

CAPA

Novos desafios para a produção de alimentos





FOTO MICHAEL DANTAS/AFP VIA GETTY IMAGES

Ribeirinhos transportam cachos de banana no leito do rio Solimões, em Manacapuru, no Amazonas, em meio à seca de 2024

Agricultura e pecuária devem necessitar de deslocamento de área, alteração no manejo da terra e inovações tecnológicas para enfrentar mudanças climáticas

RICARDO ZORZETTO

No início de novembro, o governo do Afeganistão relatou uma redução média de 6% na safra nacional de trigo, em comparação com a do ano anterior. O grão é o principal produto agrícola do país islâmico de 43 milhões de habitantes do centro-sul da Ásia. Em razão da seca prolongada e de pragas agrícolas, a colheita de trigo neste ano ficou em 4,5 milhões de toneladas. A queda na produção só não foi maior porque 70% das terras destinadas ao plantio são irrigadas – nelas, a queda de produtividade foi de 4%, enquanto nas áreas que dependem exclusivamente das chuvas houve redução de 24%. Para alimentar a população, o governo teve de importar 2,3 milhões de toneladas do grão.

O impacto da estiagem sobre a produção agrícola do país asiático não é um caso isolado. Em 2024, o ano mais quente em quase dois séculos, a falta de chuvas já havia provocado estragos na produção de alimentos na Índia e derrubado de 30% a 50% a produção de cereais em ao menos cinco países no sul da África. O Brasil não escapou. A longa estiagem, que no ano passado secou os rios da Amazônia, afetou outras regiões do país e fez encolher as safras de milho e de soja no Cerrado, duas das principais *commodities* agrícolas nacionais. Especialistas atribuem esses eventos, ao menos em parte, às transformações do clima do planeta, que vem esquentando e se tornando mais seco.

Um relatório divulgado em junho pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) estima que a proporção de terras expostas a estiagens mais do que dobrou em 120 anos no mundo. Em 1900, pouco mais de 10% das áreas continentais estavam sujeitas a atravessar períodos de seca intensa. Em 2020, essa proporção já alcançava quase 30%, com os eventos mais extremos de falta de chuvas se concentrando em décadas recentes. A perda de umidade dos solos parece ter se intensificado dos anos 1980 para cá em boa parte do mundo, acompanhada do declínio nos níveis dos rios e aquíferos globais. O documento alerta que, sem reduções importantes na emissão de gases que acumulam calor na atmosfera, esquentam o planeta e modificam o regime de



chuvas, os episódios de estiagem tendem a se tornar mais graves e frequentes até o final do século.

“As mudanças climáticas estão afetando a agricultura e a pecuária de modo muito profundo em todas as regiões do mundo”, afirma o economista iraniano Kaveh Zahedi, diretor do Escritório de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Ambiente da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Ele esteve no Brasil em outubro, quando apresentou dados sobre o tema na Conferência Geral da Academia Mundial de Ciências (TWAS), no Rio de Janeiro. Zahedi conversou com *Pesquisa FAPESP* em meados de outubro, por videochamada, a partir de seu escritório, em Roma. Ele contou que as consequências da alteração do clima sobre a produção de alimentos vêm se tornando mais evidentes nos últimos 10 ou 20 anos. “De 2007 a 2024, o setor agropecuário absorveu aproximadamente um quarto dos prejuízos econômicos provocados pelos desastres climáticos”, relatou. “As alterações no clima estão modificando o que se pode plantar e onde se pode plantar.”

