

CAPÍTULO 14

Desafios socioambientais e climáticos do sistema agroalimentar

*Giselle Cristina Santos Aguilar
Sonia Regina Paulino*

RESUMO

O sistema agroalimentar global (SAG) está no centro dos desafios das mudanças climáticas. As emissões relacionadas ao ciclo de vida do sistema agroalimentar o colocam como um dos motores das emissões globais. Ao mesmo tempo, o SAG tem apresentado uma natureza vulnerável aos efeitos do clima. O objetivo deste capítulo é identificar os impactos da mudança do clima para a segurança alimentar e nutricional (SAN) e analisar como a agroecologia e a agricultura regenerativa, uma das práticas alternativas de produção de alimentos, podem contribuir com a transformação do SAG, considerando o agravamento das mudanças climáticas. Com base em pesquisa bibliográfica e documental, identifica-se que os principais impactos da mudança do clima na SAN ocorrem no acesso, na produção, na qualidade nutricional e na volatilidade dos preços dos alimentos, principalmente nas populações mais pobres e em situações de desigualdade social. Embora tenha aumentado nos últimos anos o volume de estudos sobre práticas agrícolas sustentáveis, sobretudo em relação à agroecologia e à agricultura regenerativa, que contemplam estratégias de transfor-

mação em linha à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), há carência de estudos empíricos na literatura que fundamentem a eficiência dessas práticas.

Palavras chaves: segurança alimentar; mudanças climáticas; agricultura sustentável.

SOCIO-ENVIRONMENTAL AND CLIMATE CHALLENGES OF THE AGRI-FOOD SYSTEM

ABSTRACT

The global Agri-food system (SAG) is at the heart of the challenges of climate change. Emissions related to the life cycle of the agri-food system place it as one of the drivers of global emissions. At the same time, SAG has been vulnerable to the effects of climate change, being the agricultural sector considered one of the sectors most affected by the consequences of this phenomenon. The objective of this chapter is to identify the impacts of climate change on food and nutritional security (SAN) and analyze how agroecology and regenerative agriculture, one of the alternative food production practices, can contribute to the transformation of SAG considering the worsening of climate change. Based on bibliographical and documentary research, it is identified that the main impacts of climate change in SAN occur on access, production, nutritional quality and volatility of food prices, especially in the poorest populations and in situations of social inequality. Although the volume of studies on sustainable agricultural practices has increased in recent years, especially in relation to agroecology and regenerative agriculture, which include transformation strategies in line with the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions, there is a lack of empirical studies in literature that substantiates the efficiency of these practices.

Keywords: food safety; climate changes; sustainable agriculture.

14.1 INTRODUÇÃO

Ao considerar o sistema agroalimentar global (SAG), a literatura revela que a cadeia de produção alimentar é de elevada complexidade, multinível, dispersa globalmente, com significativos aspectos negativos nas dimensões da sustentabilidade, como a perda da biodiversidade, o alto consumo de água e energia, o uso intensivo de insumos químicos e os altos índices de desperdício de alimentos ao longo da cadeia, provocando diversos tipos de assimetrias e desequilíbrios.

Além disso, no sexto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês para *Intergovernmental Panel on Climate Change*), tem-se discutido o fato de as emissões associadas ao ciclo de vida do SAG representarem entre 21% e 37% das emissões GEE globais. Essa estimativa inclui emissões de 9–14%, provenientes de atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade agrícola; e de 5–14% provenientes do uso do solo e da mudança no uso do solo, incluindo a supressão de áreas de florestas; 5–10% que provêm de atividades da cadeia de abastecimento, o que inclui a perda e desperdício de alimentos.

Ao mesmo tempo, a mudança do clima tem sido apontada como um dos maiores desafios a ser enfrentado pelo SAG, exigindo ações imediatas e coordenadas em todos os setores (Bajzelj *et al.*, 2014; Foley; Olabi, 2017; Willet *et al.*, 2019; Rosenzweig *et al.*, 2020; Crippa *et al.*, 2021; Zurek *et al.*, 2022). Tal preocupação se deve à vulnerabilidade que os sistemas agroalimentares apresentam diante dos eventos climáticos – que têm se tornado mais frequentes e intensos – uma vez que as atividades agrícolas são diretamente dependentes do clima (Zurek *et al.*, 2022). Além da dependência do clima, essas atividades são predominantemente concentradas em países com maior dependência de recursos naturais e serviços ecossistêmicos, como acontece, em maior escala, nos países em desenvolvimento, cuja sua economia muitas vezes é baseada na agricultura.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês), assinada em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), e o Acordo de Paris, aprovado na 21ª Conferência das Partes em 2015, são alguns dos acordos com o propósito de conter o aquecimento global e as mudanças climáticas com maior visibilidade no cenário internacional. A UNFCCC reconhece que os países desenvolvidos são responsáveis pela maior parcela das emissões globais, históricas e atuais, de GEE. Reconhece também que, as emissões per capita dos países em desenvolvimento são, ainda, relativamente baixas, podendo crescer para satisfazer suas necessidades sociais e de desenvolvimento.

O sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR6) mostra que os eventos extremos climáticos afetam negativamente a produção de

alimentos em todo o mundo, reduzindo o rendimento das colheitas e da pecuária, aumentando o estresse térmico dos produtos, além de comprometer sua renda com os prejuízos dos eventos extremos. Em contrapartida, a produção agrícola baseada em práticas agroecológicas e regenerativas, que dentre outras possibilidades de transição agroalimentar, tem sido destaque em alguns fóruns internacionais e apontadas pelo IPCC (2021, 2022) como promissoras para reduzir as emissões do ciclo de vida do SAG em convergência com os objetivos do desenvolvimento sustentável e as metas do acordo de Paris.

Nesse sentido, o capítulo tem como objetivo: (i) identificar os impactos da mudança do clima para a segurança alimentar; e (ii) analisar como agroecologia e a agricultura regenerativa podem contribuir para a transformação do SAG. Os dados qualitativos foram obtidos com base em revisão bibliográfica e documental, com consulta às bases dos dados Scopus e Web of Science, considerando-se artigos publicados no período de 2017 a 2023.

