

Nota Técnica

Nº 30

Dirur

Diretoria de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais

Junho de 2022

AGRICULTURA E PECUÁRIA, ENERGIA E O EFEITO POUPA-FLORESTAS: UM COMPARATIVO INTERNACIONAL

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho



Governo Federal

Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

ipea

Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Erik Alencar de Figueiredo

Diretor de Desenvolvimento Institucional

André Sampaio Zuvanov

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Flavio Lyrio Carneiro

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

Marco Antônio Freitas de Hollanda Cavalcanti

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Nilo Luiz Saccaro Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura

João Maria de Oliveira

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Herton Ellery Araújo

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Paulo de Andrade Jacinto

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação (substituto)

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2022

EQUIPE TÉCNICA

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho

Coordenador de estudos de sustentabilidade ambiental na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); e professor de economia do Ibmec e do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (UFV).
E-mail: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ntdirur30>

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: <<http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>>.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte.
Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 ANÁLISE INTERNACIONAL NO ÂMBITO PRODUTIVO	6
3 SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA	14
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS	29

Este relatório técnico tem como objetivo estudar a produção do agronegócio e analisar alguns indicadores de sustentabilidade. Comparamos a economia brasileira com os principais países agroexportadores: Argentina, Canadá, China, França, Alemanha, Índia e Estados Unidos. É uma análise complementar dos resultados destacados por Vieira Filho (2022a). Além disso, a pesquisa econômica busca avançar na comparação internacional do Brasil com estes países.

O Brasil tem se comprometido com as questões ambientais e se tornou um ator em várias frentes associadas desde a década de 1990. Em 1992, vale destacar que foi realizada no Brasil a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (Rio-92). No início dos anos 2000, as imagens de satélite brasileiras divulgadas (uma ação pioneira)² proporcionaram esforços públicos para reduzir o desmatamento na região amazônica. A consequência resultou em uma redução pronunciada nas taxas de desmatamento e uma diminuição nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em todo o país em cerca de 80,9% desde 2005 (Brasil, 2021b). Em 2010, o governo brasileiro criou o Programa Agricultura de Baixo Carbono³ para apoiar processos produtivos sustentáveis usando canais de crédito rural. Em 2012, o Congresso votou o Código Florestal,⁴ que incluía demandas de preservação ambiental. Estas razões levam-nos a avaliar o período que se inicia em 1990 e termina por volta de 2022 sempre que existam dados econômicos.

As economias mais relevantes do mundo sabem que a produção agropecuária é essencial para o desenvolvimento econômico, e é por isso que períodos de instabilidade nas cadeias globais de abastecimento de alimentos suscitam muitas preocupações. A centralidade do setor agropecuário, em qualquer contexto, está ligada à produção de alimentos, energia e sustentabilidade produtiva e ambiental. O Brasil foi um exemplo para o mundo como um país capaz de criar uma construção institucional induzida na agricultura tropical (Alves, 2010; Vieira Filho, 2022b). Desde a década de 1970, o aumento da produtividade agrícola permitiu a expansão da oferta de alimentos em patamar superior ao crescimento da demanda, o que reduziu o preço dos bens agrícolas (Alves, Souza e Brandão, 2010).

Recentemente, a inflação agrícola levantou preocupações com a segurança alimentar. O aumento da inflação mundial está relacionado a combinações de diferentes choques adversos. Existem variáveis exógenas, como a reabertura das economias pós-pandemia, os altos preços do petróleo, o conflito Rússia e Ucrânia, problemas climáticos (como secas e geadas no ano passado) e escassez de insumos importados da China. No que se refere à economia brasileira, há também fatores internos, como as incertezas políticas do período eleitoral e o aumento relativo dos gastos públicos em meio aos incentivos fiscais. Portanto, existe um ambiente econômico mundial para grandes choques negativos.

Os salários estão subindo por causa do fim da arbitragem trabalhista global com a China no centro. Há interrupções na produção da cadeia de valor com escassez de insumos importados em todo o mundo. Os preços dos alimentos e da energia estão subindo. Por fim, os gastos públicos aumentaram durante a crise da pandemia da covid-19. No Brasil, os gastos públicos aumentaram relativamente para apoiar as pessoas vulneráveis em 2020, mas caíram antes da reabertura da economia no ano passado. Ao mesmo tempo, na contramão das políticas econômicas ao redor do mundo, o Banco Central do Brasil forneceu crédito financeiro para o setor produtivo (indústria e agricultura) em 2020. Em seguida, os formuladores de políticas promoveram uma alta nas taxas de juros para controlar a inflação desde 2021. Infelizmente, o Brasil foi o único país a combater a inflação nas frentes monetária e fiscal. Além disso, a manutenção do crescimento da produtividade agrícola em níveis elevados evitou a escassez de alimentos no mercado interno e externo e contribuiu para um melhor controle da inflação nos médio e longo prazos.

1. Agradecemos a Zenaide Rodrigues Ferreira, do Núcleo de Estudos de Economia Agrícola (ne²agro) do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), pela organização de toda a base de dados apresentada, e igualmente a José Garcia Gasques pelos comentários e dados informativos discutidos na seção sobre a produtividade total dos fatores (PTF).

2. Conferir Silva e Vieira Filho (2020).

3. Chamado também de Programa ABC, é um dos planos setoriais elaborados nos termos do art. 3º do Decreto nº 7.390 de 2010 (disponível em: <<https://bit.ly/3GSisEX>>). O plano ABC era válido até 2020. Em 2021, o Plano ABC+ foi uma atualização para o período 2020-2030 (Brasil, 2021a). A meta era ampliar a área de adoção de tecnologia sustentável em 72,7 milhões de hectares, aumentar os resíduos animais tratados em 208,4 milhões de m³ e abater 5 milhões de bovinos em produção intensiva. Como resultado, a capacidade de mitigação é equivalente a 1.110,34 Mg CO₂eq (milhões de gramas de dióxido de carbono equivalente). Para avaliar o programa da primeira década, ver Silva e Vieira Filho (2020) e Telles *et al.* (2021).

4. A Lei nº 12.651 de 2012 estabeleceu regras gerais sobre a proteção da vegetação nativa, incluindo áreas de preservação permanente, reservas legais (ou áreas particulares preservadas em fazenda) e terras de uso restrito (disponível em: <<https://bit.ly/3mg1NUO>>). Para um estudo que compara a proteção florestal e a legislação de uso da terra de alguns dos dez maiores exportadores mundiais de produtos agrícolas, incluindo Argentina, Brasil, Canadá, China, França, Alemanha e Estados Unidos, ver Chiavari e Mendes (2017).

Antes de qualquer avaliação, é preciso entender o conceito de sustentabilidade. Não há produção sustentável se o centro de nossa hipótese não for o ser humano. Portanto, acreditamos que há um problema socioeconômico por trás do pressuposto ambiental. Os agricultores não têm interesse em destruir o meio ambiente. Ao contrário, suas ações são centrais para o modelo de desenvolvimento produtivo e inclusivo. Assim, o conceito de *desenvolvimento sustentável é definido como o uso de insumos (incluindo recursos naturais escassos) para atender às necessidades humanas e fornecer produtos no presente sem comprometer o desenvolvimento e a produção econômica das gerações futuras.*⁵

De acordo com o Censo Agropecuário 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 9% das propriedades agrícolas mais ricas responderam por 85% do valor da produção; enquanto 91% das propriedades rurais mais pobres foram responsáveis por apenas 15% do valor da produção (Vieira Filho e Gasques, 2020). A preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável não funcionam sem vida humana. *Nossos agricultores produzem alimentos, geram energia e fundamentalmente preservam o meio ambiente.*

Este estudo está dividido em quatro seções para esclarecer esses problemas e desafios de sustentabilidade produtiva. A primeira é esta breve introdução. A segunda faz uma comparação internacional da produção agropecuária. A terceira seção analisa a produção por unidade de emissão de gases de efeito estufa (GEE) e a matriz energética dos países estudados. Por fim, destacam-se sugestões para implementação de políticas públicas.

2 ANÁLISE INTERNACIONAL NO ÂMBITO PRODUTIVO

2.1 Preocupação com a produção global: agroinflação e segurança alimentar

Nos últimos anos e principalmente após a crise da pandemia, os preços dos alimentos aumentaram enquanto um pico marcou a fome no mundo (tabela 1). O índice de preços dos alimentos aumentou mais do que os preços ao consumidor. De 2015 a 2019, os preços dos alimentos representaram uma taxa média anual de crescimento menor do que o índice de preços ao consumidor. Após a pandemia, o comportamento dos preços dos alimentos se inverteu, tendendo a ser mais alto do que antes. De acordo com estatísticas oficiais da FAO,⁶ o número de pessoas subnutridas atingiu o menor resultado por volta de 2015. De 2015 a 2021, essas pessoas vulneráveis se expandiram e mais da metade vive atualmente na Ásia (418 milhões), mais de um terceiro na África (282 milhões) e uma proporção menor na América Latina e Caribe (68 milhões). Embora o impacto da pandemia ainda não tenha sido mapeado, as Nações Unidas projetaram estimativas de que cerca de um décimo da população global (cerca de 811 milhões de pessoas) estava desnutrida nos últimos anos.

Em relação às políticas fiscais e monetárias brasileiras, no início do ano pandêmico de 2020, o gasto público total aumentou 15,3%, enquanto o produto interno bruto variou negativamente por 11,5%. Porém, como pode ser visto no gráfico 1, o Banco Central do Brasil ampliou a oferta de crédito financeiro no mercado a custo mais baixo para evitar a falência de empresas e a perda de empregos. Desde 2021, à medida que as expectativas de taxas de inflação aumentaram, a política monetária mudou, enquanto a política fiscal geralmente reduziu relativamente os gastos públicos. Primeiro, as pessoas vulneráveis foram cobertas por políticas de transferência de renda e mais gastos com saúde durante a pandemia. Em seguida, os gastos sociais foram reduzidos e a taxa de juros se elevou em 2021. Essa política econômica anticíclica contribuiu para salvar empregos e direcionar a trajetória de crescimento do PIB trimestral brasileiro em “V”. O Brasil foi o único país a combater a inflação nas frentes monetária e fiscal. Deve-se ressaltar que, mesmo em um ano conturbado, a produção agrícola de grãos apresentou a maior colheita em 2020, com 257 milhões de toneladas desde o início da série histórica. Mesmo em 2021, a colheita de grão foi a segunda maior observada na produção brasileira. O Brasil tem muito para ajudar o mundo a reduzir a fome e a ampliar a oferta de alimentos. Essa contribuição, sem dúvida, virá por meio de ganhos de produtividade.

5. Para uma discussão mais detalhada sobre a abordagem conceitual, ver CMMAD (1991) e Alvarez e Mota (2010).

6. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

TABELA 1

Indicadores econômicos brasileiros e mundiais (produção, preços, gastos públicos e desnutrição) nos últimos anos

Região	Indicador econômico	2015	2019	2020	2021	Δ% (2019-2020)	Δ% (2020-2021)	Média anual da taxa de crescimento – % (2015-2021)
Brasil	Produção de grãos (1 milhão de toneladas)	208,6	246,8	257,0	255,5	4,1	-0,6	3,4
	Índice de preços de alimentos (2015 = 100)	100,0	120,0	130,9	145,4	9,1	11,0	6,4
	Índice de preços ao consumidor (2015 = 100)	100,0	121,0	124,8	133,3	3,2	6,8	4,9
	Transferência de renda (R\$ 1 bilhão) ¹	127,0	136,6	524,9	161,1	284,3	-69,3	4,0
	Previdência social (R\$ 1 bilhão) ¹	969,6	1.044,6	972,8	804,5	-6,9	-17,3	-3,1
	Saúde (R\$ 1 bilhão) ¹	166,9	163,9	192,4	161,4	17,4	-16,1	-0,6
	Restante dos gastos (R\$ 1 bilhão) ¹	2.787,5	2.586,7	2.845,1	2.764,2	10,0	-2,8	-0,1
	Gasto público total (R\$ 1 bilhão) ¹	4.051,0	3.931,8	4.535,2	3.891,3	15,3	-14,2	-0,7
	Produto interno bruto (R\$ 1 bilhão) ¹	10.381,7	10.079,2	8.915,8	8.700,0	-11,5	-2,4	-2,9
Mundo	Índice de preços de alimentos (2015 = 100)	100,1	111,6	118,7	125,2	6,3	5,5	3,8
	Índice de preços ao consumidor (2015 = 100)	100,0	113,0	116,9	123,1	3,5	5,3	3,5
	Pessoas com desnutrição (1 milhão)	615,1	650,3	768,0	768,0 ²	18,1	-	3,8

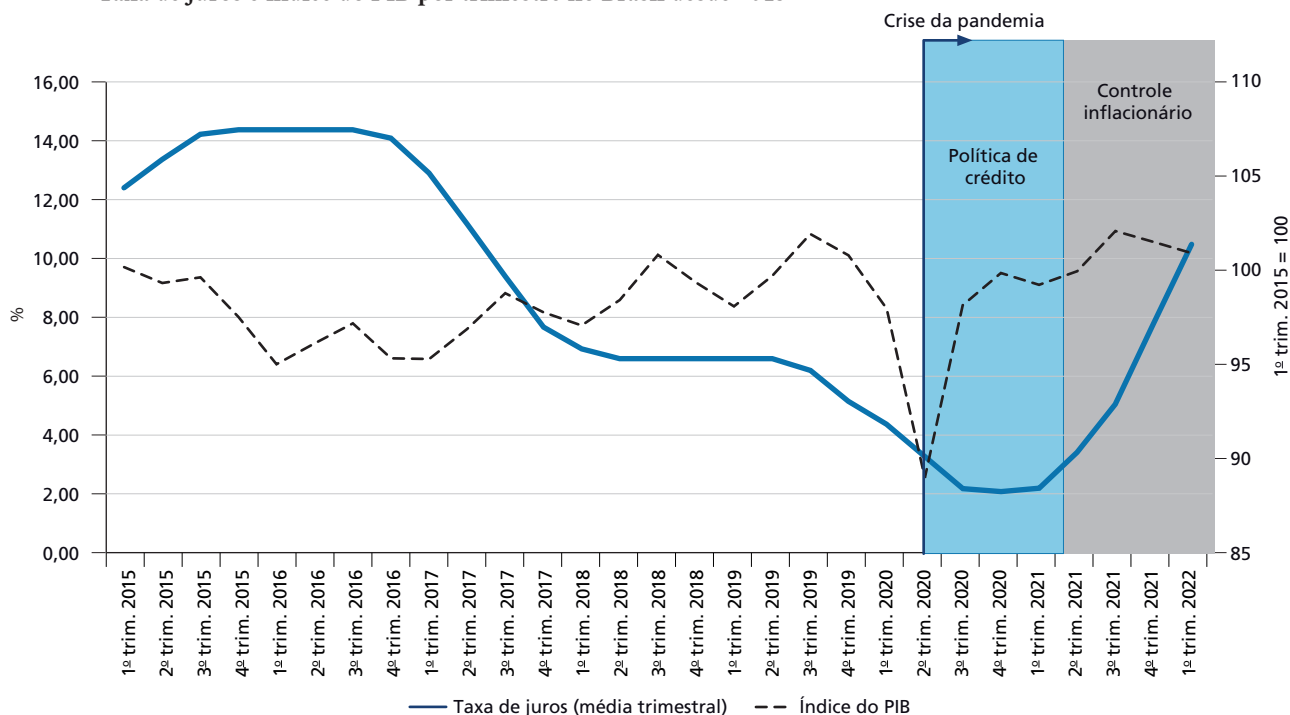
Fontes: Conab (disponível em: <<https://bit.ly/3GYKi2q>>); Tesouro Nacional (disponível em: <<https://bit.ly/3xnjN3f>>); e FAO (disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>).

