas, a redução da dependência de insumos externos e a melhoria da saúde do solo e dos recursos hídricos são considerados alguns dos principais benefícios proporcionados pelos sistemas agroecológicos (Gliessman et al., 2022; Nicholls e Altieri, 2019; Amoak et al., 2022; Knapp e Van der Heijden, 2018). Essas práticas, que incluem a diversificação de cultivos e a integração de árvores e animais, criam condições favoráveis para a proliferação de organismos benéficos ao solo e para o controle natural de pragas e doenças (Altieri e Nicholls, 2018; Debray et al., 2019).

Desafios: A transição para sistemas agrícolas baseados na agroecologia enfrenta diversos desafios, especialmente diante das mudanças climáticas e da necessidade de uma transição rápida e eficaz (Salazar et al., 2020; Kerr et al., 2023). Dentre os principais desafios, destacam-se a resistência de grupos ligados ao modelo agrícola convencional, as barreiras políticas que dificultam a implementação de políticas públicas favoráveis à agroecologia e as desigualdades de acesso a recursos, como terra e financiamento, que limitam a adoção de práticas agroecológicas, especialmente para pequenos agricultores e comunidades marginalizadas (Dale, 2020). Além disso, a falta de entendimento e uma definição consensual sobre as práticas agroecológicas pode gerar confusão e desacreditar seu potencial como alternativa viável diante dos desafios climáticos. A partir das categorias de análise, foi confeccionada a Matriz SWOT (Figura 3) a seguir:

Figura 3 - Matriz SWOT da abordagem agroecológica para transformação do SAG com foco nas mudanças climáticas



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2024.

A análise da Matriz SWOT destaca as forças da abordagem agroecológica na mitigação das emissões de gases de efeito estufa e na promoção da adaptação a eventos climáticos extremos. As práticas agroecológicas oferecem uma resposta eficaz aos desafios climáticos, promovendo a resiliência dos sistemas agrícolas e a sustentabilidade a longo prazo. No entanto, identificam-se algumas fraquezas, como barreiras técnicas e econômicas para a adoção dessas práticas e a falta de evidências empíricas claras sobre seus benefícios em termos de mitigação e adaptação climática. As oportunidades incluem políticas públicas favoráveis, o fortalecimento de redes de cooperação entre os atores envolvidos e o investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias adaptadas às condições locais e aos desafios climáticos. Por outro lado, as ameaças envolvem a resistência de grupos ligados ao modelo agrícola convencional, a falta de apoio político consistente e a competição por recursos escassos em um contexto de mudanças climáticas cada vez mais intensas.

3.2 Agricultura regenerativa

A agricultura regenerativa (AR) tem sido discutida em artigos recentes como uma abordagem com potencial para fortalecer os sistemas agroalimentares modernos, orientando-os em direção à resiliência climática e à sustentabilidade (Gosnell et al., 2019; Gordon et al., 2022; Soto et al., 2020; Tittonell, 2022). O Quadro 3 sintetiza as fontes que fundamentaram as categorias de análise, considerando a agricultura regenerativa.

Quadro 3 – Categorias de análise e fontes referentes à agricultura regenerativa

Categoria	Fontes (25)
Práticas	Al-Kaisi e Lal, 2020; Anderson e Rivera et al., 2021; Corbeels et al., 2018; Duncan et al., 2020; Fassler et al., 2021; Gibbons, 2020; Giller et al., 2021; Gliessman, 2018; Gordon et al., 2022; Gosnell et al., 2019; Vrska, 2019; LaCanne e Lundgren, 2018; Lal, 2020; Loring, 2022; Soto et al., 2021; McGuire et al., 2020; McLennon et al., 2021; Mitchell et al., 2019; Newton et al., 2020; Nicholls, 2019; Ranganathan et al., 2020; Schreefel et al., 2020; Soto et al., 2020; Tiftonel et al., 2022.
Atores	Corbeels et al., 2018; Giller et al., 2021; Gosnell et al., 2019; Vrska, 2019; LaCanne e Lundgren, 2018; Lal, 2020; Soto et al., 2021; McLennon et al., 2021; Newton et al., 2020; Ranganathan et al., 2020; Romero et al., 2020; Schreefel et al., 2020; Tiftonel et al., 2022.
Benefícios	Gosnell et al., 2019; Vrska, 2019; LaCanne e Lundgren, 2018; McLennon et al., 2021; Ranganathan et al., 2020; Schreefel et al., 2020; Soto et al., 2020.
Desafios	Al-Kaisi e Lal, 2020; Fassler et al., 2021; Giller et al., 2021; Gordon et al., 2022; Gosnell et al., 2019; McGuire et al., 2020; Mitchell et al., 2019; Newton et al., 2020; Ranganathan et al., 2020; Schreefel et al., 2020; Tiftonel et al., 2022.