Essa introdução é seguida pela metodologia na Seção 14.2. Na Seção 14.3, apresenta-se a fundamentação bibliográfica. A Seção 14.4 discute os resultados, que contemplam os desafios do sistema agroalimentar, sua relação com a segurança alimentar e a mudança do clima; e a Seção 14.5 traz as considerações finais.

14.2 MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada na base de dados da Scopus e Web of Science no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2022, em que foram criadas combinações de palavras-chave com termos relacionados às temáticas: sistema agroalimentar, mudanças climáticas e segurança alimentar.

Os critérios de inclusão foram: (i) somente artigos publicados em periódicos (ii) idiomas português, espanhol e inglês; e (iii) ter relação direta com os temas estabelecidos.

Excluíram-se artigos de revisão, resumos de congressos, monografias, dissertações, teses e capítulos de livro. Para elaboração da revisão, avaliaram-se inicialmente os títulos, seguido da leitura dos resumos e, posteriormente, a leitura na íntegra dos estudos. Identificou-se, inicialmente, 64 artigos, sendo 31 da Web of Science e 33 da Scopus, em que 6 foram excluídos por serem duplicados. Após leitura dos resumos, excluiu-se 12. Quarenta e seis artigos foram lidos na íntegra e 8 foram excluídos por não apresentarem relação direta com os temas definidos. No total 38 artigos foram considerados elegíveis para esta revisão (Figura 14.1).



Figura 14.1 Esquema representativo da busca de artigos para o estudo.

O texto apresenta uma pesquisa qualitativa com análise de dados do tipo descritivo. Cabe destacar que a presente revisão bibliográfica, por contemplar o cenário global, não discrimina estudos em razão do tipo de agricultura analisada. Ou seja, não há distinção na análise entre agricultura de clima temperado e agricultura tropical.

14.3 O SISTEMA AGROALIMENTAR GLOBAL E AS MUDANÇAS DO CLIMA

O sistema agroalimentar global (SAG) contempla toda a gama de processos e atores, desde a produção primária de alimentos e produtos não alimentícios na agricultura, na pesca e na silvicultura até a comercialização e o consumo de alimentos (Ericksen, 2008; Lamine, 2015; Popkin, 2017; Moragues *et al.*, 2017; Marsden *et al.*, 2019).

A agricultura industrial se baseia em práticas como lavoura intensiva, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos, controle de pragas, manipulação genética de plantas domesticadas e animais e confinamento de animais (Gliessman, 2014). Além de essas práticas serem dependentes de recursos naturais (água, energia, terra e insumos exógenos), elas promovem externalidades socioambientais e climáticas que impulsionam críticas à sua longevidade e hegemonia no futuro próximo (Moura, 2016; FAO, 2018).

14.3.1 Emissões de GEE do SAG

Em grande medida, a produção agrícola é um fator crucial e determinante na emissão de gases de efeito estufa (GEE), como aponta o relatório do IPCC sobre uma estimativa que entre 21% e 37% das emissões GEE estão associadas aos sistemas agroalimentares, desde o preparo para a produção ao pós-produção (IPCC, 2020).

A literatura aponta para três caminhos principais pelos quais o sistema alimentar contribui para as emissões de GEE. São eles: (i) atividades agrícolas e pecuárias; (ii) ordenamento do território e dinâmicas de uso do solo; e (iii) processos de pré e pós-produção. Este último envolve as etapas de transporte de alimentos, processamento e fabricação de insumos, bem como de consumo familiar e descarte de resíduos (Mbow *et al.*, 2019; Tubiello *et al.*, 2021; Zurek, 2022).

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) são tratadas em equivalência de dióxido de carbono (CO₂), a medida padrão para comparar as emissões de diferentes gases (IPCC, 2007). A medida se baseia no Potencial de Aquecimento Global (PAG) de

cada um dos gases em relação ao CO_2 , sendo expressa pela quantidade de emissões de uma mistura de gases durante um determinado horizonte de tempo, em geral 100 anos, que causaria o mesmo impacto que o CO_2 . De modo geral, o cálculo considera as emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), por serem mais expressivas.

A maior parte das emissões de metano (CH_4) é produzida por fermentação entérica durante os processos digestivos de animais ruminantes e pelo cultivo de arroz submerso. As emissões de óxido nitroso (N_2O), se originam principalmente da aplicação de fertilizantes químicos à base de nitrogênio e pelo manejo de dejetos animais. Já as emissões de dióxido de carbono (CO_2) estão relacionadas ao desmatamento, queimadas, e pela conversão de pastagens em terras aráveis, dada demanda cada vez mais alta por alimentos (WRI, 2018; Assad *et al.*, 2019; Mbow *et al.*, 2019).

14.3.2 Impactos das Mudanças do Clima no SAG

Um dos relatórios do IPCC (2022) apresentou um cenário preocupante para o futuro face a mudança do clima que já afeta os quatro cantos do globo com eventos extremos climáticos, como: secas, ondas de calor, inundações e incêndios (IPCC, 2022). A análise aprofundada do relatório aborda duas questões centrais: 1) a emissão de gases de efeito estufa oriunda de nações desenvolvidas; e 2) a exposição dos países em desenvolvimento às mudanças climáticas, que agrava suas vulnerabilidades.

O sistema agroalimentar, que contempla os setores de agricultura e agropecuária, exercem atividades com forte dependência das condições climáticas. Os eventos extremos climáticos são capazes de afetar a produtividade e o manejo das culturas, assim como os fatores sociais, econômicos e políticos, deste modo, são influenciadas pelas mudanças climáticas globais. Essas influências variam conforme cada tipo de cultura e região e podem apresentar-se em diferentes condições de vulnerabilidade, em decorrência dos variados cenários climáticos (Lima; Alves, 2008).