Aumentos da temperatura e alterações no regime de chuvas previstos para as próximas décadas devem forçar os produtores rurais em boa parte do mundo a adotar medidas para contornar a potencial queda de produção. Será preciso trabalhar

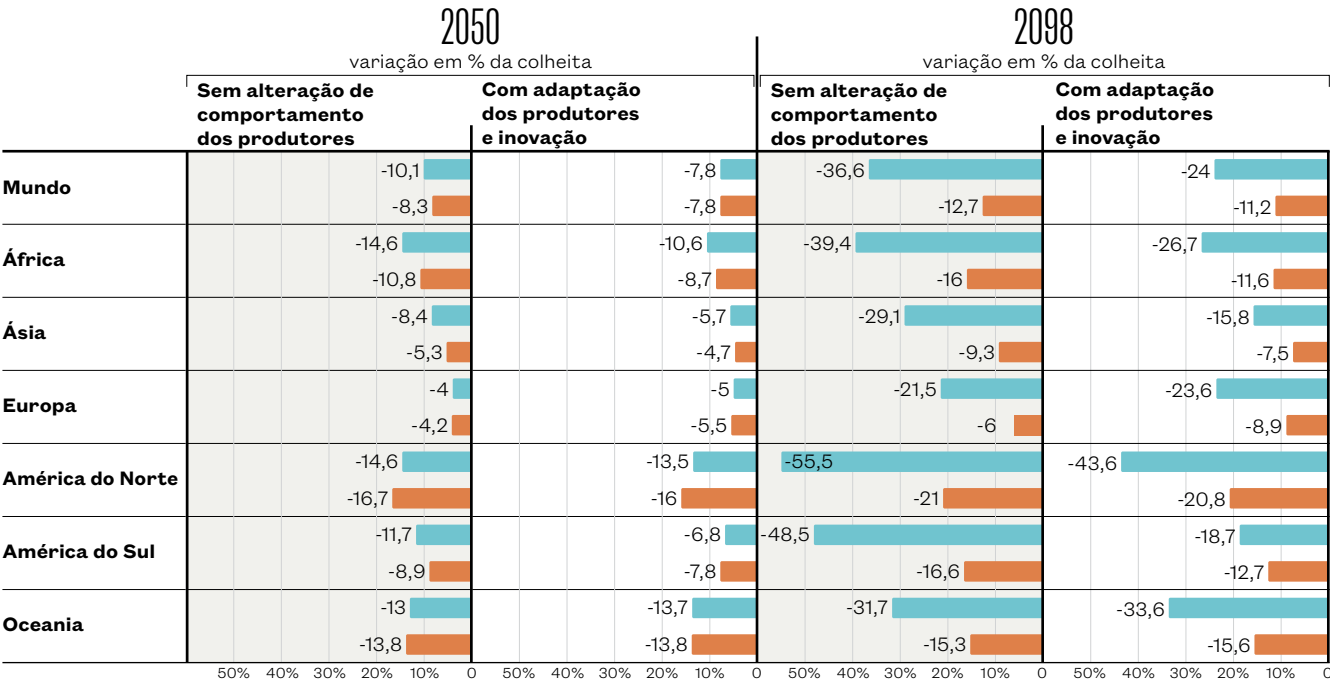
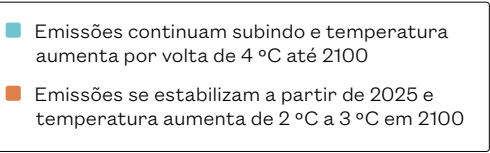
com sementes de variedades adaptadas ao clima mais quente e seco, adotar sistemas de irrigação e novas estratégias de preparo do solo ou expandir a área plantada. Mesmo assim, a produção de alguns dos alimentos mais consumidos pela humanidade não deve ocorrer livre de desafios.

Em um estudo recente, publicado em junho na revista *Nature*, o economista Andrew Hultgren, da Universidade de Illinois, em Urbana-Champaign, nos Estados Unidos, estimou o que pode ocorrer nas próximas décadas com a produtividade de seis grandes culturas, responsáveis por alimentar boa parte da humanidade: trigo, arroz, milho, soja, sorgo e mandioca.