Fonte: Compilação das autoras.

Práticas: Entre as práticas identificadas, destacam-se o uso de culturas de cobertura, a rotação de culturas e a combinação da rotação de culturas com o pastoreio de gado (Gibbons, 2020; Ranganathan et al., 2020; Anderson e Riviera, 2021; Duncan et al., 2020; Giller et al., 2021; McLennon et al., 2021; Schreefel et al., 2020; Loring, 2022). As culturas de cobertura são implementadas visando proteger o solo após a colheita da cultura principal, melhorando a retenção de água e conferindo resiliência contra eventos climáticos extremos, como secas e enchentes.

Além disso, essas culturas contribuem para a recarbonização do solo (Gibbons, 2020; Anderson e Riviera, 2021; Duncan et al., 2020; Giller et al., 2021; Loring, 2022). Tais práticas de conservação e restauração do solo são fundamentais para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas, promovendo a resiliência do solo e a captura de carbono atmosférico.

A rotação de culturas, que consiste no plantio de três ou mais espécies ao longo de vários anos, combinada com a alternância do pastoreio de gado, configura-se como uma estratégia eficaz para aumentar a biodiversidade do solo, promover a saúde das plantas e dos animais, e reduzir a dependência de insumos externos, como fertilizantes e pesticidas (Gibbons, 2020; Anderson e Riviera, 2021; Duncan et al., 2020; Giller et al., 2021; Loring, 2022). Essas práticas não apenas fortalecem a resiliência dos sistemas agrícolas, mas também contribuem para a sustentabilidade a longo prazo da agricultura, gerando benefícios ambientais significativos.

Atores: A categoria de atores é fundamental para mapear os agentes envolvidos na Agricultura Regenerativa (AR). Os principais atores identificados incluem agricultores, corporações agroalimentares, governos e a sociedade civil. A AR tem atraído a atenção de formuladores de políticas, agricultores, pesquisadores, consumidores e empresas agroalimentares, tanto locais quanto multinacionais, abrangendo operações agrícolas, instituições financeiras, empresas de insumos químicos e processadores de alimentos (Gosnell

et al., 2019; Al-Kaisi e Lal, 2020; Newton et al., 2020; Schreefel et al., 2020; Tiltonell et al., 2022). O interesse pela AR se estende aos setores público, privado e sem fins lucrativos.

No setor público, governos em níveis internacional e local têm explorado a AR como parte de seus planos de ação climática (Newton et al., 2020). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2018) reconheceu a AR como uma prática sustentável de gestão do uso da terra, destacando sua eficácia na construção de resiliência em agroecossistemas. Localmente, governos municipais nos EUA também têm investigado o potencial da AR para alcançar metas de sustentabilidade (Newton et al., 2020).

No setor privado, grandes empresas agroalimentares têm adotado a AR, como a Regenerative Organic Alliance, que estabeleceu um programa de certificação para a agricultura regenerativa, e a General Mills, que se comprometeu a promover a AR em mais de 400 mil hectares até 2030 (Newton et al., 2020). Além disso, muitas empresas integram frequentemente a AR em seus programas de sustentabilidade corporativa, evidenciando o crescente interesse e a importância atribuídos a essa abordagem (Ranganathan et al., 2020; Newton et al., 2020; Tiltonell, 2022).