Os países em desenvolvimento são apontados como os mais vulneráveis à mudança do clima, em razão de possuir as atividades agropecuárias como predominantes em suas economias. Além disso, a limitação de capital para tomar medidas de adaptação e a alta exposição dessas nações a condições extremas, assim como a falta de mercados, os colocam na lista de vulnerabilidade (Fischer *et al.*, 2005)

De acordo com o Relatório de Riscos Globais (WEF, 2023), desenvolvido pelo Fórum Econômico Mundial (WEF, sigla em inglês para *World Economic Forum*) as mudanças climáticas têm se destacado como um dos maiores desafios a serem enfrentados nos próximos dois anos e na próxima década pelas sociedades humanas. Esse ponto carrega inúmeras preocupações, uma vez que, além de comprometer as metas do Acordo de Paris, que visam a manter o aumento da temperatura do planeta

abaixo dos 2 °C (Clark, 2020), coloca os componentes do sistema agroalimentar sob estado de vulnerabilidade face a maior frequência e severidade dos eventos extremos, comprometendo também a segurança alimentar (Crippa, 2021).

A mudança do clima tem alterado a estrutura dos ecossistemas, que tem levado a variações fenológicas, alterações nas dinâmicas populacionais e no ciclo de vida de animais e plantas. Esses efeitos, quando adicionado à conversão do uso do solo, tem acelerado a redução de populações nativas, a desativação de serviços ecossistêmicos e até mesmo a extinção de espécies em nível global, incluindo variedades agrícolas locais, raças crioulas e a perda de conhecimentos tradicionais associados aos sistemas agrícolas (Johnson *et al.*, 2017), estes últimos associados, principalmente, à expansão da agricultura industrial, ao crescente êxodo rural e ao surgimento dos novos refugiados do clima (Berchin *et al.*, 2019).

Esses eventos, cada vez mais frequentes e intensos, além de potencializar o aumento da probabilidade de quebras de safra no curto prazo e o declínio na produção no longo prazo, também tem contribuído para a intensificação da degradação da terra por meio do 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 (Elmqvist *et al.*, 2019; Mirzabaev *et al.*, 2023).

Diante das consequências previstas, por mais de duas décadas os estudos sobre mudanças climáticas se tornaram uma das questões globais mais importantes e desafiadoras, especialmente no que tange a questão da segurança alimentar. Nesse sentido, torna-se necessário entender como a mudança do clima pode afetar a segurança alimentar e analisar as possibilidades de transformação do SAG em linha a resiliência climática.

A segurança alimentar existe quando todas as pessoas conseguem, em qualquer tempo, de forma física e econômica, acessar alimentos seguros e alimentos nutritivos que atendam às suas necessidades alimentares básicas para uma vida ativa e saudável (World Food Summit, 1996).

A partir desse conceito, surgem quatro dimensões principais que devem ocorrer simultaneamente para que possa ser garantida a segurança alimentar local: disponibilidade, acesso, utilização e distribuição.

A disponibilidade física, está associada a oferta de alimentos; o acesso econômico e físico considera as políticas de mercado e preços para garantir o acesso ao alimento; a utilização de alimentos compreende a qualidade e boas práticas de alimentação, preparo dos alimentos, diversidade de dieta e distribuição local de alimentos; e, por fim, a estabilidade, que considera a garantia de disponibilidade, acesso e uso adequado de alimentos por indivíduos e, portanto, engloba as outras 3 dimensões.

O próximo capítulo busca identificar a relação das mudanças climáticas sob essas quatro dimensões.

14.4 Resultados e discussão

Verifica-se que os estudos relacionados aos impactos do clima e da segurança alimentar se concentram para os países em desenvolvimento, cuja população tem baixa capacidade de mitigação dos impactos dos desastres ou adaptação aos riscos climáticos. Desastres induzidos por mudanças climáticas, como enchentes, secas e tempestades severas, são as principais fontes de flutuações de renda para famílias pobres que dependem significativamente de recursos naturais para sua subsistência (Alpino *et al.*, 2022).

Os riscos climáticos projetados para a desnutrição em todas as suas formas estão ligados ao declínio na disponibilidade e qualidade nutricional dos alimentos e ao aumento do custo dos alimentos saudáveis, resultando em três riscos principais: (i) redução da ingestão de energia (medida em calorias); (ii) diminuição da disponibilidade de frutas e vegetais; e (iii) menor disponibilidade de micronutrientes nos principais alimentos básicos, frutas e vegetais devido ao excesso de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (Beach *et al.*, 2019; Sulz er, 2021). O Quadro 14.1 contempla a relação dos principais impactos das mudanças do clima no sistema agroalimentar e seus reflexos na segurança alimentar e nutricional.

Quadro 14.1 Interação das mudanças climáticas com o sistema agroalimentar e seus efeitos nas seguranças alimentar e nutricional

Pilares da segurança alimentar	Influência das mudanças climáticas	Autores
Disponibilidade	Aumento da frequência e severidade dos eventos extremos, que acarreta redução da produtividade dos cultivos e comprometimento da distribuição de renda dos produtores. Maior demanda de alimentos com o crescimento da população, o que pode comprometer a disponibilidade de alimento.	(Iizumi <i>et al.</i> , 2019; Lauria, 2018; Das <i>et al.</i> 2019)
Acesso	O aumento dos preços dos alimentos devido à queda da produtividade e ao aumento da demanda pode impactar a distribuição e o armazenamento da produção. Comprometimento da capacidade de compra, causada pela instabilidade de renda e pelo preço dos alimentos devido a baixas produtividade e colheitas.	(Lauria, 2018; Baarsch <i>et al.</i> 2020)
Utilização	Efeitos na qualidade nutricional com a redução nas concentrações de micronutrientes (minerais). Menor ingestão de frutas, legumes, peixes e sementes, que pode ocasionar deficiência de zinco, ferro, vitamina A, vitamina B12, vitamina D, proteína e ômega-3 e exposição a desnutrição infantil, nanismo e mortalidade infantil, relacionados à desnutrição, além da redução da expectativa de vida.	(Janes, 2010; Hasegawa <i>et al.</i> 2018)
Estabilidade	Variabilidade interanual da produção de alimentos, comprometendo a quantidade de alimentos disponíveis no mercado, o que, por consequência, aumenta os preços dos alimentos no mercado. Isso ocorre especialmente em áreas rurais, que tendem a ser mais sensíveis às variações climáticas, além dos impactos nas cadeias de abastecimento.	(Whitmee, 2015; Mbow <i>et al.</i> 2019)