Notas: ¹ Valores monetários deflacionados a preços de 2021 pelo IGP-DI.

² Dado referente a 2020.

GRÁFICO 1

Taxa de juros e índice do PIB por trimestre no Brasil desde 2015



Fontes: BCB (disponível em: <<https://bit.ly/3aK8hpZ>>); e contas trimestrais do IBGE (disponível em: <<https://bit.ly/3MxoqMK>>).

2.2 PTF⁷

A tabela 2 apresenta os países com inserção relevante no mercado internacional de commodities. De 1990 a 2019, Brasil, China e Índia apresentam os melhores desempenhos comparativos em produtividade. Nas últimas três décadas, o Brasil alcançou a maior taxa de crescimento anual da PTF (3,10%). Em geral, esses países também foram os que lideraram o crescimento da PTF agrícola mundial. As informações divulgadas pelo USDA mostraram que o Brasil começou a liderar o posto de PTF na década de 2000.⁸ Esse resultado foi consistente com os estudos publicados no Brasil, uma vez que a produtividade começou a crescer a taxas superiores a 4% após este período (Gasques *et al.*, 2012; 2022; Alcantara, Vieira Filho e Gasques, 2021).

TABELA 2
Índice agropecuário da PTF por países selecionados (1990-2019)

País	Índice PTF (2015 = 100)				Taxa anual média de crescimento (%)			
	1990	2000	2010	2019	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Argentina	79	93	93	98	1,72	-0,02	0,54	0,75
Brasil	44	62	87	107	3,48	3,43	2,33	3,10
Canadá	70	80	95	110	1,36	1,75	1,56	1,56
China	51	75	91	105	3,93	1,95	1,66	2,54
França	82	88	95	102	0,79	0,70	0,83	0,77
Alemanha	83	88	97	105	0,68	0,94	0,85	0,82
Índia	67	72	87	115	0,68	1,97	3,16	1,89
Estados Unidos	82	95	104	100	1,47	0,90	-0,44	0,68
Mundo	68	79	92	105	1,53	1,65	1,41	1,53

Fonte: USDA. Disponível em: <<https://bit.ly/3NrxYDE>>.

2.3 Produção agrícola e pecuária e o efeito poupa-florestas

A tabela 3 mostra a produção agrícola, área colhida e rendimento produtivo (toneladas por hectare) dos países selecionados. Três décadas foram analisadas. Em relação à produção, Argentina e Brasil lideraram a taxa de crescimento de 1990 a 2019, com 3,48 e 3,43%, respectivamente. Em particular, o Brasil apresentou a maior taxa de crescimento na segunda década avaliada. A França experimentou declínios durante todo o período. Além disso, a França teve o pior desempenho na terceira década. A Alemanha também experimentou a menor taxa de crescimento na segunda década. De acordo com as estatísticas de área colhida, a Argentina foi o país com maior crescimento no período total. O Brasil diminuiu sua área colhida na primeira década, mas aumentou na segunda, alcançando a maior taxa de crescimento (1,30%), e depois se estabilizou na última década em cerca de 0,95%. No geral, Alemanha, Estados Unidos, Canadá e França reduziram suas respectivas áreas colhidas. Finalmente, em termos de rendimento agrícola, o Brasil liderou todo o período com uma taxa de 2,74%. Além disso, o Brasil obteve uma das maiores taxas durante as primeira e segunda décadas. Os piores rendimentos agrícolas foram observados na França e na Alemanha. Quanto maior o desempenho produtivo, maior a capacidade do país de produzir com eficiência técnica. O Brasil se destacou nesse quesito.

7. O crescimento da PTF pode ser entendido como um aumento do produto que um aumento do insumo não pode explicar. Normalmente, mede o fator residual, dado pela diferença entre as taxas de crescimento do produto e do insumo. É uma estimativa de ganhos de produtividade. O relatório técnico organizado pelo United States Department of Agriculture (USDA) estima a PTF por meio do índice Tornqvist (disponível em: <<https://bit.ly/3NrxYDE>>). Mais detalhes sobre o conceito envolvido no cálculo da PTF podem ser encontrados em Jorgenson (1995) e Alves (2004).

8. Disponível em: <<https://bit.ly/3NrxYDE>>.

TABELA 3

Produção agrícola, área colhida e rendimento produtivo por países selecionados (1990-2020)

Variável	País	Ano				Média anual da taxa de crescimento (%)			
		1990	2000	2010	2020	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Produção (1 milhão de toneladas)	Argentina	62,5	97,9	128,8	174,4	4,58	2,78	3,08	3,48
	Brasil	399,5	503,2	965,5	1.099,6	2,33	6,73	1,31	3,43
	Canadá	69,9	74,3	77,9	108,7	0,62	0,47	3,40	1,48
	China	819,6	1.168,2	1.526,0	1.827,5	3,61	2,71	1,82	2,71
	França	119,3	128,2	126,5	111,2	0,73	-0,13	-1,29	-0,23
	Alemanha	92,5	98,6	89,1	93,7	0,64	-1,01	0,51	0,04
	Índia	551,4	721,5	845,8	1.087,3	2,72	1,60	2,54	2,29
	Estados Unidos	507,1	607,2	649,0	707,5	1,82	0,67	0,87	1,12
Área colhida (1 milhão de hectares)	Argentina	9,9	12,4	9,7	18,7	2,29	-2,43	6,81	2,15
	Brasil	34,0	33,2	37,8	41,6	-0,23	1,30	0,95	0,67
	Canadá	22,2	21,2	16,4	20,0	-0,47	-2,50	1,97	-0,35
	China	122,7	130,2	141,1	151,1	0,59	0,80	0,69	0,70
	França	12,0	11,5	11,5	11,1	-0,47	0,00	-0,35	-0,27
	Alemanha	8,7	8,3	7,6	7,2	-0,45	-0,92	-0,55	-0,64
	Índia	138,8	138,2	148,6	161,0	-0,04	0,73	0,81	0,50
	Estados Unidos	71,4	64,5	63,3	59,1	-1,00	-0,19	-0,69	-0,63
Rendimento (t/ha)	Argentina	6,3	7,9	13,3	9,3	2,24	5,35	-3,50	1,30
	Brasil	11,7	15,1	25,5	26,4	2,57	5,36	0,35	2,74
	Canadá	3,2	3,5	4,7	5,4	1,09	3,04	1,40	1,84
	China	6,7	9,0	10,8	12,1	3,00	1,89	1,12	2,00
	França	9,9	11,2	11,0	10,0	1,21	-0,13	-0,94	0,04
	Alemanha	10,6	11,8	11,7	13,0	1,10	-0,09	1,06	0,69
	Índia	4,0	5,2	5,7	6,8	2,77	0,87	1,72	1,78
	Estados Unidos	7,1	9,4	10,2	12,0	2,85	0,86	1,57	1,76

Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

A tabela 4 concentra-se na produção pecuária e compara as principais estatísticas econômicas desses países. O estoque de animais chineses de 1990 a 2019 diminuiu enquanto as pastagens se estabilizaram desde 2000. O peso da carcaça apresentou um desempenho negativo e o rendimento da produção foi significativamente reduzido devido ao abate precoce dos animais na China. Portanto, a produção pecuária chinesa se mostra muito fraca comparativamente aos demais países. O Brasil apresentou o melhor resultado produtivo (rendimento e peso de carcaça). O peso da carcaça dos bovinos aumentou ao longo do período, aumentando o rendimento da produção. Simultaneamente, houve um aumento na produção brasileira. Ao mesmo tempo, as pastagens diminuíram, significando um aumento na taxa de lotação. Em 2020, três quartos dos estoques de animais estavam concentrados no Brasil, Índia e Estados Unidos, nessa ordem. No entanto, o consumo de carne bovina na Índia não é generalizado por razões culturais e religiosas. A produção pecuária na França e na Alemanha vem caindo ao longo do tempo, além de perder competitividade. A intensificação produtiva nesses dois países também está em queda.

TABELA 4

Produção pecuária, rebanho, pastagens, peso de carcaça, taxa de lotação e rendimento por países selecionados (1990-2020)

Variável	País	Ano				Média anual da taxa de crescimento (%)			
		1990	2000	2010	2020	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Produção (1 milhão de kg)	Argentina	11.837,3	10.669,4	10.832,6	12.335,4	-1,03	0,15	1,31	0,14
	Brasil	26.905,0	35.877,7	48.466,9	73.713,0	2,92	3,05	4,28	3,42
	Canadá	3.010,4	4.348,5	4.196,3	4.399,0	3,75	-0,36	0,47	1,27
	China	11.857,9	14.919,8	10.041,4	9.047,1	2,32	-3,88	-1,04	-0,90
	França	6.129,4	5.930,5	5.796,2	5.689,0	-0,33	-0,23	-0,19	-0,25
	Alemanha	5.826,7	4.457,5	4.058,0	3.757,9	-2,64	-0,93	-0,77	-1,45
	Índia	20.371,5	19.768,2	20.001,1	20.031,7	-0,30	0,12	0,02	-0,06
	Estados Unidos	28.428,6	31.394,2	31.517,2	34.741,0	1,00	0,04	0,98	0,67
Rebanho (1 milhão de cabeças)	Argentina	52,8	48,7	48,9	54,5	-0,82	0,06	1,07	0,10
	Brasil	147,1	169,9	209,5	218,2	1,45	2,12	0,40	1,32
	Canadá	11,2	13,2	12,7	11,3	1,64	-0,41	-1,17	0,01
	China	77,9	104,6	68,9	61,1	2,99	-4,09	-1,19	-0,81
	França	21,4	21,3	19,6	17,8	-0,06	-0,83	-0,94	-0,61
	Alemanha	20,3	14,7	12,8	11,3	-3,20	-1,34	-1,24	-1,93
	Índia	202,5	191,9	194,2	194,5	-0,53	0,12	0,02	-0,13
	Estados Unidos	95,8	98,2	94,1	93,8	0,25	-0,43	-0,03	-0,07
Pastagens (milhões de hectares)	Argentina	100,0	99,9	87,3	74,7 ¹	-0,01	-1,34	-1,55	-0,97
	Brasil	178,4	173,5	170,2	173,4 ¹	-0,28	-0,19	0,19	-0,10
	Canadá	19,9	20,1	20,4	19,3 ¹	0,11	0,13	-0,54	-0,10
	China	374,4	392,8	392,8	392,8 ¹	0,48	0,00	0,00	0,16
	França	11,6	10,3	9,6	9,5 ¹	-1,17	-0,70	-0,07	-0,65
	Alemanha	5,6	5,0	4,7	4,8 ¹	-1,06	-0,81	0,20	-0,56
	Índia	11,3	10,8	10,3	10,3 ¹	-0,41	-0,48	-0,08	-0,32
	Estados Unidos	239,2	236,3	246,6	245,4 ¹	-0,12	0,43	-0,05	0,09
Peso da carcaça (kg/cabeça)	Argentina	224,0	219,2	221,3	226,5	-0,22	0,10	0,23	0,04
	Brasil	182,9	211,2	231,3	337,9	1,45	0,91	3,86	2,07
	Canadá	268,3	329,4	331,2	390,5	2,07	0,05	1,66	1,26
	China	152,2 ²	142,7	145,8	148,0	-0,64	0,22	0,15	-0,09
	França	286,5	279,0	296,4	319,8	-0,26	0,61	0,76	0,37
	Alemanha	287,2	304,1	316,8	332,5	0,57	0,41	0,48	0,49
	Índia	100,6	103,0	103,0	103,0	0,24	0,00	0,00	0,08
	Estados Unidos	296,7	319,7	335,0	370,4	0,75	0,47	1,01	0,74
Taxa de lotação (cabeça/hectare)	Argentina	0,53	0,49	0,56	0,73	-0,81	1,42	2,66	1,08
	Brasil	0,82	0,98	1,23	1,26	1,74	2,32	0,22	1,42
	Canadá	0,56	0,66	0,62	0,58	1,53	-0,54	-0,63	0,11
	China	0,21	0,27	0,18	0,16	2,49	-4,09	-1,19	-0,96
	França	1,84	2,06	2,03	1,86	1,12	-0,13	-0,87	0,03
	Alemanha	3,61	2,90	2,75	2,38	-2,16	-0,54	-1,45	-1,38
	Índia	17,91	17,70	18,78	18,95	-0,12	0,60	0,09	0,19
	Estados Unidos	0,40	0,42	0,38	0,38	0,37	-0,85	0,02	-0,16

(Continua)

(Continuação)

Variável	País	Ano				Média anual da taxa de crescimento (%)			
		1990	2000	2010	2020	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Rendimento (Kg/hectare)	Argentina	118,4	106,8	124,1	165,2	-1,02	1,51	2,90	1,12
	Brasil	150,8	206,8	284,8	425,2	3,21	3,25	4,09	3,52
	Canadá	151,1	215,8	205,5	227,4	3,63	-0,49	1,02	1,37
	China	31,7	38,0	25,6	23,0	1,83	-3,88	-1,04	-1,06
	França	528,4	575,1	602,9	596,0	0,85	0,47	-0,11	0,40
	Alemanha	1.037,1	883,0	871,8	791,0	-1,60	-0,13	-0,97	-0,90
	Índia	1.802,1	1.822,8	1.934,5	1.952,2	0,11	0,60	0,09	0,27
	Estados Unidos	118,9	132,8	127,8	141,6	1,12	-0,38	1,03	0,58

Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

Notas: ¹ 2019.