Benefícios: A agricultura regenerativa (AR) oferece uma série de benefícios significativos, promovendo a sustentabilidade e abordando os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Sua aceitação em diversos setores—político, privado e sem fins lucrativos—resulta em um apoio crescente e na adoção dessas práticas em diferentes níveis da sociedade. Essa dinâmica pode criar um ambiente favorável à disseminação e implementação em larga escala, culminando em benefícios ambientais, econômicos e sociais substanciais.

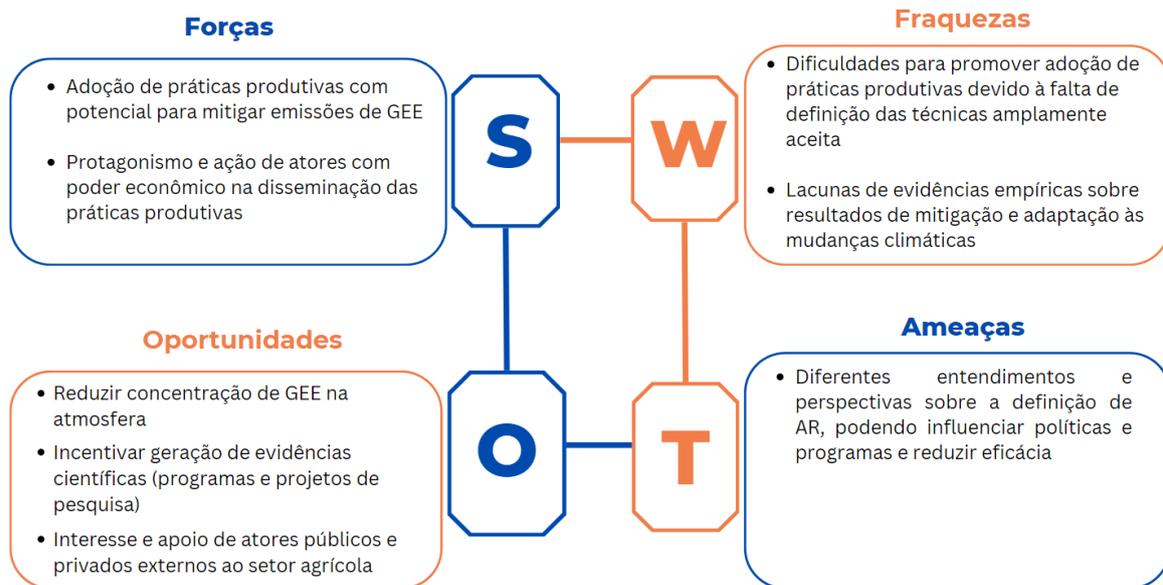
A AR promove a restauração de ecossistemas degradados, aumenta a resiliência dos sistemas agrícolas diante de condições climáticas adversas e favorece o sequestro de carbono no solo, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa (Gibbons, 2020; Anderson e Riviera, 2021; Duncan et al., 2020). Esses fatores proporcionam aos agricultores a oportunidade de adotar práticas regenerativas, acessar mercados e implementar inovações que elevem a resiliência de seus sistemas agrícolas.

Desafios: A agricultura regenerativa (AR) enfrenta diversos desafios no contexto das mudanças climáticas e da transição do sistema agrícola convencional. As condições climáticas cada vez mais incertas, como eventos climáticos extremos e variações sazonais intensas, podem impactar negativamente as práticas agrícolas regenerativas (Fassler et al., 2021; Gordon et al., 2022; McGuire et al., 2020). A escassez de recursos hídricos, provocada por mudanças nos padrões de precipitação e pelo aumento da evaporação decorrente do aquecimento global, representa um desafio significativo para a AR (Giller et al., 2021; Mitchell, 2019; Schreefel et al., 2020).

Além disso, a transição do sistema agrícola convencional para práticas regenerativas enfrenta obstáculos, como resistência institucional e cultural, falta de conhecimento e experiência prática, e questões relacionadas ao acesso a recursos, como terra, financiamento e tecnologia adequada (Giller et al., 2021; McGuire et al., 2020; Schreefel et al., 2020). A complexidade das interações ecológicas em sistemas agrícolas regenerativos requer abordagens de manejo mais holísticas e integradas, o que pode ser mais desafiador do que nos sistemas convencionais simplificados (Fassler et al., 2021; Soto et al., 2021; McLennon et al., 2021).