Os pesquisadores coletaram informações sobre a produção desses alimentos em 12.658 regiões com climas e condições socioeconômicas diferentes em 54 países e alimentaram 33 modelos de comportamento do clima, que levam em conta dois cenários adotados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), para projetar o que pode ocorrer com essas culturas. No primeiro cenário, mais moderado, as emissões dos gases de efeito estufa (GEE), que aquecem a atmosfera

Alterações projetadas em seis culturas em consequência das mudanças climáticas

Produtividade média das culturas deve cair com e sem medidas de adaptação



FONTE: HULTGREN, A. ET AL. NATURE. 18 JUN. 2025



Acima, comerciantes em mercado em Soroti, Uganda, na África, região em que a produção de alimentos caiu devido a desastres naturais e pragas. À direita, agricultor afegão colhe trigo seco durante a estiagem de 2025

ra, estabilizam-se a partir de meados do século e o planeta fica, em média, de 2 a 3 graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) mais quente por volta de 2100. No segundo, as emissões continuam subindo e a temperatura aumenta por volta de 4 $^{\circ}\text{C}$ até o final do século.

Hultgren e colaboradores dos Estados Unidos e da China realizaram os cálculos do que ocorreria nos dois cenários de aquecimento em duas situações: uma na qual os agricultores não mudam a forma de produzir e outra na qual adotam medidas de adaptação efetivamente tomadas por produtores rurais em várias partes do mundo, como a troca por variedades mais resistentes às novas condições climáticas, a alteração do período de plantio e ajustes no uso de fertilizantes.

A adaptação, como esperado, melhora o quadro. Mesmo assim, os resultados preocupam. Levando em conta a trajetória de aquecimento mais moderado, por exemplo, pode haver uma redução de 8,3% na produção das seis culturas no mundo já em 2050. Se os agricultores forem capazes de adaptar seus plantios: a queda seria de 7,8% nas colheitas. As perdas são ainda mais elevadas até 2098: 12,7% sem e 11,2% com adaptação. Chama a atenção o fato de a redução de safra ser mais acentuada justamente nas regiões que hoje funcionam como os grandes celeiros de alimentos do mundo: as Américas do Norte e do Sul e a Oceania (*ver gráfico na página ao lado*).

“Nos modelos preditivos, sempre há algum grau de incerteza associado aos cenários. Por isso, os resultados podem, às vezes, seguir trajetórias divergentes”, explica o engenheiro-agrônomo Carlos Eduardo Cerri, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), que coordena o Centro de Pesquisa de Carbono em Agricultura Tropical, o CCarbon,

um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP. O pesquisador conta que as previsões não significam que os fenômenos vão se desenrolar exatamente como indicam os modelos, mas que a probabilidade de que assim ocorram é considerável. “O que vemos até o momento”, conta, “são indicações de que as mudanças climáticas devem causar prejuízo na produção de alimentos”.

O impacto dos prejuízos, estimam alguns especialistas, deve se distribuir de modo desigual e afetar mais as populações mais pobres e vulneráveis, que têm maior dificuldade de conseguir alimento à medida que os preços sobem. Se mesmo com a produção agropecuária crescente das últimas décadas não é fácil produzir e distribuir alimentos para 8,3 bilhões de pessoas (cerca de 700 milhões vivem com fome atualmente), o problema deve se tornar mais desafiador com os efeitos do clima sobre a agropecuária somados ao crescimento da população mundial – projetada para chegar a 9,7 bilhões de indivíduos em 2050 e atingir 10,3 bilhões em 2080. “Alguns cenários do IPCC indicam que, sob certas condições e regiões, incluindo a África e a América do Sul, a agricultura dependente da chuva vai se tornar muito desafiadora, se não, impossível”, lembra Zahedi, da FAO.

O Brasil, um dos maiores produtores de alimentos do mundo, precisará submeter boa parte de seu sistema de produção agrícola e pecuária a ajustes se quiser estar preparado para o que pode vir pela frente. É que os trabalhos que embasaram a 4ª Comunicação Nacional do Brasil para a Convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudanças

ças Climáticas esboçam um cenário preocupante. Submetido em 2020 ao organismo internacional de cooperação da área de clima, esse documento oficial do país detalha as emissões de GEE e as ações para reduzi-las e apresenta as vulnerabilidades da agricultura e da pecuária brasileiras aos efeitos do aquecimento global. De sete culturas analisadas nessa versão do documento (a mais recente a apresentar dados de vulnerabilidade), seis devem experimentar algum grau de perda de produtividade até 2050.