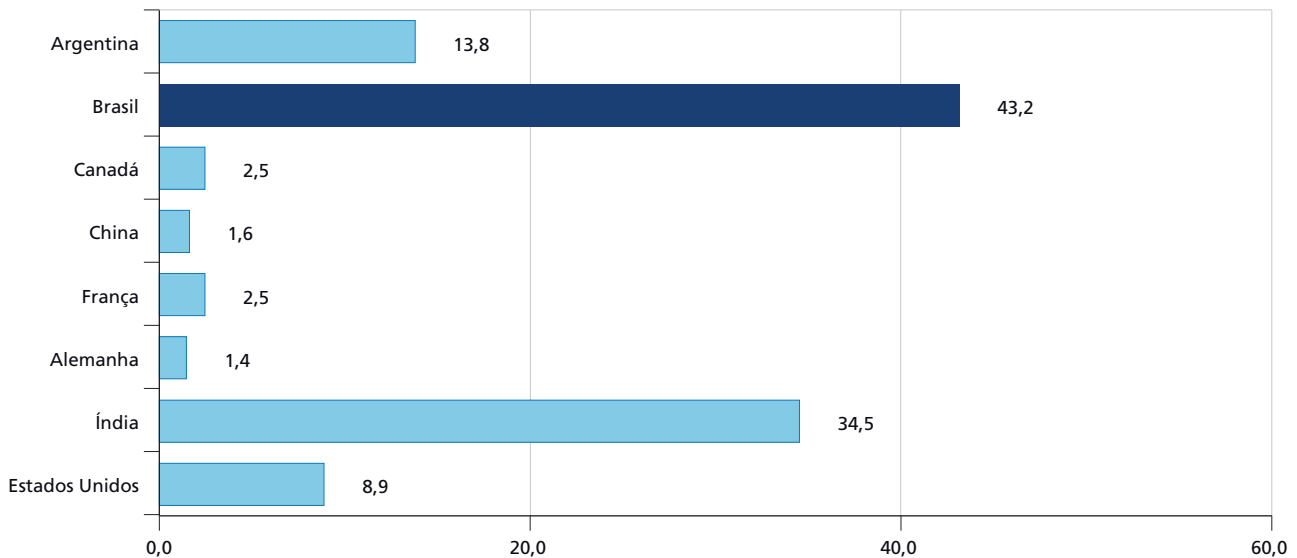
² 1991.

Ao analisar o desenvolvimento produtivo agropecuário, este estudo mede o efeito poupa-florestas,⁹ um índice do impacto da mudança técnica na produção agropecuária. Para construir uma medida de preservação de floresta, é crucial responder à pergunta: qual é a extensão do tamanho da terra necessária para produzir a quantidade atual de alimentos ou carne, dados os padrões de produção anteriores de tecnologia e rendimentos? Se for observado um aumento de produtividade ao longo do tempo, esta resposta indica a área florestal poupada para produzir a mesma quantidade de produto posteriormente. Assim, o indicador pode medir a extensão do tamanho de terra poupado, um recurso escasso que provavelmente foi economizado devido às mudanças tecnológicas.

Conforme mostrado no gráfico 2, Brasil e Índia lideraram o ranking do efeito poupa-florestas. O resultado brasileiro se deve aos ganhos de produtividade em geral, tanto na agricultura quanto na pecuária. Por outro lado, o caso indiano estava associado exclusivamente à produção agrícola, pois sua resposta pecuária se mostrou muito baixa. Alemanha, China, França e Canadá apresentaram os menores resultados, não contribuindo para a sustentabilidade produtiva e ambiental via ganhos de produtividade. O gráfico 3 apresenta a participação brasileira do efeito poupa-florestas pelo território nacional e sua dimensão temporal.

GRÁFICO 2

Parcela do efeito poupa-florestas no território nacional por países selecionados: contribuição agropecuária (2020)
(Em %)



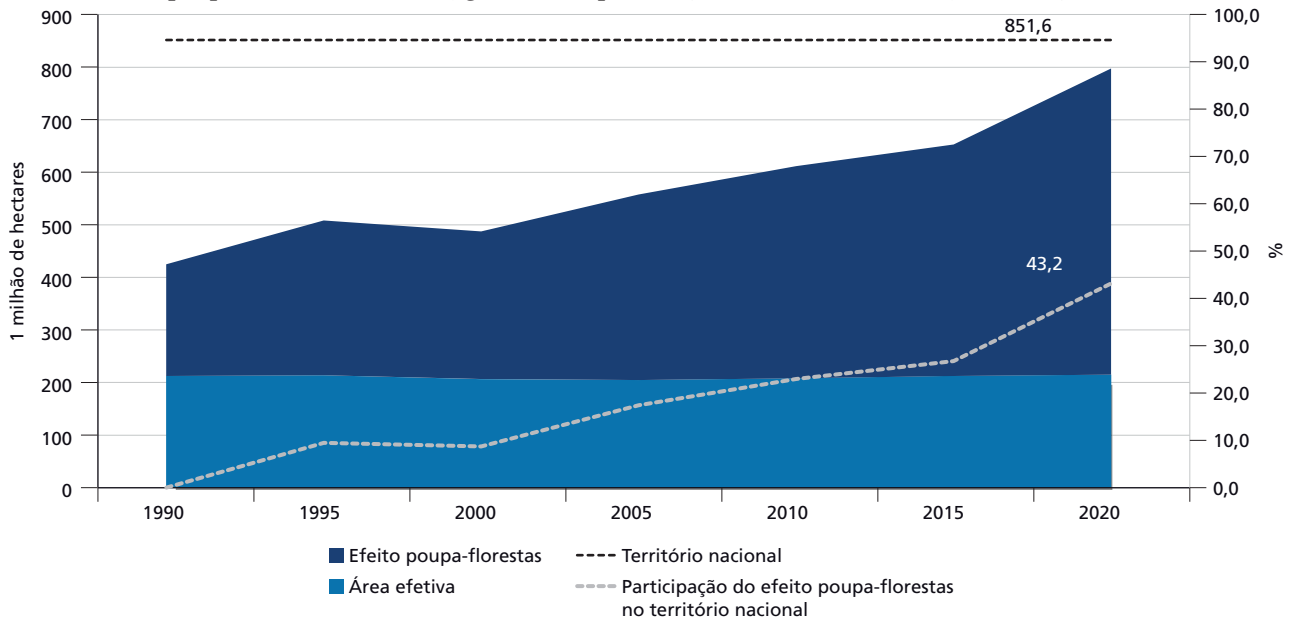
Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

Elaboração do autor.

9. Esse conceito é semelhante à abordagem de economia de terra estudada por Martha Júnior, Alves e Contini (2012). Para aprofundar a expansão da pecuária brasileira, ver Vieira Filho (2017).

GRÁFICO 3

Efeito poupa-florestas no Brasil (agricultura e pecuária) no território nacional (1990-2020)



Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>. Elaboração do autor.

2.4 Mudança no uso da terra

De acordo com os dados da tabela 5, as terras agrícolas brasileiras, comparadas a outros países, apresentaram um dos menores percentuais (7,5%) da área total ocupada, ficando abaixo da Índia (51,5%), França (34,7%), Alemanha (33,3%), Estados Unidos (16,3%), China (14,1%) e Argentina (12,1%). Ao comparar a área destinada à agricultura e pecuária (lavouras mais pastagens), o Brasil apresentou um dos menores percentuais (27,8%). Mais uma vez, ficou em posição mais favorável em relação a outros países, como China (55,1%), Índia (54,6%), França (52,1%), Alemanha (46,6%), Estados Unidos (41,3%) e Argentina (39%). Além disso, em relação às áreas de florestas nativas e plantadas, o Brasil apresentou a maior proporção de terras preservadas (58,5%), enquanto outros países apresentaram percentuais menores, geralmente abaixo de 35%. Na última década, a redução de florestas nativas e plantadas representou um desmatamento de apenas 2,9 milhões de hectares¹⁰ ou cerca de 0,3% do território nacional. O Brasil ocupa apenas 1,3% de suas terras em florestas plantadas, enquanto a Alemanha tem a maior participação, chegando a 16% desse indicador. Por um lado, o Brasil apresentou uma das maiores taxas de crescimento de florestas plantadas, principalmente nas últimas duas décadas. Por outro lado, a Alemanha teve a menor taxa de crescimento de 1990 a 2019.

TABELA 5

Uso da terra por países selecionados (1990-2019)

Uso da terra	País	Ano (1 milhão de hectares)				Participação no território nacional – % (2019)	Média anual da taxa de crescimento (%)			
		1990	2000	2010	2019		1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Área agrícola	Argentina	27,6	28,6	39,0	33,7	12,1	0,37	3,14	-1,61	0,69
	Brasil	56,5	54,9	61,7	63,5	7,5	-0,28	1,17	0,33	0,41
	Canadá	41,5	41,1	37,9	38,8	3,9	-0,08	-0,83	0,28	-0,23
	China	132,2	130,9	136,1	135,7	14,1	-0,10	0,39	-0,03	0,09
	França	19,0	19,5	19,3	19,1	34,7	0,26	-0,09	-0,14	0,01
	Alemanha	12,4	12,0	12,0	11,9	33,3	-0,32	0,02	-0,12	-0,14
	Índia	170,1	170,1	169,2	169,3	51,5	0,00	-0,05	0,01	-0,02
	Estados Unidos	187,8	178,1	160,4	160,4	16,3	-0,53	-1,04	0,00	-0,54

(Continua)

10. O desmatamento líquido é a diferença entre as florestas nativas em 2010 e a soma das florestas nativas e plantadas em 2019 [551,6 - (497,8 + 10,9)].

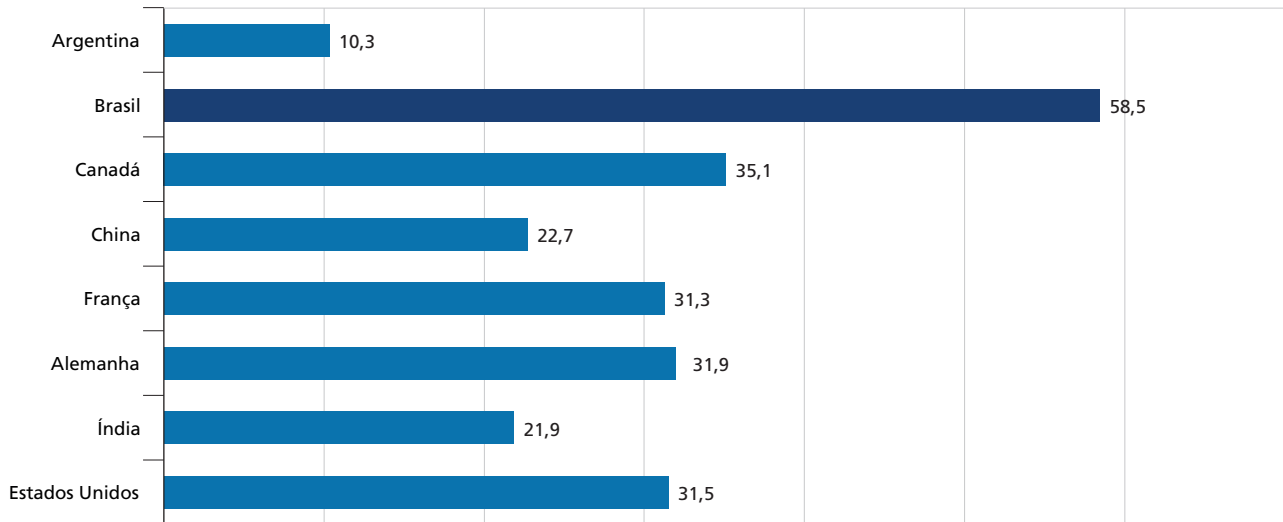
Uso da terra	País	Ano (1 milhão de hectares)				Participação no território nacional – % (2019)	Média anual da taxa de crescimento (%)			
		1990	2000	2010	2019		1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Pastagens	Argentina	100,0	99,9	87,3	74,7	26,9	-0,01	-1,34	-1,72	-1,00
	Brasil	178,4	173,5	170,2	173,4	20,4	-0,28	-0,19	0,21	-0,10
	Canadá	19,9	20,1	20,4	19,3	2,0	0,11	0,13	-0,60	-0,10
	China	374,4	392,8	392,8	392,8	40,9	0,48	0,00	0,00	0,17
	França	11,6	10,3	9,6	9,5	17,4	-1,17	-0,70	-0,08	-0,67
	Alemanha	5,6	5,0	4,7	4,8	13,3	-1,06	-0,81	0,23	-0,58
	Índia	11,3	10,8	10,3	10,3	3,1	-0,41	-0,48	-0,08	-0,33
	Estados Unidos	239,2	236,3	246,6	245,4	25,0	-0,12	0,43	-0,05	0,09
Florestas nativas	Argentina	35,2	33,4	30,2	28,7	10,3	-0,53	-0,99	-0,58	-0,70
	Brasil	588,9	551,1	511,6	497,8	58,5	-0,66	-0,74	-0,30	-0,58
	Canadá	348,3	347,8	347,3	347,0	35,1	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
	China	157,1	177,0	200,6	218,1	22,7	1,20	1,26	0,93	1,14
	França	14,4	15,3	16,4	17,2	31,3	0,58	0,72	0,50	0,60
	Alemanha	11,3	11,4	11,4	11,4	31,9	0,05	0,05	0,01	0,04
	Índia	63,9	67,6	69,5	71,9	21,9	0,56	0,28	0,38	0,41
	Estados Unidos	302,5	303,5	308,7	309,8	31,5	0,04	0,17	0,04	0,08
Florestas plantadas	Argentina	0,8	1,1	1,2	1,4	0,5	3,46	0,99	1,89	2,11
	Brasil	3,6	3,7	7,3	10,9	1,3	0,26	7,21	4,47	3,92
	Canadá	4,6	9,4	14,0	17,7	1,8	7,35	4,09	2,65	4,75
	China	44,2	54,8	73,3	83,6	8,7	2,19	2,95	1,47	2,23
	França	1,5	1,6	2,1	2,4	4,4	0,37	2,71	1,64	1,57
	Alemanha	5,7	5,7	5,7	5,7	16,0	0,05	0,05	0,01	0,04
	Índia	5,7	9,4	12,8	13,2	4,0	5,07	3,15	0,38	2,93
	Estados Unidos	17,9	22,6	25,6	27,5	2,8	2,32	1,26	0,82	1,49

Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

O gráfico 4 mostra a participação percentual de florestas nativas e plantadas no território total de cada país. Nessa comparação, o Brasil tem a maior parcela de áreas preservadas. No gráfico, a contribuição nacional se destaca mais claramente quando comparada a outros países. O Canadá ocupou o segundo lugar, atingindo 35,1%, seguido pela Alemanha, Estados Unidos e França (todos com participação de um terço de seus territórios).