Além da perda de produtividade e de terras agricultáveis, os eventos extremos ocasionados pelas mudanças do clima afetam o calendário agrícola e promovem o aumento de pragas e doenças. A quebra de safras, o deslocamento de culturas entre regiões, o aumento do preço de alimentos, a ampliação na mudança do uso da terra com a conversão de florestas e expansão para terras tradicionais, e a geração de conflitos fundiários (HLPE, 2012; Machado Filho *et al.*, 2016).

As alterações nos padrões climáticos, como secas, inundações e ondas de calor, podem afetar negativamente a produção agrícola, o que pode levar à redução da produtividade das culturas e à diminuição da disponibilidade de alimentos. Outro impacto substancial dessas alterações é na disponibilidade hídrica, que afeta a irrigação e o abastecimento de água para a agricultura. Isso pode resultar em escassez de água para as plantações prejudicando a produção de alimentos. Além disso, a mudança do clima pode levar à perda da biodiversidade, habitat naturais e à extinção de espécies e ao aumento de pragas e doenças. Isso afeta a diversidade de culturas e a disponibilidade de alimentos provenientes da natureza, como frutas, verduras e peixes, reduzindo a disponibilidade de alimentos (Alpino *et al.*, 2022).

A instabilidade da cadeia de abastecimento alimentar afeta a segurança alimentar e os meios de subsistência, em razão do aumento de preços e a consequente desigualdade no acesso aos alimentos (Mirzabaev *et al.*, 2023), especialmente em nações emergentes, cujas economias são marcadamente dependentes da agricultura (Oliveira, 2021). Assim, para esses países, a maioria dos modelos de cenários de riscos de mudanças climáticas prevê que os danos impactarão com maior intensidade os pequenos agricultores, que detêm menores recursos e infraestruturas resilientes ao clima (Altieri, 2008).

A Figura 14.2 sintetiza as relações entre sistema agroalimentar e segurança alimentar por meio das mudanças do clima.

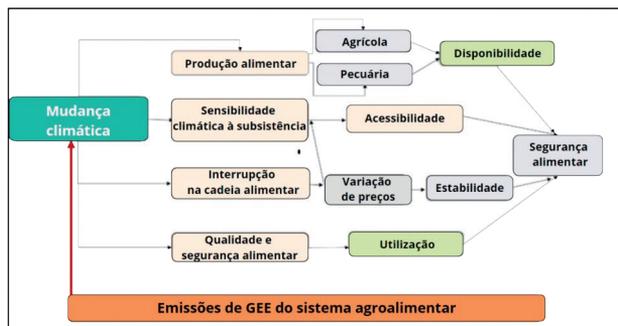


Figura 14.2 Relações entre as mudanças climáticas e o sistema agroalimentar.

Fonte: adaptada de Mirzabaev *et al.* (2023).

A mudança do clima pode, portanto, impulsionar alterações no acesso, disponibilidade, utilização e estabilidade dos sistemas agroalimentares e impactar o estado nutricional das populações, intensificando as diversas formas de má nutrição (Jaacks *et al.*, 2019). Com a menor oferta de alimentos decorrente de potenciais efeitos climáticos na produção, o custo destes pode aumentar, gerando dificuldades no acesso para as populações menos favorecidas financeiramente, o que pode levá-las a consumir alimentos altamente processados, com baixo teor e qualidade nutricional. Essa situação pode aumentar o número de pessoas em situação alimentar e, em alguns casos, refletir em maiores números de obesidade (Mirzabaev *et al.*, 2023), dada a maior ingestão de alimentos industrializados.

Para Alpino *et al.* (2022), os impactos na segurança de insegurança alimentar, ditados pelas mudanças climáticas, levantam reflexões relacionadas ao cumprimento dos objetivos da Agenda 2030, em especial o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 2, que trata do enfrentamento à fome diante aos cenários de intensificação dos eventos do clima e do aumento de habitantes. Populações mais pobres se tornam mais vulneráveis quando expostas a novos cenários de risco, agravando ainda mais a pobreza, a desigualdade social e a insegurança alimentar (Alpino

et al., 2022; Rede Penssan, 2022). Os mais pobres têm, em geral, poucos recursos para enfrentamento das crises, além de menos acesso aos serviços de saúde e pouca representatividade nos espaços de formulação e decisões políticas.

Neste cenário, torna-se evidente e urgente a consolidação de agroecossistemas sustentáveis e mais resilientes, que possam contribuir para a adaptação e mitigação das mudanças do clima.

14.4.1 Alternativas de produção para garantir a segurança alimentar e nutricional

Os sistemas de produção de alimentos que visam a melhor fertilidade e aproveitamento do solo, o uso sustentável de recursos naturais, a redução de insumos químicos e a resiliência da produção aos efeitos do clima fazem parte das soluções de adaptação do sistema agroalimentar (Heckelman *et al.*, 2018; Boedecker *et al.*, 2019; Bezner Kerr *et al.*, 2022). Contudo, para serem efetivas, essas estratégias de adaptação devem ser adequadas às necessidades locais, agroecossistema, microclima e contextos socioculturais (Zurek, 2021).

Como parte do processo de adaptação climática, os países precisam melhorar a qualidade nutricional da produção agrícola de alimentos e a diversidade alimentar para consumo local. Nesse contexto, a biodiversidade dos sistemas agroalimentares é considerada um eixo central dos sistemas agroalimentares sustentáveis, pois aumenta sua resiliência (Kremen; Merenlender, 2018; Dainese *et al.*, 2019).