Esses desafios ressaltam a necessidade de políticas públicas e programas de apoio que incentivem e facilitem a transição para a AR, abordando as barreiras práticas e estruturais enfrentadas pelos agricultores. A partir das categorias de análise, foi elaborada a Matriz SWOT (Figura 4) a seguir:

Figura 4 – Matriz SWOT da agricultura regenerativa para transformação do SAG com foco nas mudanças climáticas



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2024.

Ao aplicar a análise SWOT (Figura 4), observa-se que a agricultura regenerativa apresenta como forças a promoção de práticas alinhadas com a redução das emissões de gases de efeito estufa, além do envolvimento de atores com protagonismo econômico, que podem desempenhar um papel central na disseminação dessas práticas. Contudo, suas fraquezas residem na falta de uma definição clara e na introdução inconsistente das técnicas, o que pode dificultar sua adoção por parte dos agricultores.

Por outro lado, as oportunidades são impulsionadas pelo reconhecimento crescente da AR, por políticas públicas favoráveis e pela demanda por produtos sustentáveis. No entanto, as ameaças incluem a falta de um entendimento comum sobre o termo "agricultura regenerativa" e a ausência de uma definição amplamente aceita, o que pode comprometer seu potencial como uma alternativa viável para o enfrentamento das mudanças climáticas.

4 CONCLUSÃO

A crescente vulnerabilidade do sistema agroalimentar às mudanças climáticas exige uma reavaliação crítica e abrangente das estratégias atualmente adotadas para garantir a segurança alimentar em um contexto de aumento demográfico. Este artigo resalta a urgência de uma compreensão profunda dos aspectos fundamentais que circunscrevem a implementação de abordagens alternativas, como a agroecologia e a agricultura regenerativa (AR), na transformação do sistema agroalimentar global (SAG).

Por meio de uma análise minuciosa das práticas produtivas, dos principais atores envolvidos e dos benefícios e desafios emergentes, o estudo busca contribuir ao debate acadêmico ao evidenciar o potencial dessas abordagens para mitigar emissões de gases de efeito estufa e aumentar a resiliência climática local. No entanto, a carência de evidências robustas que demonstrem resultados concretos na mitigação das mudanças climáticas constitui uma fragilidade significativa, demandando investigações adicionais.

Além disso, embora as abordagens agroecológica e regenerativa se revelem promissoras para otimizar a produção agrícola e enfrentar os desafios climáticos, a resistência manifestada por defensores do modelo agrícola convencional, assim como a ausência de um apoio político consistente, constituem obstáculos significativos à sua difusão. No caso específico da AR, a ambiguidade conceitual acerca de seu significado pode comprometer sua eficácia e, conseqüentemente, seu impacto a longo prazo.

Portanto, é imperativo que pesquisas futuras não apenas aprofundem a avaliação das práticas específicas que fomentam a resiliência climática, mas também investiguem as dimensões sociopolíticas que influenciam a adoção dessas abordagens. Ademais, deve-se evidenciar os resultados relacionados à redução das emissões de gases de efeito estufa, assegurando que as implementações ocorram de maneira equitativa e justa nos sistemas agroalimentares.

Em suma, a gravidade dos desafios impostos pelas mudanças climáticas torna premente a necessidade de que políticas inovadoras e práticas sustentáveis sejam desenvolvidas e implementadas com urgência. Apenas assim será possível não apenas mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas, mas também garantir um futuro agrícola resiliente e sustentável, capaz de enfrentar a crise alimentar global.

5 REFERÊNCIAS

AGUILERA, Eduardo et al. Agroecology for adaptation to climate change and resource depletion in the Mediterranean region. A review. **Agricultural Systems**, v. 181, p. 102- 809, 2020.