GRÁFICO 4

Participação percentual de florestas (nativas e plantadas) por países selecionados (2019)



Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

Portanto, como visto por Vieira Filho (2020), esses números mostram que o Brasil tem preservado uma área substancial com florestas nativas, mesmo com crescimento agrícola sólido e uso relativamente baixo da terra destinada à produção agropecuária com pastagens ou lavouras. O Brasil está comprometido em alcançar as metas de restauração e preservação florestal internacionalmente. A legislação brasileira tem potencial para impulsionar o uso eficiente dos recursos produtivos e tornar-se em um instrumento eficaz para a sustentabilidade ambiental. Mesmo com todas as críticas ao país, fica claro que a contribuição brasileira é substancial em relação a outros países, notadamente nossos principais críticos e competidores. Além disso, o Brasil também está à frente de seus principais concorrentes na legislação ambiental.

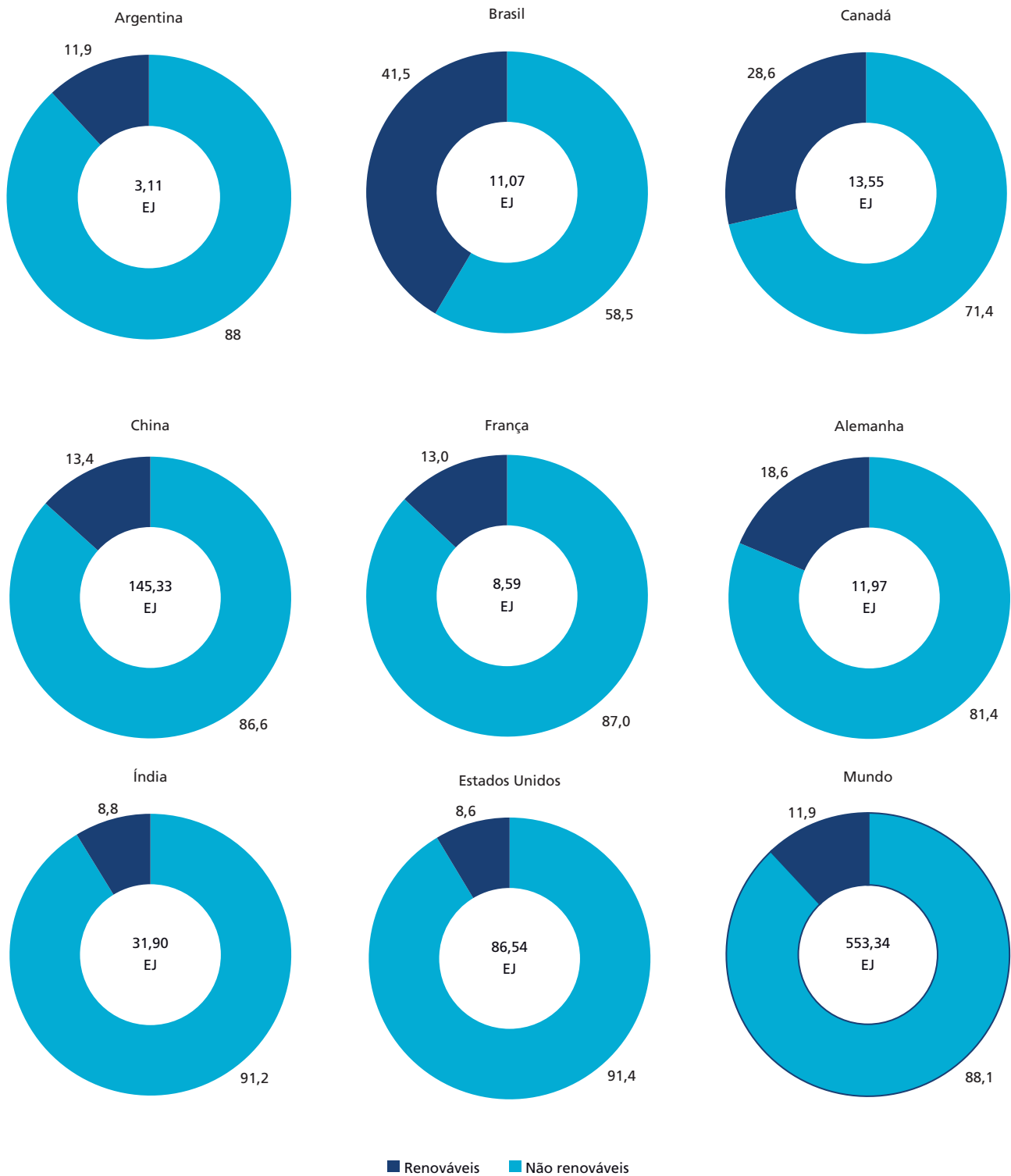
Recentemente, a União Europeia e os Estados Unidos aprovaram o uso de áreas de conservação. De acordo com USDA (2022), os agricultores americanos podem plantar em terras que atualmente fazem parte do programa federal de conservação sem que haja penalidade. Isto se justifica para aliviar as preocupações globais com o suprimento de alimentos. Pela mesma razão (EC, 2022), a resposta de abastecimento da União Europeia é limitada pela disponibilidade de terras férteis. Para aumentar a capacidade de produção, os Estados-Membros autorizaram excepcional e temporariamente os agricultores europeus a produzirem alimentos e rações em terras de pousio como parte das zonas ecológicas, mantendo ao mesmo tempo todo o nível de pagamento de subsídios. Essas políticas vão de encontro ao que a visão internacional vinha implementando nas últimas décadas.

3 SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

3.1 Matriz energética

O gráfico 5 mostra os percentuais de consumo de energia por fontes não renováveis (petróleo, gás, carvão e nuclear) e renováveis (hidrelétrica, solar, eólica, geotérmica, biomassa e outras). O Brasil tem a maior participação de consumo de energia limpa em sua matriz energética na comparação internacional. No Brasil, cerca de 41,5% foi relacionado ao consumo de energia limpa em 2020. Os demais países apresentam percentuais abaixo de 20%, exceto Canadá, com 28,6% de consumo de energia renovável. Os Estados Unidos e a Índia têm as menores participações no consumo de energia renovável, menos de 9%. O consumo médio mundial de energia renovável é de 11,9%, valor próximo ao da Argentina (11,9%), China (13,4%), França (13%) e Alemanha (18,6%).

GRÁFICO 5
Matriz energética: fontes não renováveis e renováveis por países selecionados (2020)
(Em %)



Fonte: BP Group (2021).

A tabela 6 apresenta o consumo de energia por diferentes fontes, como não renováveis (petróleo, gás, carvão e nuclear) e renováveis (hidroeletricidade, solar, eólica, geotérmica, biomassa e outras). O consumo energético brasileiro é baseado principalmente em petróleo (38,4%) e hidrelétrica (29,3%), somando cerca de 67,7%. No entanto, como mostrado anteriormente, o Brasil tem uma grande parcela da produção de biocombustíveis (quase 12%). Por causa da produção de energia hidrelétrica e etanol, a matriz energética brasileira é considerada uma das mais limpas do mundo, com fontes renováveis em torno de 41,5% de participação.

TABELA 6

Participação no consumo de energia por diferentes fontes por países selecionados (2020)

(Em %)

País e região	Petróleo	Gás natural	Carvão	Nuclear	Hidroeletricidade	Solar	Eólica	Geotermal, biomassa e outras	Consumo
Argentina	32,9	50,2	1,0	3,0	8,6	0,4	2,7	1,2	100,0
Brasil	38,4	9,6	4,8	1,1	29,3	0,6	4,2	11,9	100,0
Canadá	31,3	29,8	3,6	6,4	25,1	0,3	2,4	1,3	100,0
China	19,6	8,2	56,6	2,2	8,1	1,6	2,8	0,9	100,0
França	30,8	16,8	2,2	36,1	6,3	1,3	4,1	2,4	100,0
Alemanha	34,8	25,7	15,2	4,7	1,4	3,7	9,6	4,9	100,0
Índia	28,2	6,7	54,8	1,2	4,5	1,6	1,7	1,2	100,0
Estados Unidos	37,1	34,1	10,5	8,4	2,9	1,4	3,4	2,2	100,0
Mundo	31,3	24,7	27,2	4,3	6,9	1,4	2,5	1,8	100,0

Fonte: BP Group (2021).

A tabela 7 mostra a matriz energética (em exajoules) por fontes não renováveis e renováveis, comparando os principais países agroexportadores selecionados. Além disso, foram calculadas as taxas de crescimento anuais para a última década e para todo o período estudado. De modo geral, o consumo de energia brasileiro não é tão alto quanto o dos Estados Unidos e da China, mas tem excelente potencial de crescimento em fontes renováveis.

TABELA 7

Matriz energética por fontes não renováveis e renováveis para os países selecionados (1990-2020)

(Em exajoule)

País e região	Ano	Não renovável					Renovável					Total (A + B)
		Petróleo	Gás natural	Carvão	Nuclear	Total (A)	Hidroeletricidade	Solar	Eólica	Geotermal, biomassa e outras	Total (B)	
Argentina	1990	0,83	0,71	0,04	0,07	1,66	0,18	0,00	0,00	0,00	0,18	1,84
	2000	0,95	1,16	0,03	0,06	2,21	0,34	0,00	0,00	0,01	0,35	2,55
	2010	1,18	1,52	0,05	0,07	2,81	0,38	0,00	0,00	0,04	0,40	3,23
	2020	1,03	1,58	0,03	0,09	2,74	0,27	0,01	0,08	0,04	0,37	3,15
	TC 2010-2020	-1,3	0,4	-4,1	3,4	-0,3	-3,3	161,2	79,8	-0,5	-0,7	-0,3
	TC 1990-2020	0,7	2,7	-1,1	0,9	1,7	1,4	-	-	12,7	2,4	1,8
Brasil	1990	2,47	0,11	0,40	0,02	3,01	2,07	0,00	0,00	0,28	2,11	5,36
	2000	3,72	0,35	0,54	0,06	4,68	3,04	0,00	0,00	0,32	3,12	8,04
	2010	4,54	0,99	0,61	0,14	6,27	3,79	0,00	0,02	0,87	4,11	10,95
	2020	4,61	1,16	0,58	0,14	6,48	3,52	0,07	0,51	1,43	4,59	12,01
	TC 2010-2020	0,1	1,5	-0,4	0,0	0,3	-0,7	-	37,9	5,0	1,1	0,9
	TC 1990-2020	2,1	8,1	1,2	6,2	2,6	1,8	-	-	5,5	2,6	2,7
Canadá	1990	3,47	2,30	1,14	0,72	7,62	2,96	0,00	0,00	0,04	3,00	10,62
	2000	3,99	3,21	1,28	0,72	9,21	3,57	0,00	0,00	0,09	3,66	12,87
	2010	4,57	3,31	1,03	0,85	9,76	3,30	0,00	0,08	0,13	3,48	13,27
	2020	4,26	4,05	0,50	0,87	9,68	3,42	0,04	0,32	0,18	3,87	13,63
	TC 2010-2020	-0,7	2,0	-7,1	0,2	-0,1	0,4	32,3	14,6	2,7	1,1	0,3
	TC 1990-2020	0,7	1,9	-2,7	0,6	0,8	0,5	-	38,3	5,1	0,9	0,8

(Continua)

(Continuação)

País e região	Ano	Não renovável					Renovável					Total (A + B)
		Petróleo	Gás natural	Carvão	Nuclear	Total (A)	Hidroeletricidade	Solar	Eólica	Geotermal, biomassa e outras	Total (B)	
China	1990	4,79	0,56	22,08	0,00	27,43	1,27	0,00	0,00	0,00	1,27	28,70
	2000	9,58	0,89	29,56	0,17	40,20	2,22	0,00	0,01	0,03	2,26	42,45
	2010	18,99	3,92	73,22	0,70	96,84	6,68	0,01	0,46	0,30	7,38	104,29
	2020	28,50	11,90	82,27	3,25	125,92	11,74	2,32	4,14	1,33	19,41	145,46
	TC 2010-2020	4,1	11,7	1,2	16,6	2,7	5,8	79,8	24,5	15,9	10,1	3,4
	TC 1990-2020	6,1	10,8	4,5	-	5,2	7,7	47,5	50,3	29,0	9,5	5,6
França	1990	3,88	1,09	0,80	3,14	8,91	0,54	0,00	0,00	0,02	0,56	9,46
	2000	4,10	1,50	0,59	4,15	10,34	0,66	0,00	0,00	0,04	0,69	11,05
	2010	3,53	1,78	0,48	4,02	9,82	0,59	0,01	0,09	0,14	0,73	10,65
	2020	2,68	1,46	0,19	3,14	7,48	0,54	0,12	0,36	0,20	1,12	8,70
	TC 2010-2020	-2,7	-2,0	-8,7	-2,4	-2,7	-0,8	34,9	14,5	3,5	4,3	-2,0
	TC 1990-2020	-1,2	1,0	-4,6	0,0	-0,6	0,0	-	48,2	8,2	2,3	-0,3
Alemanha	1990	5,53	2,29	5,51	1,53	14,86	0,17	0,00	0,00	0,01	0,19	15,05
	2000	5,65	2,99	3,57	1,70	13,91	0,25	0,00	0,10	0,06	0,39	14,31
	2010	4,89	3,17	3,23	1,32	12,60	0,20	0,11	0,36	0,43	0,99	13,70
	2020	4,21	3,12	1,84	0,57	9,74	0,17	0,45	1,16	0,59	2,23	12,11
	TC 2010-2020	-1,5	-0,2	-5,4	-8,0	-2,5	-1,7	15,1	12,4	3,2	8,5	-1,2
	TC 1990-2020	-0,9	1,0	-3,6	-3,2	-1,4	-0,2	42,9	28,0	13,2	8,6	-0,7
Índia	1990	2,50	0,42	4,59	0,06	7,57	0,66	0,00	0,00	0,00	0,66	8,24
	2000	4,61	0,91	6,88	0,16	12,56	0,77	0,00	0,02	0,02	0,80	13,37
	2010	6,60	2,12	12,16	0,22	21,10	1,02	0,00	0,18	0,17	1,34	22,48
	2020	9,02	2,15	17,54	0,40	29,10	1,45	0,52	0,54	0,37	2,80	31,98
	TC 2010-2020	3,2	0,1	3,7	6,2	3,3	3,6	85,8	11,4	7,9	7,6	3,6
	TC 1990-2020	4,4	5,6	4,6	6,3	4,6	2,6	-	28,3	25,9	4,9	4,6
Estados Unidos	1990	33,50	18,61	19,22	6,07	77,41	2,92	0,00	0,03	0,63	3,53	81,00
	2000	38,35	22,62	22,63	7,94	91,54	2,73	0,01	0,06	0,80	3,46	95,13
	2010	35,61	23,33	20,88	7,97	87,80	2,41	0,03	0,90	1,77	4,05	92,91
	2020	32,54	29,95	9,20	7,39	79,08	2,56	1,19	3,03	1,93	7,46	87,79
	TC 2010-2020	-0,9	2,5	-7,9	-0,8	-1,0	0,6	45,3	12,9	0,9	6,3	-0,6
	TC 1990-2020	-0,1	1,6	-2,4	0,7	0,1	-0,4	21,2	16,9	3,8	2,5	0,3
Mundo	1990	135,60	70,14	93,23	20,00	318,98	21,59	0,00	0,04	1,53	22,80	342,14
	2000	154,39	86,38	98,73	25,81	365,31	26,52	0,01	0,31	2,31	28,70	394,47
	2010	172,53	113,78	151,21	25,99	463,50	32,25	0,32	3,25	6,06	39,39	505,38
	2020	174,20	137,62	151,42	23,98	487,23	38,16	7,60	14,13	9,98	66,11	557,10
	TC 2010-2020	0,1	1,9	0,0	-0,8	0,5	1,7	37,4	15,8	5,1	5,3	1,0
	TC 1990-2020	0,8	2,3	1,6	0,6	1,4	1,9	28,7	22,0	6,4	3,6	1,6

Fonte: BP Group (2021).