As mais afetadas devem ser justamente as maiores culturas: milho e soja. A produtividade do milho pode cair das 4,7 toneladas por hectare (t/ha) atuais para 2,3 t/ha na metade do século (queda de 51%), enquanto a da soja pode baixar de 2,9 t/ha para 0,6 t/ha (redução de quase 80%). A única cultura a apresentar um ligeiro aumento de produtividade deve ser a de mandioca (4,8%). A produção bruta de carne, leite, ovos e pescado também pode encolher (*ver gráfico abaixo*).

Além de se tornarem menos produtivas, as culturas de arroz, feijão, soja e trigo enfrentarão o desafio de encontrar áreas adequadas para o plantio. A previsão é que as regiões com terreno e clima favoráveis a essas culturas encolham entre 7,5% e 85% no cenário moderado, em que as emissões de GEE se estabilizam a partir de 2050.

“No Brasil, as culturas de soja e milho estão muito vulneráveis aos eventos climáticos extremos, como as secas, as inundações e as ondas de frio e calor”, comenta o engenheiro agrícola Eduardo Delgado Assad, da Fundação Getúlio Vargas (FGV), estudioso do impacto das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira, colaborador da 4ª Comunicação Nacional e um dos coordenadores do inventário nacional de emissões de GEE.

Ainda que outros estudos indiquem uma redução na duração e no volume de chuvas em diversas regiões do país, em particular nas áreas do Cerrado em que são plantados milho e soja, alguns grupos de pesquisa têm uma perspectiva mais otimista e projetam que algumas culturas podem até se tornar mais produtivas. Um deles é o liderado pelo engenheiro-agrônomo Fábio Marin, na Esalq, em Piracicaba. Em estudos publicados de 2021 para cá, Marin e colaboradores simularam o que pode ocorrer com o milho, o feijão, a soja, a cana e as pastagens em diferentes cenários climáticos e regiões do país. De modo geral, as pastagens devem perder um pouco de produtividade, em especial no meio do ano, em razão do atraso do início das chuvas, segundo projeções que devem ser publicadas em janeiro na *Agricultural Systems*. Já as culturas soja, milho, cana e feijão, de acordo com projeções publicadas entre 2021 e 2025 nas revistas *European Journal of Agronomy*, *Theoretical and Applied Climatology* e *Agricultural Systems*, devem se tornar mais produ-



Cenário desafiador

Produtividade de culturas agrícolas, da pecuária e da pesca pode diminuir no Brasil até meados do século

	Produtividade atual	Produtividade projetada para 2050	Variação (%)
Agricultura			
Arroz	4,9 t/ha	4,2 t/ha	-15,2%
Café	1,4 t/ha	1,1 t/ha	-21,5%
Feijão	0,9 t/ha	0,7 t/ha	-23,1%
Mandioca	14 t/ha	14,7 t/ha	4,8%
Milho	4,7 t/ha	2,3 t/ha	-51%
Soja	2,9 t/ha	0,6 t/ha	-79,6%
Trigo	2,5 t/ha	1,3 t/ha	-46,2%
Pecuária			
Carne bovina	9,36 milhões t	8,7 milhões t	-7%
Leite	32.392,40 milhões t	26.273,40 milhões t	-18,8%
Ovos	3.553,80 milhões t	3.433,70 milhões t	-3,4%
Aquicultura			
Pesca	95,1 milhões t	84,6 milhões t	-11%

FONTE 4ª COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL PARA A CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (2021)



Safra de milho, no Brasil, vem sofrendo redução por conta de atraso e diminuição do volume de chuvas no meio do ano

tivas – ainda que, para isso, algumas necessitem de melhoramento.