AL-KAISI, Mahdi M.; LAL, Rattan. Aligning science and policy of regenerative agriculture. **Soil Science Society of America Journal**, v. 84, n. 6, p. 1808-1820, 2020.

ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara Inés. Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación?. **Revista de Ciencias Ambientales**, v. 52, n. 2, p. 235-243, 2018.

ALTIERI, Miguel Angel et al. Agroecological Transitions in the Era of Pandemics: Combining Local Knowledge and the Appropriation of New Technologies. In: **Drones and Geographical Information Technologies in Agroecology and Organic Farming**. CRC Press, p. 281-298, 2022.

AMOAK, Daniel; LUGINAAH, Isaac; MCBEAN, Gordon. Climate change, food security, and health: Harnessing agroecology to build climate-resilient communities. **Sustainability**, v. 14, n. 21, p. 13954, 2022.

ANDERSON, Colin Ray et al. From transition to domains of transformation: Getting to sustainable and just food systems through agroecology. **Sustainability**, v. 11, n. 19, p. 5272, 2019.

ANDERSON, Molly D.; RIVERA-FERRE, Marta. Food system narratives to end hunger: extractive versus regenerative. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 49, p. 18-25, 2021.



ASSAD, Eduardo Delgado et al. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. **ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, p. 153-67, 2019.

BAJŽELJ, Bojana et al. Importance of food-demand management for climate mitigation. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 10, p. 924-929, 2014.

BELMIN, Raphael; PAULIN, Maeva; MALÉZIEUX, Eric. Adapting agriculture to climate change: which pathways behind policy initiatives?. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 43, n. 5, p. 59, 2023.

BERCHIN, Issa Ibrahim et al. The contributions of public policies for strengthening family farming and increasing food security: The case of Brazil. **Land use policy**, v. 82, p. 573-584, 2019.

CARDOSO, I. M.; ZANELLI, F. V. Agroecology and soils. 2018.

CLAPP, Jennifer; MARTIN, Sarah J. Food and agriculture: Global dynamics and environmental consequences. In: **Routledge Handbook of Global Environmental Politics**. Routledge, p. 593-605, 2022.

CLARK, Michael A. et al. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5 and 2 C climate change targets. **Science**, v. 370, n. 6517, p. 705-708, 2020.

CORBEELS, Marc et al. Can we use crop modelling for identifying climate change adaptation options?. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 256, p. 46-52, 2018.

CRIPPA, Monica et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. **Nature Food**, v. 2, n. 3, p. 198-209, 2021.

DALE, Bryan. Alliances for agroecology: From climate change to food system change. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 44, n. 5, p. 629-652, 2020.

DARNHOFER, Ika; D'AMICO, Simona; FOUILLEUX, Eve. A relational perspective on the dynamics of the organic sector in Austria, Italy, and France. **Journal of Rural Studies**, v. 68, p. 200-212, 2019.

DEBRAY, Valentine et al. Agroecological practices for climate change adaptation in semiarid and subhumid Africa. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 43, n. 4, p. 429-456, 2019.

DUNCAN, Colleen; FRY, Tricia L. Conserving Nature for Health Protection and Climate Change Resilience. In: **Animals, Health, and Society**. CRC Press, p. 233-244, 2020.

ERICKSEN, Polly J. Conceptualizing food systems for global environmental change research. **Global environmental change**, v. 18, n. 1, p. 234-245, 2008.

FAO. The future of food and agriculture. **Trends and challenges**. Summary Version. The publication The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges, 2017. Disponível em: <www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.

FÄSSLER, Albert. Climate Change and Epidemics. Fast Track to Differential Equations: Applications-Oriented—Comprehensible—**Compact**, p. 167-198, 2021.

GHRBANI, Hamid Reza et al. Synthesis of ZnO nanoparticles by precipitation method. **Orient. J. Chem**, v. 31, n. 2, p. 1219-1221, 2015.

GIBBONS, Leah V. Regenerative—The new sustainable?. **Sustainability**, v. 12, n. 13, p. 5483, 2020.

GILLER, Ken E. et al. Regenerative agriculture: an agronomic perspective. **Outlook on agriculture**, v. 50, n. 1, p. 13-25, 2021.