A literatura tem apontado para práticas agrícolas alternativas ao modelo de agricultura industrial, como a agroecologia e a agricultura regenerativa (McGuire; Northfield, 2020; Lal, 2020; Altieri, 2020; Wezel, 2020; Snapp *et al.*, 2021; Gliessman, 2022) como formas de adaptação à mudança do clima e, conseqüentemente, como meios de garantir a segurança alimentar.

A literatura indica que a agroecologia como um meio para transformar os sistemas agroalimentares a partir de uma perspectiva sustentável, enquanto ciência, prática e movimento social (Altieri e Nicholls, 2017; Gliessman, 2017). Alguns autores indicam que a abordagem agroecológica pode oferecer uma dupla resposta às mudanças do clima, tanto como estratégias de adaptação quanto como iniciativas de mitigação. Além da maior resiliência, agroecossistemas embasados em princípios agroecológicos podem reduzir a emissão de GEE pela agricultura a níveis consideravelmente mais baixos do que os atuais, aumentando a contribuição do setor no sequestro de carbono atmosférico, retirando CO₂ da atmosfera (Marchetti *et al.*, 2023).

Para Gliessman (2017), a agroecologia, como ciência se desenvolveu como alternativa e resistência ao modelo industrial de agricultura, e seus fundamentos estão ancorados no conhecimento tradicional, na expressão cultural e nas experiências

agrícolas de longo prazo. Segundo o autor, possui mais ênfase em países com cultura agrária local e tradicional profunda, ou ainda graças a fortes movimentos sociais que vinculam a agroecologia à demanda de acesso à terra, proteção de sementes locais e sua livre troca e resistência à introdução de organismos geneticamente modificados.

Altieri e Nicholls (2017) apontam para as diferentes estratégias agroecológicas adotadas por agricultores de pequena escala para lidar com as mudanças climáticas, entre elas, notoriamente, está o alto nível de biodiversidade “*on farm*”, característica típica das agriculturas tradicionais. Os autores sugerem que o resgate do manejo tradicional combinado com aqueles de base agroecológica, como, por exemplo, a biodiversificação, o acúmulo de matéria orgânica no solo e a captação de água, tem grande potencial para aumentar a resiliência dos sistemas produtivos frente aos distúrbios provocados por eventos climáticos extremos, conferindo, por exemplo, maior capacidade para lidar com a diminuição das chuvas e o aumento das temperaturas. Essas estratégias aumentam a infiltração, a drenagem e a capacidade de retenção de água, diminuem a erosão, fortalecem a atividade biológica e a fertilidade do sistema.

Alguns autores (Gliessman, 2017; Nicholls, 2019; Altieri, 2020) argumentam que existem vários meios de se encontrar maior resiliência nos sistemas agroecológicos por meio de práticas como: diversificação do sistema, da compensação biológica ou o efeito das medidas preventivas de saneamento e podas, da recuperação biológica por causa da maior diversidade de estratos vegetais, e à recuperação ou resiliência humana/camponesa baseada na família, o que pode contribuir fortemente para o consumo e distribuição local de alimentos, garantindo alimentos de qualidade e em quantidades seguras.

Contudo, a transformação do SAG para a abordagem agroecológica requer uma mudança sistêmica, com reformas política e criação de medidas sólidas que contemplem investimentos tecnológicos e científicos para o aumento dos serviços ambientais, proteção da biodiversidade e fortalecimento da agricultura familiar e das práticas agroecológicas (Clemente e Moreira, 2021). Não menos importante, são necessárias a preservação da identidade e a proteção das comunidades tradicionais, que atuam para a manutenção e perpetuação dessas práticas.

A agricultura regenerativa (AR), que tem emergido de forma rápida como uma narrativa dominante na última década, também tem ganhado espaço e sido pauta nos discursos políticos e em fóruns internacionais. Essa abordagem tem sido defendida por agricultores de pequena a grande escala, consumidores e empresas agroalimentares, em virtude de seus benefícios. Entre eles, destacam-se a regeneração do solo, a capacidade de produzir alimentos com melhor teor nutricional e o potencial em capturar carbono do solo, que pode ser um fator decisivo para a agricultura a longo prazo (Lobato, 2019). As práticas preconizadas na AR envolve cobertura do solo,

integração animal, rotação e diversificação de culturas (Lacanne; Lundgren, 2018; Gibbons, 2020 e Anderson, 2021). As culturas de cobertura tem a função de proteger o solo da erosão, revitalizar a biota do solo, adicionar nutrientes para as culturas futuras, sequestrar carbono, melhorar a biodiversidade e evitar o escoamento de água (Yaney-Keller *et al.*, 2022). Enquanto a integração animal nas culturas agrícolas, pode aumentar a qualidade e a fertilidade do solo (Oberc; Schnell, 2020).

Contudo, a literatura aponta alguns desafios para agricultura regenerativa que vai desde a ambiguidade conceitual que o termo apresenta (Newton *et al.*, 2020; Tittonell, 2022) até a carência de pesquisas que evidenciem o potencial do sequestro de carbono.

A ausência da clareza na definição e práticas da AR e a escassez de pesquisas que tratam dessa abordagem em relação os contributos para mitigar as mudanças do clima, é visto como um obstáculo por gerar implicações para o desenvolvimento de políticas e programas (Newton, 2020) podendo descredibilizar o potencial de uma alternativa promissora frente aos desafios da década, o que inclui a segurança alimentar e as mudanças climáticas.

Pensar em um sistema que seja integralmente regenerativo ou, ainda, agroecológico, é considerado um alto nível de ambição, visto a divergência de princípios que tem com a agricultura convencional. Contudo, considerando a urgência climática, é necessária a ação tempestiva, para que caminhemos gradualmente para um sistema sustentável e resiliente, que possibilite um diálogo inclusivo que ofereça espaço para uma variedade de perspectivas, experiências, conhecimentos e atores no sistema agroalimentar (Kassam e Kassam 2020; Turnhout *et al.*, 2021).