“Embora alguns grupos calculem que o impacto das mudanças climáticas deva ser catastrófico na agricultura, para nossa equipe, com as adaptações necessárias, será possível continuar produzindo bastante no país”, comenta o engenheiro-agrônomo Henrique Brunetti, especialista em pastagens da equipe de Marin, da Esalq. “De qualquer maneira, no entanto, nossa agricultura vai precisar de adaptação”, afirma.

“A maioria dos estudos não leva em consideração que os produtores vão adotar medidas para adaptar suas culturas”, comenta o engenheiro agrícola Marcos Heil Costa, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Minas Gerais, outro que tem uma visão positiva sobre a capacidade da agricultura e da pecuária brasileiras de lidar com os desafios do clima. “Os produtores brasileiros já vêm experimentando adaptações há algumas décadas e assim devem continuar. Farão isso por meio do uso de variedades mais apropriadas ao novo clima, por meio de mudanças na época de plantio agrícola ou do uso de novas tecnologias”, afirma.

Para Costa, a agropecuária nacional vem passando por duas grandes transformações que devem aumentar a produtividade. A primeira é o aumento da área de culturas irrigadas. Dos 283 milhões de hectares dedicados à agricultura e à pecuária, apenas 8 milhões são irrigados hoje, mas devem chegar a 12 milhões até 2040. “Isso permitirá que se realizem de duas a três colheitas por ano em algumas regiões”, estima o pesquisador da UFV. A segunda transformação é a recuperação de pastagens degradadas. “Parte delas está sendo transformada em pastagem mais produtiva e parte vem sendo integrada à agricultura e ao plantio de florestas.”

Nos últimos anos, um dos motores da recuperação de pastagens no Brasil tem sido o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, o Plano ABC. Formulado pelo governo federal em 2009, o plano adota seis estratégias para promover medidas que reduzam a emissão de GEE ao mesmo tempo que promovam produção agropecuária mais eficiente e resiliente: plantio direto, integração lavoura-floresta-pecuária, plantio de florestas, fixação biológica de nitrogênio, tratamento de rejeitos animais e recuperação de pastagens. De 2010 a 2020, na sua primeira década de vigência, o plano promoveu a recuperação de 26,8 milhões de hectares de pastagens (quase o dobro do planejado), o que evitou a emissão de 36 milhões de toneladas de GEE.

“Para reduzir a pegada de carbono da agropecuária brasileira, que responde por cerca de um terço dos GEE emitidos pelo país, será preciso multiplicar por mil a capacidade de retirar carbono da atmosfera”, diz Assad, um dos idealizadores do Plano ABC. Ele sabe, no entanto, que essa transição exige um investimento nem sempre fácil de se fazer. “O modelo de produção nacional precisa rapidamente se descolar dos ensinamentos da agropecuária da revolução verde, baseada no uso de insumos e defensivos químicos, que esgotam rapidamente o solo, e migrar para o uso de técnicas mais equilibradas, com integração de agricultura-floresta e pastagem e o uso de bioinsumos”, afirma (*ver reportagem na página 12*).

A adoção dessas técnicas não é rápida nem barata. “É preciso pensar em um cenário de quatro anos para começar a ter lucro e o agricultor brasileiro tem uma margem muito pequena. Se tiver duas ou três safras no vermelho, ele quebra”, explica Assad. Apenas a recuperação das terras agrícolas degradadas no mundo consumiria US\$ 300 bilhões por ano. “Mesmo assim, é mais barato do que não fazer nada”, afirma o biólogo Bruno Brasil, diretor do Departamento de Produção Sustentável e Irrigação do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). Segundo Brasil, a recuperação dessas terras em todo o planeta exigiria o investimento de US\$ 7,5 trilhões até 2050. Já o impacto das mudanças climáticas na agropecuária deve levar a perdas de US\$ 23 trilhões.

“Conhecemos muita coisa que pode ser feita para aumentar a resiliência da agropecuária às mudanças climáticas e reduzir a insegurança alimentar”, comenta Zahedi, da FAO. “O grande desafio é fazer as soluções ganharem escala.” ●

O projeto e os artigos científicos consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.