GLIESSMAN, Stephen R. et al. **Agroecology: Leading the transformation to a just and sustainable food system**. CRC Press, 2022.

GLIESSMAN, Steve. Food and the climate crisis. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, n. 2, p. 119-120, 2018.

GORDON, Ethan; DAVILA, Federico; RIEDY, Chris. Transforming landscapes and mindscapes through regenerative agriculture. **Agriculture and Human Values**, v. 39, n. 2, p. 809-826, 2022.



GOSNELL, Hannah; GILL, Nicholas; VOYER, Michelle. Transformational adaptation on the farm: Processes of change and persistence in transitions to 'climate-smart' regenerative agriculture. **Global Environmental Change**, v. 59, p. 101965, 2019.

IPCC, 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. Geneva, Switzerland.

IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Cambridge University Press.

KERR, Rachel Bezner et al. Agroecology as a transformative approach to tackle climatic, food, and ecosystemic crises. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 62, p. 101275, 2023.

KNAPP, Samuel; VAN DER HEIJDEN, Marcel GA. A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. **Nature communications**, v. 9, n. 1, p. 3632, 2018.

KPIENBAAREH, Daniel et al. Transdisciplinary agroecological research on biodiversity and ecosystem services for sustainable and climate resilient farming systems in Malawi. In: **Advances in Ecological Research**. Academic Press, p. 3-35, 2022.

LACANNE, Claire E.; LUNDGREN, Jonathan G. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **PeerJ**, v. 6, p. e4428, 2018.

LAL, Rattan. Regenerative agriculture for food and climate. **Journal of soil and water conservation**, v. 75, n. 5, p. 123A-124A, 2020.

LESSMANN, Malte et al. Global variation in soil carbon sequestration potential through improved cropland management. **Global Change Biology**, v. 28, n. 3, p. 1162-1177, 2022.

LÓPEZ-GARCÍA, Daniel et al. Building agroecology with people. Challenges of participatory methods to deepen on the agroecological transition in different contexts. **Journal of Rural Studies**, v. 83, p. 257-267, 2021.

LORING, Philip A. Regenerative food systems and the conservation of change. **Agriculture and Human Values**, v. 39, n. 2, p. 701-713, 2022.

LYNCH, H. J., Naveen, R., Trathan, P. N., & Fagan, W. F. (2012). Spatially integrated assessment reveals widespread changes in penguin populations on the Antarctic Peninsula. *Ecology*, 93(6), 1367-1377.

MÁRQUEZ-BARRENECHEA, Ana et al. How do policy-influential stakeholders from the Madrid region (Spain) understand and perceive the relevance of agroecology and the challenges for its regional implementation?. **Landbauforsch/Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems**, v. 70, n. 2, p. 145-156, 2020.

MBOW, Cheikh et al. **Food security**. IPCC, 2020.

MCGUIRE, Chad J.; GOODMAN, Michael. **A Least Regrets Framework for Coastal Climate Change Resiliency Through Economic Development**. Springer International Publishing, 2020.

MCLENNON, Everaldo et al. Regenerative agriculture and integrative permaculture for sustainable and technology driven global food production and security. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 6, p. 4541-4559, 2021.

MILHOMENS, Allan; ÁVILA, Mário Lúcio; DE LIMA CALDAS, Eduardo. Agroecologia e agricultura familiar: vulnerabilidades, resiliência e adaptação à mudança climática no Semiárido. **Ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no Nordeste semiárido brasileiro**, p. 47, 2021.

MILHORANCE, Carolina et al. Unpacking the policy mix of adaptation to climate change in Brazil's semiarid region: enabling instruments and coordination mechanisms. **Climate Policy**, v. 20, n. 5, p. 593-608, 2020.

MIRZABAEV, Alisher et al. Severe climate change risks to food security and nutrition. **Climate Risk Management**, v. 39, p. 100473, 2023.

MITCHELL, J. P. et al. Conservation agriculture systems. **CABI Reviews**, n. 2019, p. 1-25, 2019.