Obs.: TC – taxa anual de crescimento.

3.2 Geração de eletricidade

O Brasil se destaca nos países comparados pelos dados de geração de energia elétrica. A tabela 8 apresenta dados desagregados por tipo de fonte de energia elétrica demandada por cada país de 1990 a 2020. A oferta de energia elétrica brasileira foi comparável a Canadá, França e Alemanha, à frente da Argentina e atrás das demais economias. Os Estados Unidos e a China são os principais países na geração de eletricidade. Canadá, China, Alemanha, Índia e Estados Unidos tentaram diminuir a geração de eletricidade a partir do petróleo. No entanto, as gerações de eletricidade de petróleo americana e chinesa ainda são altas em comparação com os outros países. O Brasil apresentou uma taxa de crescimento negativa da geração de eletricidade a petróleo na última década (2010-2020). As taxas de crescimento das fontes não renováveis no Brasil foram altas no período; embora essas fontes representassem inicialmente uma pequena parcela, qualquer incremento representa um aumento significativo na taxa de crescimento. Isso não significa que o Brasil esteja gerando mais eletricidade em números absolutos do que as demais economias. China, Brasil e Canadá são os maiores produtores de energia hidrelétrica. A hidroeletricidade chinesa é quase o triplo da brasileira e da canadense.

TABELA 8

Geração de eletricidade por fontes não renováveis e renováveis e por países selecionados (1990-2020)

(Em terawatt-hora)

País	Ano	Não renovável					Renovável					Total (A + B)
		Petróleo	Gás natural	Carvão	Nuclear	Total (A)	Hidroeletricidade	Solar	Eólica	Geotermal, biomassa e outras	Total (B)	
Argentina	1990	4,9	19,8	0,7	7,3	32,7	17,9	0,0	0,0	0,4	18,3	51,0
	2000	2,9	43,3	1,8	6,2	54,2	34,1	0,0	0,0	0,7	34,8	89,0
	2010	16,7	56,2	3,0	7,2	83,1	40,6	0,0	0,0	2,3	42,9	126,0
	2020	7,4	79,8	2,5	10,7	100,3	30,5	9,5	1,3	0,8	42,2	142,5
	TC 2010-2020	-7,8	3,6	-2,0	4,0	1,9	-2,8	80,8	162,7	-9,9	-0,2	1,2
	TC 1990-2020	1,3	4,7	4,5	1,3	3,8	1,8	-	-	2,4	2,8	3,5
Brasil	1990	5,1	0,3	4,6	2,2	12,3	206,7	0,0	0,0	3,9	210,6	222,8
	2000	15,2	4,1	11,3	6,0	36,7	304,4	0,0	0,0	7,9	312,3	348,9
	2010	15,7	36,5	11,7	14,5	78,4	403,3	2,2	0,0	31,9	437,4	515,8
	2020	7,5	56,3	22,9	15,3	102,0	396,8	57,0	8,0	56,4	518,1	620,1
	TC 2010-2020	-7,1	4,4	7,0	0,5	2,7	-0,2	38,6	-	5,8	1,7	1,9
	TC 1990-2020	1,3	18,7	5,5	6,6	7,3	2,2	-	-	9,3	3,0	3,5
Canadá	1990	16,5	9,7	82,2	72,5	180,8	295,8	0,0	0,0	4,0	299,8	480,6
	2000	13,4	35,4	114,9	72,3	236,0	357,8	0,6	0,0	9,4	367,8	603,8
	2010	6,9	51,3	84,0	90,0	232,3	355,2	8,7	0,3	10,6	374,8	607,0
	2020	3,3	70,9	35,6	97,5	207,3	385,2	36,1	4,4	10,9	436,6	643,9
	TC 2010-2020	-7,1	3,3	-8,2	0,8	-1,1	0,8	15,3	33,0	0,3	1,5	0,6
	TC 1990-2020	-5,2	6,9	-2,8	1,0	0,5	0,9	38,8	-	3,4	1,3	1,0
China	1990	50,4	2,8	441,3	0,0	494,4	126,7	0,0	0,0	0,1	126,8	621,2
	2000	47,3	5,8	1.060,3	16,7	1.130,0	222,4	0,6	0,0	2,5	225,6	1.355,6
	2010	14,9	77,7	3.243,5	74,7	3.410,9	721,3	49,4	0,7	24,9	796,3	4.207,2
	2020	11,4	247,0	4.943,5	366,2	5.568,1	1.347,8	466,5	261,1	135,5	2.210,9	7.779,1
	TC 2010-2020	-2,6	12,3	4,3	17,2	5,0	6,5	25,2	80,8	18,5	10,8	6,3
	TC 1990-2020	-4,8	16,1	8,4	-	8,4	8,2	50,9	48,1	29,1	10,0	8,8
França	1990	-	-	-	314,1	365,0	53,9	0,0	0,0	1,9	55,8	420,8
	2000	-	-	-	415,2	470,6	66,4	0,0	0,0	3,0	69,4	540,0
	2010	-	-	-	428,5	491,1	62,7	9,9	0,6	4,9	78,2	569,3
	2020	-	-	-	353,8	399,3	61,3	40,6	13,1	10,6	125,6	524,9
	TC 2010-2020	-	-	-	-1,9	-2,0	-0,2	15,1	35,6	8,0	4,9	-0,8
	TC 1990-2020	-	-	-	0,4	0,3	0,4	48,8	-	5,9	2,7	0,7

(Continua)

País	Ano	Não renovável					Renovável					Total (A + B)
		Petróleo	Gás natural	Carvão	Nuclear	Total (A)	Hidroeletricidade	Solar	Eólica	Geotermal, biomassa e outras	Total (B)	
Alemanha	1990	10,8	35,9	311,7	152,5	510,9	17,3	0,1	0,0	1,4	18,8	529,7
	2000	5,9	49,2	291,4	169,6	516,1	24,9	9,5	0,1	4,7	39,2	555,3
	2010	8,7	89,3	262,9	140,6	501,5	21,0	38,5	11,7	34,0	105,2	606,7
	2020	4,3	91,9	134,8	64,4	295,4	18,6	131,0	50,6	50,8	251,0	546,4
	TC 2010-2020	-6,8	0,3	-6,5	-7,5	-5,2	-1,2	13,0	15,7	4,1	9,1	-1,0
	TC 1990-2020	-3,0	3,2	-2,8	-2,8	-1,8	0,2	28,5	43,5	12,6	9,0	0,1
Índia	1990	13,3	10,0	191,6	6,4	221,3	66,4	0,0	0,0	0,0	66,5	287,8
	2000	29,2	56,0	390,2	15,8	491,1	77,0	1,6	0,0	1,7	80,3	571,4
	2010	10,8	118,0	643,0	23,1	794,9	108,7	19,5	0,1	14,3	142,6	937,5
	2020	4,9	70,8	1.125,2	44,6	1.245,5	163,6	60,4	58,7	32,1	314,8	1.560,3
	TC 2010-2020	-7,7	-5,0	5,8	6,8	4,6	4,2	12,0	86,9	8,4	8,2	5,2
	TC 1990-2020	-3,3	6,8	6,1	6,7	5,9	3,1	28,8	-	25,2	5,3	5,8
Estados Unidos	1990	136,0	400,8	1.725,2	607,2	2.869,2	292,3	2,8	0,4	57,5	352,9	3.222,1
	2000	119,6	646,3	2.129,3	793,6	3.688,7	272,8	5,6	0,5	66,6	345,5	4.034,2
	2010	39,9	1.062,0	1.998,5	849,4	3.949,8	257,3	95,6	3,0	75,1	431,0	4.380,8
	2020	18,8	1.738,4	844,1	831,5	3.432,8	288,7	340,9	134,0	76,8	840,4	4.273,2
	TC 2010-2020	-7,2	5,1	-8,3	-0,2	-1,4	1,2	13,6	46,2	0,2	6,9	-0,2
	TC 1990-2020	-6,4	5,0	-2,4	1,1	0,6	0,0	17,3	21,7	1,0	2,9	0,9

Fonte: BP Group (2021).

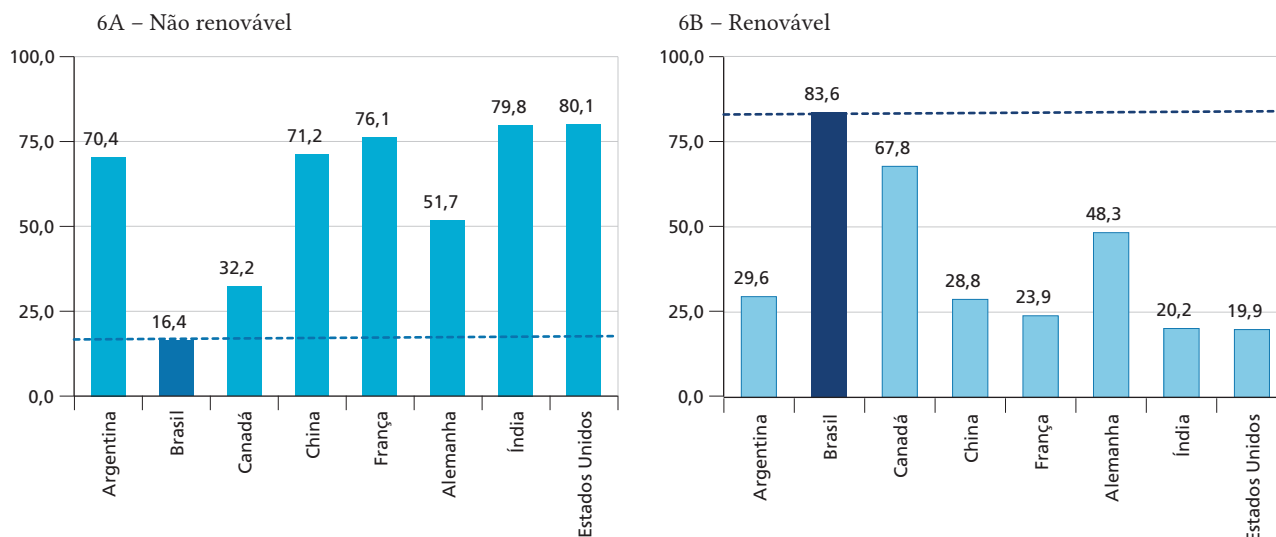
Obs.: TC – taxa anual de crescimento.

No geral, há uma corrida por maior diversificação energética que busca uma matriz limpa. Embora o Brasil apresente um aumento de fontes de energia não renováveis, o quadro geral mostra que o resultado nacional é melhor em sustentabilidade do que seus principais concorrentes (gráfico 6). As fontes renováveis responderam por 83,6% da geração total de eletricidade no Brasil, a maior participação nesta comparação internacional. As fontes não renováveis representam mais de 50% do total de eletricidade gerada nos Estados Unidos, Índia, França, China, Argentina e Alemanha, nesta ordem. No Brasil, as fontes não renováveis representaram apenas 16,4% do total, a menor participação em 2020 entre os países comparados.

GRÁFICO 6

Participação de eletricidade não renovável e renovável por países selecionados (2020)

(Em %)



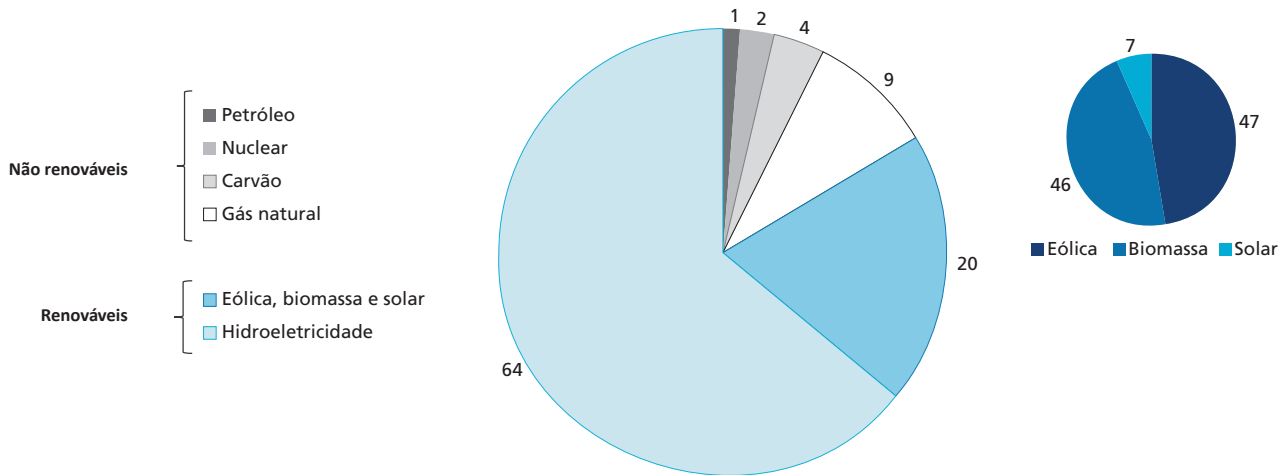
Fonte: BP Group (2021).