14.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades inerentes ao sistema agroalimentar têm sido responsáveis por uma parcela significativa das emissões de GEE globais, sendo consideradas fontes indutoras das alterações do clima. Por sua vez, as mudanças climáticas têm interações complexas com os sistemas agroalimentares, conduzindo à insegurança alimentar por meio de impactos na disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade dos alimentos, que afeta especialmente populações mais pobres, que apresentam maior vulnerabilidade e dependência do clima. Esse desafiador cenário leva à discussão de estratégias de adaptação/mitigação para garantia de cumprimento da agenda 2030 em todo o planeta, especialmente, no que tange a segurança alimentar.

Alguns autores afirmam que a transformação em sistemas agroalimentares por meio da agroecologia ou da agricultura regenerativa pode contribuir para a adaptação às alterações climáticas, ou seja, que tais práticas possam auxiliar no aumento da capacidade adaptativa das culturas agrícolas e em menor grau na redução das emissões de gases de efeito estufa.

Embora ainda a literatura seja escassa em relação a viabilidade dessas práticas para a reduções nas emissões de gases de efeito estufa, especialmente, quando se trata de escalas maiores de produção. As abordagens agroecológicas e regenerativas têm se apresentado como potenciais alternativas para tornar os agrossistemas sustentáveis e resilientes, alinhadas com os ODS e os acordos climáticos. Além de possibilitarem enfrentar as consequências mais trágicas das mudanças climáticas, também podem gerar energia potencializadora para o enfrentamento das diferentes formas de degradação social, ambiental e humana.

A relevância do tema de mudanças climáticas para a agenda da SAN suscita, além da urgência de incentivos para pesquisas, especialmente nos países mais pobres, que serão os mais afetados, políticas públicas de proteção social. Sugere, portanto, que essas pesquisas contemplem uma visão holística do problema, com foco na construção de um sistema agroalimentar mais resistente ao clima, uma vez que, embora sane parte da equação, uma produção suficiente e sustentável de alimentos não garantirá uma população livre da fome, e das formas de má nutrição, como a desnutrição e a obesidade.

REFERÊNCIAS

- ACORDO DE PARIS. 2015. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Acordo_Paris.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2023.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Agroecology, and the reconstruction of a post-COVID-19 agriculture. *The Journal of Peasant Studies*, v. 47, n. 5, p. 881-98, 2020.
- ALTIERI, M. ; NICHOLLS, C. I. Do modelo agroquímico à agroecologia: a busca por sistemas alimentares saudáveis e resilientes em tempos de COVID-19. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 57, 2021.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. Scaling up agroecological approaches for food sovereignty in Latin America. *Development*. v. 51, n. 4, p. 472-80, 2008.
- ANDERSON, M. D.; RIVERA-FERRE, M. Food system narratives to end hunger: extractive versus regenerative. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 49, p. 18-25, 2021.
- ARTAXO, P. Oportunidades e vulnerabilidades do Brasil nas questões do clima e da sustentabilidade. *Revista USP*, n. 135, p. 119-36, 2022.
- ASFAW, B. The role of nuclear power and other alternative energy mixes to mitigate climate change in Ethiopia. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA (IAEA). *Climate change and the role of nuclear power*. Proceedings of an international conference. Out. 2019. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1916_web.pdf. Acesso em: 18 nov. 2022.

- ASSAD, E. D. *et al.* Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: BUNGENSTAB, D. J. *et al.* (Ed.). *ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 153-67. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1112696/1/PLSequestroCarbonoAssad.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- BAARSCH, F. J. R. *et al.* The impact of climate change on incomes and convergence in Africa, *World Development*, v. 126, p. 104699, 2020.
- BAJZELJ, B. K. S. *et al.* Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change*, v. 4, n. 10, p. 924-9, 2014.
- BEACH, R. *et al.* Combining the effects of increased atmospheric carbon dioxide on protein, iron, and zinc availability and projected climate change on global diets: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, v. 3, n. 7, p. e307-e317, 2019.
- BERCHIN, I. I. *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. 573-84, 2019.
- BEZNER KERR, R. *et al.* Interplays between changing biophysical and social dynamics under climate change: implications for limits to sustainable adaptation in food systems. *Global Change Biology*, v. 28, n. 11, p. 3580-604, 2022.
- BOEDECKER, J. *et al.* Participatory farm diversification and nutrition education increase dietary diversity in Western Kenya. *Maternal & Child Nutrition*, v. 15, n. 3, p. e12803, 2019.
- BROUWER, I. D.; MCDERMOTT, J.; RUBEN, R. Food systems everywhere: improving relevance in practice. *Global Food Security*, v. 26, p. 10039, 2020.
- BROWN, B.; LLEWELLYN, R.; NUBERG, I. Global learnings to inform the local adaptation of conservation agriculture in Eastern and Southern Africa. *Global Food Security*, v. 17, p. 213-20, 2018.
- CARDUCCI, B. *et al.* Food systems, diets and nutrition in the wake of COVID-19. *Nature Food*, v. 2, n. 2, p. 68-70, 2021.
- CLARK, M. *et al.* Global food system emissions could preclude achieving the 1.5 and 2°C climate change targets. *Science*, v. 370, n. 6517, p. 705-8, 2020.
- CRIPPA, M. *et al.* Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, v. 2, n. 3, p. 198-209, 2021.
- CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British Journal of Nursing*, v. 17, n. 1, p. 38-43. 2008.
- DAINESE, M. *et al.* A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, v. 5, n. 10, p. eaax0121, 2019.
- ELMQVIST, T. *et al.* Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nature Sustainability*, v. 2, n. 4, p. 267-73. 2019.