NEWTON, Peter et al. What is regenerative agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 577723, 2020.

NICHOLLS, Clara Inés; ALTIERI, Miguel A. Agro-ecological bases for the adaptation of agriculture to climate change. **Cuadernos de Investigación UNED**, v. 11, n. 1, p. 55-61, 2019.

ORION, Tao. **Agroecology in climate change policy: leverage points for transformative action**. Tese de Doutorado. NUI Galway, 2021.

POPKIN, Barry M. Relationship between shifts in food system dynamics and acceleration of the global nutrition transition. **Nutrition reviews**, v. 75, n. 2, p. 73-82, 2017.

QUEVEDO, Yeison M.; MORENO, Liz P.; BARRAGAN, Eduardo. Predictive models of drought tolerance indices based on physiological, morphological and biochemical markers for the selection of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) varieties. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 21, n. 5, p. 1310-1320, 2022.

RANGANATHAN, Janet et al. Regenerative agriculture: Good for soil health, but limited potential to mitigate climate change. **World Resources Institute: Washington, DC, USA**, 2020.

REGANOLD, John P.; WACHTER, Jonathan M. Organic agriculture in the twenty-first century. **Nature plants**, v. 2, n. 2, p. 1-8, 2016.

ROMERO, Antonio et al. Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. **Atmósfera**, v. 33, n. 3, p. 215-231, 2020.

ROSENZWEIG, C et al. Climate change responses benefit from a global food system approach **Nature Food** 1 94–7, 2020.

ROSS, Martin N.; JONES, Karen L. Implications of a growing spaceflight industry: Climate change. **Journal of Space Safety Engineering**, v. 9, n. 3, p. 469-477, 2022.

SALAZAR, Osvaldo et al. Challenges for agroecology development for the building of sustainable agri-food systems. **International journal of agriculture and natural resources**, v. 47, p. 152-158, 2020.

SCHREEFEL, Loekie et al. Regenerative agriculture—the soil is the base. **Global Food Security**, v. 26, p. 100404, 2020.

SNAPP, Sieglinde S. et al. Agroecology and climate change rapid evidence review: Performance of agroecological approaches in low-and middle-income countries. 2021.

SOTO, Raquel Luján; DE VENETE, Joris; PADILLA, Mamen Cuéllar. Learning from farmers' experiences with participatory monitoring and evaluation of regenerative agriculture based on visual soil assessment. **Journal of Rural Studies**, v. 88, p. 192-204, 2021.

SOTO, Raquel Luján; PADILLA, Mamen Cuéllar; DE VENETE, Joris. Participatory selection of soil quality indicators for monitoring the impacts of regenerative agriculture on ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 45, p. 101157, 2020.

SOUSSANA, Jean-François. Research priorities for sustainable agri-food systems and life cycle assessment. **Journal of cleaner production**, v. 73, p. 19-23, 2014.

TITTONELL, Pablo et al. Regenerative agriculture—agroecology without politics? **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, p. 844261, 2022.

TUBIELLO, Francesco N. et al. Pre-and post-production processes along supply chains increasingly dominate GHG emissions from agri-food systems globally and in most countries. **Earth System Science Data Discussions**, v. 2021, p. 1-24, 2021.

VRSKA, Ismael Pablo Ibarra. Regenerative agriculture and the problem of sustainability. Contributions for a discussion. **Textual**, n. 74, p. 51-85, 2019.

WEZEL, Alexander et al. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, p. 1-13, 2020.



WILLETT, Walter et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.

WRI, World Resources Institute, “Criando um futuro alimentar sustentável: um menu de soluções para alimentar quase 10 bilhões de pessoas até 2050”. 2018. Disponível em: <https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>. Acessado em 11 de jun. de 2023.

XAVIER, Leonardo Pereira et al. Soberania alimentar: proposta da via campesina para o sistema agroalimentar. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 4454-4466, 2018.

ZUREK, Monika; HEBINCK, Aniek; SELOMANE, Odirilwe. Climate change and the urgency to transform food systems. **Science**, v. 376, n. 6600, p. 1416-1421, 2022.