Por fim, o gráfico 7 mostra as fontes de eletricidade brasileiras desagregadas em 2020. Por um lado, a participação do petróleo representou apenas 1%, a energia nuclear representou apenas 2%, a fonte de carvão foi de 4% e o gás natural foi de 9%. As fontes completas de não-renováveis representavam menos de 17% da matriz elétrica brasileira. Por outro lado, as fontes renováveis foram dominantes. A energia hidrelétrica representou 64% do total. Ao analisar as novas fontes de geração de eletricidade nos últimos anos, os insumos eólico, biomassa e solar representaram cerca de 20%. A eletricidade eólica representou 47%, a biomassa 46% e a solar 7% dessa participação. Olhando para essas estatísticas, fica claro que o Brasil tem um enorme potencial para estar na fronteira tecnológica no futuro breve.

GRÁFICO 7

Fontes de eletricidade brasileiras (2020)

(Em %)



Fonte: BP Group (2021).

Os desafios do setor elétrico brasileiro são enormes. Várias ações foram tomadas. Em 2020 foi implantada a Lei nº 14.052,¹¹ que mitigou o risco hidrológico e trouxe um melhor arcabouço legal e regulatório ao mercado. A Lei nº 14120 de 2021¹² reduziu os subsídios para fontes alternativas e possibilitou maior abertura de mercado para o varejo. Da mesma forma, o governo brasileiro vem trabalhando com o Congresso Nacional para aprovar o Projeto de Lei nº 414 de 2021,¹³ que busca aprimorar o modelo regulatório e comercial do setor elétrico. A proposta é trazer uma série de avanços para ampliar a concorrência no livre mercado. É essencial neste contexto manter a liderança na produção e consumo de energia limpa.

3.3 Biocombustíveis

A tabela 9 mostra que a produção de etanol está concentrada nos Estados Unidos e no Brasil. Em 2021, esses dois mercados representaram aproximadamente 75,6% da produção mundial. A União Europeia respondeu por apenas 4,4% da produção total de etanol do mundo. China, Índia, Canadá e Argentina desempenharam papéis marginais nesse mercado promissor.

TABELA 9

Produção de etanol por países selecionados (2016-2021)

(Em 1 milhão de galões)

País	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%
Argentina	240	0,8	290	1,0	290	0,9	290	0,9	210	0,7	260	0,9
Brasil	6.870	24,2	6.760	23,1	8.080	26,0	8.790	27,6	8.080	28,1	7.500	25,2
Canadá	450	1,6	460	1,6	460	1,5	500	1,6	430	1,5	440	1,5
China	730	2,6	850	2,9	810	2,6	1.010	3,2	930	3,2	860	2,9

(Continua)

11. Conferir: <<https://bit.ly/3NqIm56>>.12. Conferir: <<https://bit.ly/3zl9Ch3>>.13. Conferir: <<https://bit.ly/3ti28Yz>>. O debate sobre esse projeto foi discutido no relatório técnico escrito por Gutierrez (2022).

País	2016		2017		2018		2019		2020		2021	
	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%	1 milhão de galões	%
Índia	270	1,0	210	0,7	420	1,4	470	1,5	510	1,8	820	2,8
Estados Unidos	15.413	54,3	15.936	54,5	16.091	51,7	15.778	49,6	13.941	48,5	15.000	50,4
Outros (A + B + C)	2.197	7,7	2.364	8,1	2.479	8,0	2.492	7,8	2.309	8,0	2.430	8,2
União Europeia (A)	1.240	4,4	1.320	4,5	1.360	4,4	1.380	4,3	1.260	4,4	1.300	4,4
Tailândia (B)	330	1,2	380	1,3	390	1,3	430	1,4	390	1,4	390	1,3
Resto do mundo (C)	627	2,2	664	2,3	729	2,3	682	2,1	659	2,3	740	2,5
Total	28.367	100,0	29.234	100,0	31.109	100,0	31.822	100,0	28.719	100,0	29.740	100,0

Fonte: Renewable Fuels Association (RFA). Disponível em: <<https://bit.ly/3NrA4Ki>>.

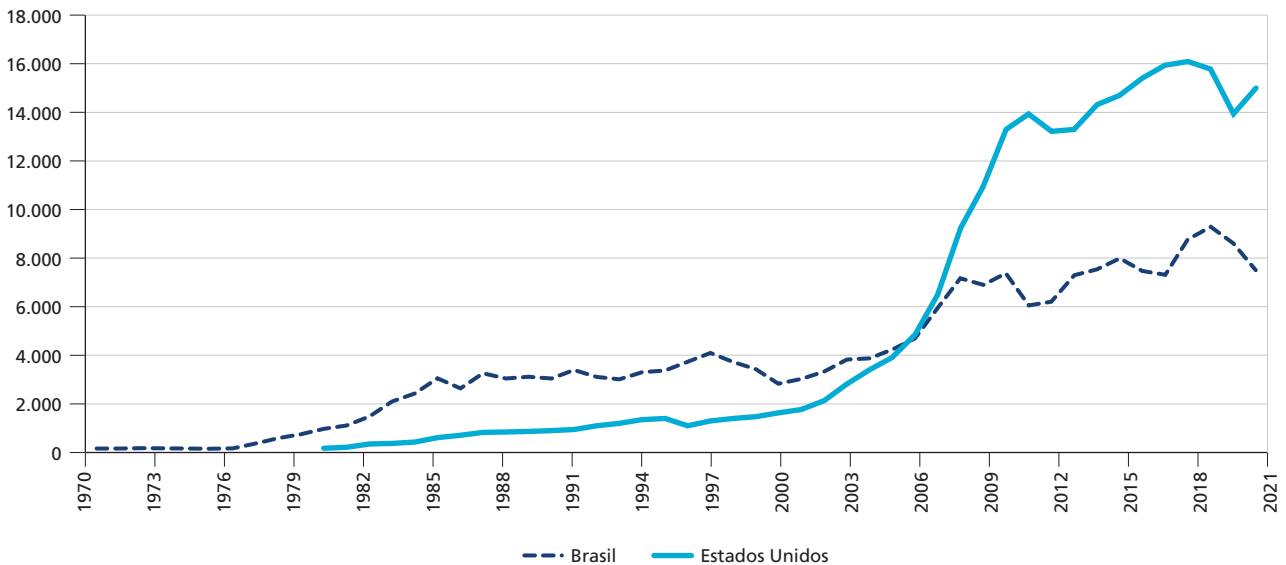
A produção brasileira de etanol começou na década de 1970, e o principal objetivo era substituir o consumo de petróleo importado. Esta década foi marcada por dois choques de petróleo, que elevaram o preço do barril da commodity no mundo. Devido ao aumento dos custos do petróleo, o etanol tornou-se uma fonte viável de energia no Brasil. O governo brasileiro criou em 1975 um programa nacional para produzir etanol a partir da cana-de-açúcar. Nos Estados Unidos, a produção de etanol começou na década de 1980 a partir do milho. Como os Estados Unidos tinham uma grande produção de petróleo, inicialmente não havia preocupação com a produção de etanol.

Na década de 1990, com poucos incentivos, a produção brasileira se estabilizou. No entanto, foi nesse mesmo período que as preocupações com as mudanças climáticas aumentaram. Havia um apelo sólido para reduzir o consumo de combustíveis fósseis no mundo. Além disso, em 2003, foi lançado o carro com uso de combustível flexível, que podia misturar gasolina e etanol conjuntamente. Houve um novo estímulo à produção de etanol nesse contexto. Brasil e Estados Unidos lideravam o mercado naquele momento e continuaram nos próximos anos. Em 2006, a produção americana de etanol superou pela primeira vez a produção nacional. O gráfico 8 mostra a evolução anual da produção de etanol nesses dois mercados ao longo do tempo.

GRÁFICO 8

Produção anual brasileira e americana de etanol (1970-2021)

(Em 1 milhão de galões)



Fontes: RFA (disponível em: <<https://bit.ly/3NrA4Ki>>); e Ipeadata (disponível em: <<http://ipeadata.gov.br>>).

Obs.: 1 galão = 3,785 litros.

Em termos de produção mundial, embora o Brasil seja o terceiro maior produtor de milho, a matéria-prima relevante na produção brasileira de biocombustível é a cana-de-açúcar. No Brasil, o milho representa apenas 4,5% da produção nacional de etanol. Nos Estados Unidos, 95% da produção de etanol é à base de milho. Na União Europeia, o etanol é produzido a partir de trigo, beterraba e milho, sendo o milho o principal insumo que representa 32% da produção total. Conforme visto na tabela 10, a principal razão para a dominância da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar no Brasil é a diferença entre os rendimentos das culturas. O milho produz cerca de 24% do volume de etanol de cana-de-açúcar por hectare plantado no Brasil e, nos Estados Unidos, esse percentual é de cerca de 40%. Portanto, comparando o Brasil com os Estados Unidos, a diferença produtiva entre a cana-de-açúcar brasileira e o milho americano é de aproximadamente 45%. Além disso, no Brasil, o custo do etanol com base no milho é maior do que o de etanol com base na cana-de-açúcar.

TABELA 10
Produtividade de etanol no Brasil e nos Estados Unidos

País	Cultivo	Participação da produção de etanol por cultivo (%)	Produção em 1 ha (t)	Produção de matéria-prima (t) ¹	Etanol (galão por t) ²	Produção de etanol (galão)
			(1)	(2)	(3)	(2.3)
Brasil	Cana-de-açúcar	95,5	75,6	75,6	22,5	1.697,8
	Milho	4,5	5,7	3,5	116,3	405,8
Estados Unidos	Cana-de-açúcar	5,0	85,4	85,4	22,5	1.917,8
	Milho	95,0	10,8	6,6	116,3	768,9

Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

Notas: ¹ Cana-de-açúcar = 100%; e milho = 61%;

² Educated guess.

As produções de cana-de-açúcar e milho são cadeias de valor muito diferentes. Uma simples comparação entre a produtividade das culturas não é suficiente para avaliar a atratividade do negócio. É necessário considerar o valor dos coprodutos (energia elétrica do bagaço e etanol celulósico) e a totalidade dos custos de produção (incluindo custos de oportunidade). A atratividade da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar depende dos preços internacionais do açúcar. A produção de etanol compete com o açúcar. Quando os preços do açúcar estão elevados, o combustível se torna menos atrativo. No Brasil, cerca de 45% a 50% da matéria-prima tem sido utilizada para a produção de açúcar nos últimos anos. O etanol celulósico ainda não é economicamente viável no Brasil, principalmente devido aos custos das enzimas utilizadas no processo.

A tabela 11 apresenta um comparativo simples entre a produção de milho e cana-de-açúcar no Brasil e nos Estados Unidos. Os rendimentos são maiores nos Estados Unidos do que no Brasil. No entanto, o crescimento médio anual do rendimento do Brasil é mais rápido que o do mercado americano. Assim, pode-se sugerir uma redução do gap de produtividade entre esses dois países ao longo do tempo. Por fim, é imperioso mencionar que o milho é um insumo central para a produção de alimentos, o que não é válido para a produção de cana-de-açúcar. Consequentemente, há vários grupos de interesses na produção de combustível à base de milho que devem ser considerados.

TABELA 11
Produção de milho e cana-de-açúcar no Brasil e nos Estados Unidos (1990-2020)

Produto	País	Variável	Ano				Taxa média anual de crescimento (%)			
			1990	2000	2010	2020	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Milho	Brasil	Produção (1 Mt)	21,3	32,3	55,4	104,0	4,23	5,53	6,50	5,42
		Área colhida (1 Mha)	11,4	11,9	12,7	18,3	0,43	0,64	3,71	1,58
		Rendimento (t/ha)	1,9	2,7	4,4	5,7	3,79	4,85	2,69	3,78
	Estados Unidos	Produção (1 Mt)	201,5	251,9	315,6	360,3	2,25	2,28	1,33	1,96
		Área colhida (1 Mha)	27,1	29,3	33,0	33,4	0,79	1,18	0,12	0,70
		Rendimento (t/ha)	7,4	8,6	9,6	10,8	1,45	1,09	1,21	1,25
	Δ produção Brasil e Estados Unidos (1 Mt)		-180,2	-219,5	-260,3	-256,3	1,99	1,72	-0,15	1,18

(Continua)

(Continuação)

Produto	País	Variável	Ano				Taxa média anual de crescimento (%)			
			1990	2000	2010	2020	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2019)	Total (1990-2019)
Cana-de-açúcar	Brasil	Produção (1 Mt)	262,7	326,1	717,5	757,1	2,19	8,20	0,54	3,59
		Área colhida (1 Mha)	4,3	4,8	9,1	10,0	1,18	6,57	0,99	2,88
		Rendimento (t/ha)	61,5	67,9	79,0	75,6	1,00	1,53	-0,44	0,69
	Estados Unidos	Produção (1 Mt)	25,5	36,1	24,8	32,7	3,53	-3,68	2,81	0,83
		Área colhida (1 Mha)	0,3	0,4	0,4	0,4	2,66	-1,61	0,77	0,59
		Rendimento (t/ha)	79,4	86,4	69,9	85,4	0,85	-2,10	2,02	0,24
	Δ produção Brasil e Estados Unidos (Mt)		237,2	290,0	692,6	724,4	2,03	9,10	0,45	3,79

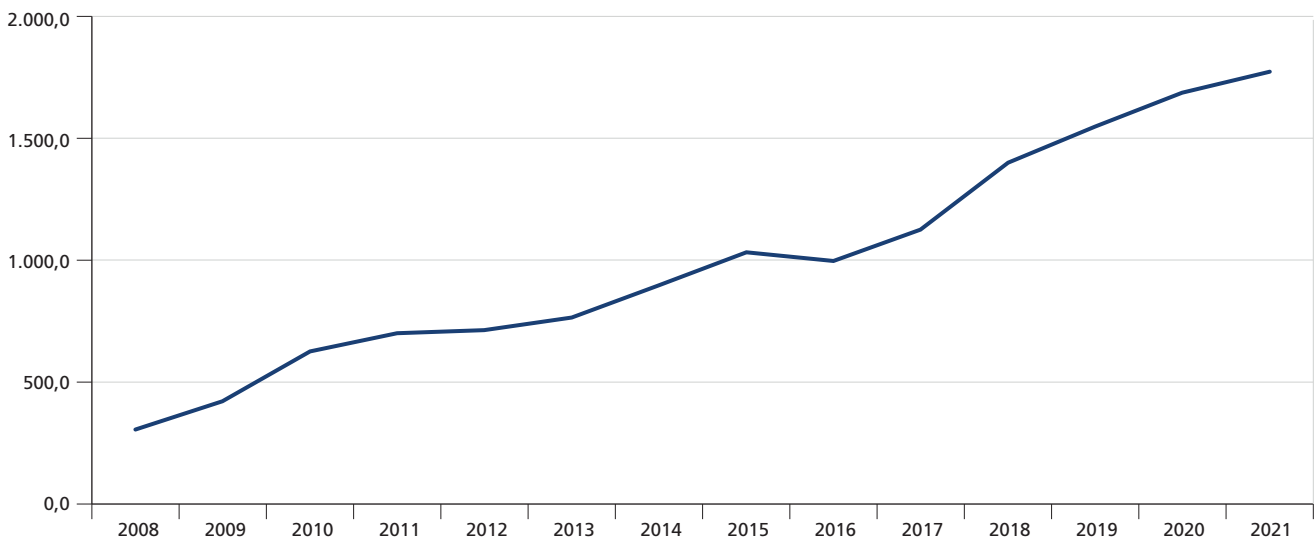
Fonte: FAO. Disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>.