- ERICKSEN, P. Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global Environmental Change*, v. 18, n. 1, p. 234-45, 2008.
- FOLEY, A.; OLABI, A. G. Renewable energy technology developments, trends and policy implications that can underpin the drive for global climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 68, p. 1112-4, 2017.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION DO THE UNITED NATIONS (FAO). *The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050*. Roma, 2018. 228 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- GIBBONS, L. V. Regenerative – The new sustainable? *Sustainability*, v. 12, n. 13, p. 5483, 2020.
- GILLER, K. *et al.* Regenerative agriculture: an agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, v. 50, n. 1, p. 13-25, 2021.
- GISH, S. Drivers and barriers of the transition to regenerative agriculture within the EU's common agricultural policy reform: comparative analysis with the US farm bill. Independent Study Project (ISP) Collection, p. 1-27, 2022.
- GLIESSMAN, S. Agroecology and social transformation. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 38, n. 10, p. 1125-6, 2014.
- GLIESSMAN, S. How do knowledge systems shape agroecology transitions? *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 46, n. 8, p. 1115-7, 2022.
- HASEGAWA, K. *et al.* Evaluation of traditional Japanese knotweed mulch farming in the Nishi-Awa steep slope-land agriculture system, Japan. In: *Proceedings of the 5th Conference of East Asia Research Association for Agricultural Heritage Systems*. 2018.
- HEBINCK, A. *et al.* A sustainability compass for policy navigation to sustainable food systems. *Global Food Security*, v. 29, p. 100546, 2021.
- HECKELMAN, A. *et al.* Cultivating climate resilience: a participatory assessment of organic and conventional rice systems in the Philippines. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 33, n. 3, p. 225-37, 2018.
- HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS (HLPE). *Social protection for food security: a report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Roma, 2012. 100 p.
- HU, Y. *et al.* China's ban on phenylarsonic feed additives, a major step toward reducing the human and ecosystem health risk from arsenic. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 21, p. 12177-87, 2019.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. 7 August, 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf. Acesso em: 7 fev. 2022.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Report of working group I: the scientific basis*. 2020. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/531.htm>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genebra, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch>. Acesso em: 30 set. 2021.
- IIZUMI, T. Emerging adaptation to climate change in agriculture. In: IIZUMI, T.; HIRATA, R.; MATSUDA, R. (Ed.). *Adaptation to climate change in agriculture – research and practices*. Springer, 2019. p. 3-16.
- JAACKS, L. *et al.* The obesity transition: stages of the global epidemic. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, v. 7, n. 3, p. 231-240, 2019.
- JANES, C.. Failed development and vulnerability to climate change in Central Asia: implications for food security and health. *Asia Pacific Journal of Public Health*, v. 22, n. 3_suppl, p. 236S-245S, 2010.
- JOHNSON, C. *et al.* Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science*, v. 356, n. 6335, p. 270-5, 2017.
- KREMEN, C.; MERENLENDER, A. M. Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, v. 362, n. 6412, p. 6020, 2018.
- LACANNE, C.; LUNDGREN, J. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *Peer. J.*, v. 6, p. e4428, 2018.
- LAL, R. Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation*. v. 75, n. 5, p. 123A-124A, 2020.
- LAMINE, C. Sustainability and resilience in agrifood systems: reconnecting agriculture, food and the environment. *Sociologia Ruralis*, v. 55, n. 1, p. 41-61, 2015.
- LAURIA, V. *et al.* Importance of fisheries for food security across three climate change vulnerable deltas. *Science of the Total Environment*. 640, p. 1566-77, 2018.
- LEITNER, S. *et al.* Closing maize yield gaps in sub-Saharan Africa will boost soil N₂O emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. v. 47, p. 95-105, 2020.
- LOBELL, D. *et al.* Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*. v. 319, n. 5863, p. 607-10, 2008.
- LOBOGUERRERO, A. *et al.* Food and earth systems: priorities for climate change adaptation and mitigation for agriculture and food systems. *Sustainability*, v. 11, n. 5, p. 1372, 2019.
- LORING, P. Regenerative food systems and the conservation of change. *Agriculture and Human Values*, v. 39, n. 2, p. 701-13, 2022.
- LIU, Y.; ZHOU, Y. Reflections on China's food security and land use policy under rapid urbanization. *Land Use Policy*, v. 109, p. 105699, 2021.

- MACHADO FILHO, H. *et al.* *Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil*. Brasília, DF: Centro Internacional de Políticas para o Crescimento Inclusivo, 2016.
- MARCHETTI, F. F. *et al.* Agroecologia: ciência, movimento político e prática social para mitigação e adaptação às mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 1, p. 388-415, 2023.
- MARSDEN, T.; FARIOLI, F. Natural powers: from the bio-economy to the eco-economy and sustainable place-making. *Sustainability Science*, v. 10, p. 331-44, 2015.
- MARSDEN, T.; MORAGUES FAUS, A.; SONNINO, R. Reproducing vulnerabilities in agri-food systems: tracing the links between governance, financialization, and vulnerability in Europe post 2007–2008. *Journal of Agrarian Change*, v. 19, n. 1, p. 82-100, 2019.
- MBOW, C.; ROSENZWEIG, C.; BARIONI, H. Food security. In: IPCC. *Climate change and land*. An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. *INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)*, 2019.
- MCGUIRE, A. V.; NORTHFIELD, T. D. Tropical occurrence and agricultural importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 6, 2020.
- MIRZABAEV, A. *et al.* Severe climate change risks to food security and nutrition. *Climate Risk Management*, v. 39, p. 100473, 2023.
- MOHAMMED, A.; WASSIE, S. B.; TEFERI, E. T. Determinants of smallholders' food security status in Kalu district, Northern Ethiopia. *Challenges*, v. 12, n. 2, p. 17, 2021.
- MORAGUES-FAUS, A.; SONNINO, R.; MARSDEN, T. Exploring European food system vulnerabilities: towards integrated food security governance. *Environmental Science and Policy*, v. 75, p. 184-215, 2017.
- MOURA, C. F.; PEREIRA, V. C.; MIRANDA, T. M. Soberania e segurança alimentar e nutricional e a agroecologia: experiências de guardiões de sementes crioulas no Rio Grande do Sul. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.
- MOURA, E. G. *et al.* Improving farming practices for sustainable soil use in the humid tropics and rainforest ecosystem health. *Sustainability*, v. 8, n. 9, p. 841, 2016.
- MUELLER, N. *et al.* Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, v. 490, n. 7419, p. 254-7, 2012.
- NEWTON, P. *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. 194, 2020.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Agro-ecological bases for the adaptation of agriculture to climate change. *Cuadernos de Investigación UNED*, v. 11, n. 1, p. 55-61, 2019.