Além disso, em 2004, o Brasil criou o Programa Nacional de Produção de Biodiesel.¹⁴ Em 2005, o biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira. As matérias-primas utilizadas na produção são provenientes de diferentes culturas, principalmente soja, milho e mamona. No entanto, outros insumos agrícolas que permitem a produção também foram utilizados, como girassol, caroço de algodão, canola, dendê, e até os de origem animal como sebo bovino, frango e gordura suína. Desde então, a produção de biodiesel começou a aumentar. Em 2008, a produção de biodiesel foi de apenas 308,4 milhões de galões. Em 2021, o Brasil produziu 1.786 milhões de galões, e a produção brasileira cresceu desde 2008 a uma taxa de crescimento anual de 14,5%. Em comparação com a produção de etanol, em 2021, representou cerca de 24% do mercado nacional de etanol. A evolução da produção de biodiesel pode ser vista no gráfico 9.

GRÁFICO 9

Produção brasileira de biodiesel (2008-2021)

(Em 1 milhão de galões)



Fonte: ANP. Disponível em: <<https://bit.ly/3xdGYvC>>.

O governo brasileiro tem uma tradição intensa de incentivar a mistura de etanol na gasolina como uma intervenção para desenvolver o setor produtivo. Essa política também gera externalidades positivas ao meio ambiente. Em 2022, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabeleceu o teor obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel fóssil em 10%. Em relação ao mercado de etanol, desde 2015, a participação de mistura do etanol combustível na gasolina comum foi registrada em 27%, enquanto na gasolina de maior octanagem (*premium*), foi estabelecida em 25%.

14. Para mais informações a respeito da Lei nº 11.097 de 2005, conferir: <<https://bit.ly/3mlnrU>>.

Por outro lado, a flexibilidade temporária para aumentar a produção agrícola na União Europeia permitirá que os agricultores ajustem e expandam seus planos de cultivo em 2022. De acordo com EC (2022), a Comissão apoia os Estados-Membros na redução da proporção de mistura de biocombustíveis, que poderia levar a uma diminuição da pressão sobre os mercados de alimentos e rações. Esta ação pode reduzir as terras agrícolas usadas para a produção de matérias-primas para biocombustíveis. Mais uma vez, esse tipo de política é uma intervenção contra a produção com propósitos sustentáveis.

3.4 Produção por unidade de emissões de gases de efeito estufa

A tabela 12 apresenta as emissões de GEE por setores no Brasil de 1990 a 2016. As estatísticas mostram um aumento das emissões em praticamente todos os setores, exceto na mudança do uso da terra. Na segunda década, houve uma diminuição do desmatamento na Amazônia. Em 2004, foi implementado o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAM). Essa queda proporcionou um aumento relativo nas emissões de outros setores da economia brasileira (Lapola *et al.*, 2014; Vieira Filho e Gasques, 2016). Nesse sentido, o setor agropecuário passou a apresentar uma participação superior no total de emissões. Em 1990, a mudança no uso da terra representou cerca de 60% do total de emissões, e as emissões agrícolas foram apenas 21,8%. Em 2016, a queda do desmatamento reduziu sua participação para 27,1% na mudança no uso da terra, e o setor agropecuário apresentou 33,2% do total de emissões líquidas. A taxa média de crescimento anual foi negativa ao analisar as emissões líquidas totais, embora as emissões agrícolas tenham aumentado. O maior crescimento anual foi observado no setor de resíduos com 3,6%.

De 1990 a 2016, as emissões agrícolas de GEE aumentaram de 329,5 para 487 bilhões de toneladas de CO₂ equivalente a uma taxa média anual de 1,5%. O principal subsetor responsável por essa emissão foi gerado pela fermentação entérica da produção de carne bovina (cerca de 60% do total de emissões agrícolas). Políticas públicas que promovam investimentos nos processos de produção pecuária (como recuperação de pastagens, manejo adequado de pastagens, dieta alimentar que aumente o peso e reduza a idade de abate dos animais) apresentam um potencial substancial para mitigação de GEE (Vieira Filho, 2017; Costa Junior *et al.*, 2019).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu o conceito de “carne carbono neutro” que visa apoiar a implementação de sistemas pecuários mais sustentáveis (Alves, Almeida e Laura, 2017). A silvicultura foi introduzida na produção para neutralizar o metano emitido pelo gado. Sistemas integrados podem garantir mais valor agregado à cadeia produtiva da carne bovina.¹⁵ A pesquisa neste campo também visa difundir economias de escopo e escala. Em suma, otimiza o uso de insumos e aumenta a produção com menos emissões de metano.

TABELA 12

Participação das emissões setoriais de GEE (Gt CO₂e) no Brasil (1990-2016)

Setor	1990		1995		2000		2005		2010		2016		Taxa média anual de crescimento (%)				Total (1990-2019)
	Gt CO ₂ e	%	Gt CO ₂ e	%	Gt CO ₂ e	%	Gt CO ₂ e	%	Gt CO ₂ e	%	Gt CO ₂ e	%	1ª década (1990-2000)	2ª década (2000-2010)	3ª década (2010-2016)		
1 Energia	192,8	12,8	231,0	8,7	288,2	14,8	313,4	12,8	374,7	30,6	423,6	28,9	4,1	2,7	2,1	3,1	
2 Processos industriais	53,6	3,5	64,0	2,4	73,8	3,8	78,9	3,2	83,6	6,8	93,4	6,4	3,3	1,3	1,8	2,2	
3 Agricultura	329,5	21,8	359,2	13,5	370,1	19,0	438,0	17,9	458,1	37,4	487,0	33,2	1,2	2,2	1,0	1,5	
3.1 Fermentação entérica	213,7	14,2	233,4	8,8	235,7	12,1	278,1	11,4	278,3	22,7	282,7	19,3	1,0	1,7	0,3	1,1	
3.2 Manejo do solo	14,3	0,9	16,0	0,6	15,3	0,8	17,7	0,7	19,6	1,6	22,6	1,5	0,7	2,5	2,4	1,8	
3.3 Cultivo de arroz	7,0	0,5	8,7	0,3	7,7	0,4	8,1	0,3	8,1	0,7	8,4	0,6	1,1	0,5	0,6	0,7	
3.4 Solos agrícolas	83,0	5,5	92,6	3,5	99,1	5,1	121,9	5,0	136,6	11,1	153,1	10,4	1,8	3,3	1,9	2,4	
3.5 Queima de cultivos	1,7	0,1	1,8	0,1	1,6	0,1	2,1	0,1	1,9	0,2	0,5	0,0	-0,4	1,4	-19,5	-4,5	
3.6 Calagem	9,1	0,6	5,8	0,2	9,4	0,5	8,1	0,3	11,3	0,9	15,8	1,1	0,3	1,8	5,8	2,1	
3.7 Aplicação de ureia	0,6	0,0	0,9	0,0	1,2	0,1	1,9	0,1	2,4	0,2	3,9	0,3	6,6	7,2	8,3	7,2	
4 Mudança no uso da terra e florestas	907,5	60,1	1.966,8	74,1	1.175,0	60,3	2.085,7	85,3	252,5	20,6	397,4	27,1	2,6	-14,3	7,8	-3,1	
5 Resíduos sólidos	26,2	1,7	34,3	1,3	42,6	2,2	51,6	2,1	56,7	4,6	66,0	4,5	5,0	2,9	2,6	3,6	
Total das emissões líquidas	1.509,6	100,0	2.655,2	100,0	1.949,6	100,0	2.445,9	100,0	1.225,6	100,0	1.467,3	100,0	2,6	-4,5	3,0	-0,1	

Fonte: Brasil (2021b).

A pecuária é mais responsável por grande parte das emissões de GEE do que todo o setor de transporte global, conforme mencionado por Pitescky, Stackhouse e Mitloehner (2009). No entanto, esses autores mostraram que o impacto da pecuária nas mudanças climáticas chegou a estimativas de GEE muito diferentes associadas às emissões diretas da pecuária (fermentação entérica e manejo do solo). Se a metodologia levar em conta as emissões e os sumidouros, o setor pecuário pode potencialmente diminuir sua participação no total de emissões líquidas. Stackhouse-Lawson *et al.* (2012) simularam um modelo integrado de agricultura e pecuária. O crescimento das culturas, a produção de ração, o crescimento dos animais e o retorno dos nutrientes do esterco de volta à terra foram incluídos para prever os impactos ambientais e econômicos. As emissões da pecuária são determinadas pela soma das emissões totais de todas as variáveis incluídas. Todas as fontes e sumidouros de emissões de GEE foram incorporados. Este estudo simulou sistemas de produção de carne bovina onde as estratégias de mitigação pudessem ser reduzidas de forma mais eficaz. As economias de escopo e escala na produção pecuária podem auxiliar na redução das emissões líquidas totais do setor agrícola, dizem os autores. A tabela 13 apresenta as emissões de GEE e respectivas participações por setores e países selecionados. O Brasil tem o menor percentual no setor de energia. No entanto, a proporção das emissões agrícolas brasileiras em relação às emissões líquidas totais é maior na comparação internacional. O setor agropecuário faz parte da solução para diminuir as emissões totais, pois os sumidouros podem ser incluídos na equação contábil. Assim, o Brasil aparece como o país que tem a melhor estrutura para reduzir as emissões de GEE. O mesmo não ocorre com as fontes provenientes de dióxido de carbono.

TABELA 13

Emissões de GEE e respectiva participação por setores e países selecionados (1990-2019)

País	Setor	Ano (Gt CO ₂ e)				Taxa anual de crescimento	Participação (%)			
		1990	2000	2010	2019		1990	2000	2010	2019
Argentina	Energia	103,6	132,0	177,1	183,4 ³	2,0	47,9	55,3	39,6	42,7
	Processos industriais	8,5	11,1	14,9	15,3 ³	2,1	3,9	4,7	3,3	3,6
	Agricultura	109,6	124,9	120,6	119,5 ³	0,3	50,7	52,3	26,9	27,8
	Mudança no uso da terra e floresta	-14,8	-43,3	115,1	90,5 ³	-	-6,8	-18,1	25,7	21,1
	Resíduos sólidos	9,4	14,0	19,9	20,8 ³	2,8	4,3	5,9	4,4	4,8
	Total das emissões líquidas	216,3	238,7	447,6	429,5 ³	2,4	100,0	100,0	100,0	100,0
Brasil	Energia	192,8	288,2	374,7	423,6 ¹	2,8	12,8	14,8	30,6	28,9
	Processos industriais	53,6	73,8	83,6	93,4 ¹	1,9	3,5	3,8	6,8	6,4
	Agricultura	329,5	370,1	458,1	487,0 ¹	1,4	21,8	19,0	37,4	33,2
	Mudança no uso da terra e floresta	907,5	1.175,0	252,5	397,4 ¹	-2,8	60,1	60,3	20,6	27,1
	Resíduos sólidos	26,2	42,6	56,7	66,0 ¹	3,2	1,7	2,2	4,6	4,5
	Total das emissões líquidas	1.509,6	1.949,6	1.225,6	1.467,3 ¹	-0,1	100,0	100,0	100,0	100,0
Canadá	Energia	471,6	591,7	569,4	589,3	0,8	86,6	83,1	81,9	79,6
	Processos industriais	57,0	54,1	50,7	54,3	-0,2	10,5	7,6	7,3	7,3
	Agricultura	46,9	57,0	55,1	59,1	0,8	8,6	8,0	7,9	8,0
	Mudança no uso da terra e floresta	-56,8	-21,7	-7,3	9,9	-	-10,4	-3,1	-1,1	1,3
	Resíduos sólidos	26,0	30,7	27,7	27,6	0,2	4,8	4,3	4,0	3,7
	Total das emissões líquidas	544,7	711,8	695,5	740,1	1,1	100,0	100,0	100,0	100,0
China	Energia	3.007,8 ⁴	4.625,4 ⁵	8.282,8	9.558,6 ²	4,1	82,4	84,9	86,7	85,5
	Processos industriais	282,6 ⁴	576,8 ⁵	1.299,9	1.717,0 ²	6,4	7,7	10,6	13,6	15,4
	Agricultura	605,1 ⁴	696,5 ⁵	828,4	829,8 ²	1,1	16,6	12,8	8,7	7,4
	Mudança no uso da terra e floresta	-407,5 ⁴	-586,7 ⁵	-993,2	-1.114,8 ²	3,5	-11,2	-10,8	-10,4	-10,0
	Resíduos sólidos	162,1 ⁴	137,6 ⁵	132,2	194,8 ²	0,6	4,4	2,5	1,4	1,7
	Total das emissões líquidas	3.650,1 ⁴	5.449,6 ⁵	9.550,2	11.185,4 ²	3,9	100,0	100,0	100,0	100,0

(Continua)