- OBERČ, B. P.; ARROYO S. A. *Approaches to sustainable agriculture: Exploring the pathways#-Towards the Future of Farming*. Bruxelas: IUCN EURO, 2020.
- PIMBERT, M. Introduction: thinking about seeds. In: NISHIKAWA; PIMBERT, M. (Ed.). *Seeds for diversity and inclusion: agroecology and endogenous development*. [S. l.]. Palgrave Macmillan, 2022. p. 1-19.
- PENSSAN Rede. (2022). *II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil [livro eletrônico]: II VIGISAN: relatório final*. Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar – Penssan. São Paulo: Fundação Friedrich Ebert; Rede PENSSAN, 2022
- POPKIN, B. Relationship between shifts in food system dynamics and acceleration of the global nutrition transition. *Nutrition reviews*, v. 75, n. 2, p. 73-82, 2017.
- POSTIGO, C. *et al.* A step forward in the detection of byproducts of anthropogenic organic micropollutants in chlorinated water. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, v. 32, p. e00148, 2021.
- RAGASA, C.; ABERMAN, N.-L.; MINGOTE, C. A. Does providing agricultural and nutrition information to both men and women improve household food security? Evidence from Malawi. *Global Food Security*, v. 20, p. 45-59, 2019.
- RAGHUNATHAN, N. Contrasting climate risks predicted by dynamic vegetation and ecological niche-based models applied to tree species in the Brazilian Atlantic Forest. *Regional Environmental Change*, v. 19, p. 219-32, 2019.
- RHODES, C. Soil erosion, climate change and global food security: challenges and strategies. *Science Progress*, v. 97, n. 2, p. 97-153, 2014.
- RIVERA-AGUILERA, G. *et al.* Las economías solidarias revisadas desde las transformaciones de la subjetividad, la creación de comunidades y la producción de diversidad. *Psicoperspectivas*, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2020.
- ROQUE, B. *et al.* Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. *PLOS ONE*, v. 16, e0247820, 2021.
- ROSEGRANT, M. *et al.* Agriculture and food security under global change: prospects for 2025/2050. *International Food Policy Research Institute*, v. 89, 2009.
- ROSENZWEIG, C. *et al.* Climate change responses benefit from a global food system approach. *Nature Food*, v. 1, n. 2, p. 94-7,2020.
- RUEL, M.; QUISUMBING, A.; BALAGAMWALA, M. Nutrition-sensitive agriculture: what have we learned so far? *Global Food Security*, v. 17, p. 128-53, 2018.
- SASSI, M.; TRITAL, G. Latent growth curve modelling approach to seasonal and spatial dynamics of food security heterogeneities in rural Lake Naivasha Basin, Kenya. *Food Security*, p. 1-15, 2021.

- SEYMOUR, M.; CONNELLY, S. Regenerative agriculture, and a more-than-human ethic of care: a relational approach to understanding transformation. *Agriculture and Human Values*, v. 40, n. 1, p. 231-244, 2023.
- SILVA, S. P. *A trajetória histórica da segurança alimentar e nutricional na agenda política nacional: projetos, descontinuidades e consolidação*. Brasília, DF; Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2014.
- SNAPP, S. *et al.* *Agroecology and climate change rapid evidence review. Performance of agroecological approaches in low-and middle-income countries*. Wageningen: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 2021.
- SULZER, M. The future is known. Now what? Using Macbeth to explore the social complexity of the climate crisis and COVID-19. *Changing English*, v. 28, n. 3, p. 271-85, 2021.
- TITTONELL, P. *et al.* Regenerative agriculture – agroecology without politics? *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 6, p. 844261, 2022.
- TUBIELLO, F. *et al.* Pre-and post-production processes along supply chains increasingly dominate GHG emissions from agri-food systems globally and in most countries. *Earth Syst. Sci. Data Discuss*. 2021.
- VERMEULEN, S. J.; CAMPBELL, B. M.; INGRAM, J. S. S. Climate change and food systems, *Annual Review of Environment and Resources*, v. 37, p. 195-222, 2012.
- WEZEL, A. *et al.* Principios y elementos agroecológicos y sus implicaciones para la transición a sistemas alimentarios sostenibles. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 40, n. 40, 2020.
- WHITFIELD, S. *et al.* A framework for examining justice in food system transformations research. *Nature Food*, v. 2, n. 6, p. 383-5, 2021.
- WHITMEE, S. *et al.* Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of the Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, v. 386, n. 10007, p. 1973-2028, 2015.
- WILLET, W. *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, v. 393, n. 10170, p. 447-92, 2019.
- WILSON, N. *et al.* Achieving healthy and sustainable diets: a review of the results of recent mathematical optimization studies. *Advances in Nutrition*, v. 10, n. Supplement 4, p. S389-S403, 2019.
- WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). *The global risks report 2023*. Genebra, 2023. 98 p.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). *Criando um futuro alimentar sustentável: menu de soluções para alimentar quase 10 bilhões de pessoas até 2050*. 2018. Disponível em: <https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>. Acesso em: 11 jun. 2023.
- YANEY-KELLER, A. *et al.* Patterns of vertebrate biodiversity in a tropical dry and mangrove forest matrix. *Revista de Biología Tropical*, v. 70, n. 1, p. 668-87, 2022.

ZUREK, M.; HEBINCK, A.; SELOMANE, O. Looking across diverse food system futures: implications for climate change and the environment. *Q Open*, v. 1, n. 1, p. q0aa001, 2021.

ZUREK, M.; HEBINCK, A.; SELOMANE, O. Climate change and the urgency to transform food systems. *Science*, v. 376, n. 6600, p. 14, 2022.