País	Setor	Ano (Gt CO ₂ e)				Taxa anual de crescimento	Participação (%)			
		1990	2000	2010	2019		1990	2000	2010	2019
França	Energia	368,8	383,7	361,8	303,3	-0,7	70,2	71,7	75,7	73,5
	Processos industriais	78,9	65,0	54,5	47,7	-1,7	15,0	12,2	11,4	11,6
	Agricultura	81,8	82,2	76,1	73,5	-0,4	15,6	15,4	15,9	17,8
	Mudança no uso da terra e floresta	-21,6	-17,2	-35,6	-30,4	1,2	-4,1	-3,2	-7,4	-7,4
	Resíduos sólidos	17,6	21,4	21,1	18,4	0,2	3,4	4,0	4,4	4,5
	Total das emissões líquidas	525,5	535,3	477,9	412,6	-0,8	100,0	100,0	100,0	100,0
Alemanha	Energia	1.037,0	870,2	801,5	677,4	-1,5	81,4	85,1	86,0	85,4
	Processos industriais	96,8	77,8	62,6	61,4	-1,6	7,6	7,6	6,7	7,7
	Agricultura	76,5	66,1	63,2	61,8	-0,7	6,0	6,5	6,8	7,8
	Mudança no uso da terra e floresta	24,9	-20,6	-9,8	-16,5	-	2,0	-2,0	-1,1	-2,1
	Resíduos sólidos	38,2	28,5	14,5	9,2	-4,8	3,0	2,8	1,6	1,2
	Total das emissões líquidas	1.273,4	1.022,1	932,0	793,3	-1,6	100,0	100,0	100,0	100,0
Índia	Energia	743,8 ⁴	1.027,0	1.510,1	2.129,7 ¹	3,7	60,5	78,9	80,1	84,1
	Processos industriais	102,7 ⁴	88,6	171,5	226,4 ¹	2,8	8,4	6,8	9,1	8,9
	Agricultura	344,5 ⁴	355,6	390,2	408,0 ¹	0,6	28,0	27,3	20,7	16,1
	Mudança no uso da terra e floresta	14,3 ⁴	-222,6	-252,5	-307,7 ¹	-	1,2	-17,1	-13,4	-12,2
	Resíduos sólidos	23,2 ⁴	52,6	65,1	75,3 ¹	4,1	1,9	4,0	3,5	3,0
	Total das emissões líquidas	1.228,5 ⁴	1.301,2	1.884,3	2.531,7 ¹	2,5	100,0	100,0	100,0	100,0
Estados Unidos	Energia	5.325,6	6.176,6	5.861,7	5.392,3	0,0	96,1	95,6	94,4	93,5
	Processos industriais	345,6	394,4	362,5	373,7	0,3	6,2	6,1	5,8	6,5
	Agricultura	555,3	556,9	596,3	628,6	0,4	10,0	8,6	9,6	10,9
	Mudança no uso da terra e floresta	-900,8	-854,0	-783,9	-789,2	-0,5	-16,3	-13,2	-12,6	-13,7
	Resíduos sólidos	216,2	185,8	170,5	163,7	-1,0	3,9	2,9	2,7	2,8
	Total das emissões líquidas	5.541,9	6.459,7	6.207,2	5.769,1	0,1	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: United Nations Climate Change (UNCC). Disponível em: <<https://bit.ly/3GWCox7>>.

Notas: ¹ Valores de 2019.

² Valores de 2014.

³ Valores de 2012.

⁴ Valores de 1994.

⁵ Valores correspondentes à média anual entre 1994 e 2005.

A tabela 14 apresenta a produção por unidade de emissão. *Os resultados mostraram que 1 kg de alimento produzido hoje gera menos emissões do que no passado, e o Brasil liderou esta corrida mundial por uma produção mais sustentável.* A economia brasileira apresentou a melhor taxa de crescimento do indicador baseado na produção por emissões totais de GEE na produção agropecuária. No que se refere à produção por emissões agrícolas de GEE, o Brasil obteve novamente a melhor taxa de crescimento de 1990 a 2020. Na agricultura, o desempenho brasileiro foi inferior ao resultado encontrado na Argentina e na China em relação à produção por emissões agrícolas de GEE. Ao comparar o Brasil com outros países, não há dúvidas de que o comportamento brasileiro contribui para a sustentabilidade da produção. Esses resultados comprovam que as políticas que promovem o conhecimento agrícola baseado na ciência e aumentam a produtividade contribuem para o crescimento da produção por unidade de emissões de GEE.

TABELA 14

Produção agropecuária por unidade de emissões de GEE (1990-2020)

Emissão de GEE	Setor	País	Ano (t por CO2e)				Taxa anual de crescimento (%)			
			1990	2000	2010	2020	1ª década	2ª década	3ª década	1990-2020
Produção por emissões totais de GEE	Pecuária	Argentina	41,0	32,2	25,2	31,2	-2,39	-2,43	2,15	-0,91
		Brasil	16,4	19,9	23,0	51,9	1,94	1,49	8,46	3,92
		Canadá	4,8	5,9	4,3	5,8	2,03	-3,08	2,97	0,61
		China	4,1	3,5	1,0	0,8	-1,60	-11,65	-2,71	-5,43
		França	12,8	12,3	14,3	15,7	-0,45	1,58	0,94	0,69
		Alemanha	5,3	4,8	4,7	4,8	-0,86	-0,25	0,29	-0,27
		Índia	20,2	13,2	7,8	6,0	-4,16	-5,17	-2,56	-3,97
	Estados Unidos	5,1	4,9	5,2	6,0	-0,52	0,69	1,40	0,52	
	Agricultura	Argentina	216,9	295,6	299,7	440,8	3,15	0,14	3,94	2,39
		Brasil	243,3	278,5	458,8	774,1	1,36	5,12	5,37	3,93
		Canadá	111,6	100,5	79,8	142,4	-1,04	-2,28	5,97	0,82
		China	285,2	274,9	154,6	156,1	-0,37	-5,59	0,10	-1,99
		França	249,5	265,1	313,0	307,6	0,61	1,68	-0,17	0,70
		Alemanha	83,4	106,6	103,2	120,7	2,49	-0,32	1,57	1,24
Índia		546,3	481,5	328,2	324,9	-1,25	-3,76	-0,10	-1,72	
Estados Unidos	91,5	94,2	107,4	122,1	0,29	1,32	1,29	0,97		
Produção por emissões agropecuárias de GEE	Pecuária	Argentina	99,7	91,3	92,9	94,9	-0,88	0,17	0,22	-0,16
		Brasil	79,1	94,5	98,7	148,6	1,79	0,43	4,18	2,12
		Canadá	63,1	81,2	76,0	74,6	2,56	-0,66	-0,18	0,56
		China	20,1	22,0	14,4	13,4	0,93	-4,14	-0,71	-1,33
		França	70,7	70,9	76,0	77,1	0,03	0,70	0,14	0,29
		Alemanha	67,5	64,9	64,0	64,5	-0,38	-0,14	0,06	-0,15
		Índia	36,0	32,0	28,9	27,9	-1,16	-1,00	-0,37	-0,85
	Estados Unidos	79,4	85,1	84,4	90,2	0,69	-0,08	0,67	0,42	
	Agricultura	Argentina	526,7	837,7	1104,2	1341,8	4,75	2,80	1,97	3,17
		Brasil	1.175,0	1.325,2	1.965,5	2.216,5	1,21	4,02	1,21	2,14
		Canadá	1.464,3	1.388,2	1.410,1	1.844,7	-0,53	0,16	2,72	0,77
		China	1.387,8	1.725,4	2.194,3	2.716,0	2,20	2,43	2,16	2,26
		França	1.375,1	1.532,6	1.659,0	1.505,6	1,09	0,80	-0,97	0,30
		Alemanha	1.070,4	1.436,3	1.406,0	1.607,3	2,98	-0,21	1,35	1,36
Índia		973,3	1.167,5	1.223,2	1.512,8	1,84	0,47	2,15	1,48	
Estados Unidos	1.417,1	1.645,4	1.737,0	1.836,4	1,50	0,54	0,56	0,87		

Fontes: FAO (disponível em: <<https://bit.ly/3xAqNKM>>); e World Bank (disponível em: <<https://bit.ly/3GVTKDp>>).

Embora a maioria das pesquisas tenha se concentrado na mitigação por meio da melhoria da produtividade, Silva *et al.* (2016) desenvolveram um modelo de otimização para a produção de carne bovina. Este modelo foi parametrizado para o Cerrado brasileiro englobando processos de degradação e recuperação de pastagens, emissões de animais e desmatamento, dinâmica de carbono orgânico do solo e inventário de ciclo de vida a montante. Os resultados mostraram que o retorno econômico foi maximizado considerando dois cenários alternativos: desacoplamento pecuária-desmatamento, assumindo taxas de desmatamento de linha de base controladas pela política vigente; e gado-desmatamento acoplado, onde a demanda de carne bovina influencia nas taxas de desmatamento. No cenário controlado, o aumento do consumo levou a sistemas de carne bovina mais produtivos, associados a mais produção por unidade de emissão de CO2 equivalente. Além disso, a redução da produção levou a sistemas menos eficientes com estoques de carbono reduzidos. Sob desmatamento descontrolado, o aumento da produção leva a emissões 60% mais elevadas do que no primeiro cenário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil apresenta a maior taxa de crescimento da produtividade agrícola, e a manutenção desse crescimento deve estar relacionada aos investimentos em ciência e tecnologia. A maior parte da agricultura brasileira é altamente baseada em tecnologia. Não há dúvidas de que o Brasil está no centro da produção sustentável do agronegócio mundial e tem muito a contribuir para a oferta global de alimentos e energia.

O efeito poupa-florestas no Brasil é o maior entre os países comparados. Esses resultados, que alinham produção com sustentabilidade, precisam ser melhor explorados e divulgados mundo afora. Os principais concorrentes no mercado agroexportador são algumas economias com indicadores de produção sustentável mais baixos.

A produção brasileira por unidade de emissão cresce de forma contínua ao longo do tempo. Em parte, o avanço da mudança técnica é responsável, por um lado, e os investimentos em produção de baixo carbono, por outro. O Brasil possui a mais extensa cobertura com vegetação nativa em seu território e possui um agronegócio com maior produtividade das últimas décadas. O Brasil vem cumprindo a contribuição pactuada para a redução das emissões de GEE em relação às metas estabelecidas internacionalmente. Também é necessário minimizar o desmatamento ilegal, regular o mercado de carbono e incentivar investimentos em projetos agrícolas de baixo carbono.

Na produção de biocombustíveis, o Brasil é, juntamente com os Estados Unidos, a principal referência na produção de etanol. A produção brasileira tem um rendimento por hectare de área plantada maior do que a economia americana. É necessário explorar este mercado. A transição da matriz energética do mundo para uma economia de baixo carbono exige cada vez mais energia limpa.

O mundo depende de fontes de energia não renováveis. Ao contrário, o Brasil se destaca por ter a matriz energética mais limpa. É interessante para o Brasil manter essa vanguarda no consumo de energia limpa e investir no potencial existente.

A liderança mundial na produção de energia limpa é muito significativa nos dias atuais. A busca por uma parcela maior de fontes de energia renovável está moldando as políticas em todo o mundo. O Brasil está à frente de seus principais concorrentes internacionais. As perspectivas para o petróleo não são favoráveis. É inexorável que o consumo de petróleo vem diminuindo ao longo do tempo, enquanto o crescimento das fontes renováveis (eólica, solar e biomassa, principalmente) tem apresentado taxas crescentes sem precedentes, notadamente no caso brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, I. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. Farming production in Brazil: innovation and land-sparing effect. **International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering**, v. 15, n. 10, p. 93-100, 2021.
- ALVAREZ, A. R.; MOTA, J. A. (Org.). **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Brasília: Ipea, 2010. 640 p.
- ALVES, E. Tecnologia cristalizada e produtividade total dos fatores. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 2, n. 4, p. 547-560, 2004.
- ALVES, E. R. A. Embrapa: a successful case of institutional innovation. **Revista de Política Agrícola**, n. 19, p. 64-72, July 2010.
- ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; BRANDÃO, A. S. P. Porque os preços da cesta básica caíram? **Revista de Política Agrícola**, v. 19, n. 2, p. 14-20, abr.-jun. 2010.
- ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A. **Carbon neutral Brazilian beef: a new concept for sustainable beef production in the tropics**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2017. (Documentos, n. 243).
- BP GROUP. **Statistical review of world energy 2021**. 70th ed. London: BP Group, 2021. Disponível em: <<https://on.bp.com/3mqDFfv>>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo**. Brasília: Mapa, 2021a. Disponível em: <<https://bit.ly/38Xg8zW>>.
- _____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Quarta comunicação nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCTI, 2021b. 620 p.
- CHIAVARI, J.; MENDES, C. **Legislação florestal e de uso da terra na comparação internacional**. CPI; NAPC/PUC-Rio, 2017.

- CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- COSTA JUNIOR, N. B. *et al.* Public policies for low carbon emission agriculture foster beef cattle production in southern Brazil. **Land Use Policy**, v. 80, p. 269-273, Jan. 2019.
- EC – EUROPEAN COMMISSION. **Safeguarding food security and reinforcing the resilience of food systems**. Brussels: European Commission, May 2022. (Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, n. 133). Disponível em: <<https://bit.ly/3GUkRia>>.
- GASQUES, J. G. *et al.* Produtividade da agricultura brasileira e os efeitos de algumas políticas. **Revista de Política Agrícola**. v. 21, n. 3, p. 83-92, jul.-set. 2012.
- _____. **Produtividade total dos fatores na agricultura: Brasil e países selecionados**. Brasília: Ipea, maio 2022. (Texto para Discussão, n. 2764).
- GUTIERREZ, M. B. G. P. S. **Reformando o setor elétrico brasileiro: uma aproximação com os países da OCDE**. Brasília: Ipea, maio 2022. (Nota técnica Dirur, n. 28).
- JORGENSON, D. W. (Ed.). **Productivity: postwar US economic growth**. Cambridge: MIT Press, 1995. 434p.
- LAPOLA, D. M. *et al.* Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2014.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, n. 110, p. 173-177, July 2012.
- PITESKY, M. E.; STACKHOUSE, K. R.; MITLOEHNER, F. M. Clearing the air: Livestock's contribution to climate change. **Advances in agronomy**, v. 103, p. 1-40, 2009.
- SILVA, F. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Avaliação de Impacto do Programa de Agricultura de Baixo Carbono no Brasil**. Brasília: Ipea, jun. 2020. (Texto para Discussão, n.2568).
- SILVA, R. de O. *et al.* Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 5, p. 493-497, 2016.
- STACKHOUSE-LAWSON, K. R. *et al.* Carbon footprint and ammonia emissions of California beef production systems. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 12, p. 4641-4655, Sept. 2012.
- TELLES, T. S. *et al.* **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. Brasília: Ipea, mar. 2021. (Texto para Discussão, n. 2638).
- USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. USDA to allow producers to request voluntary termination of conservation reserve program contract. **USDA**, Washington, 26 May 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3xaqaFT>>.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. Expansão pecuária no Brasil e proposição metodológica de cálculo da produtividade em termos de sustentabilidade ambiental. *In*: ABDE – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO. **Prêmio ABDE-BID: coletânea de trabalhos**. Rio de Janeiro: ABDE, 2017. p. 227-258.
- _____. **Indicadores de produtividade e sustentabilidade do setor agropecuário brasileiro**. Brasília: Ipea, 2022a. (Nota Técnica Dirur, n. 29).
- _____. **O desenvolvimento da agricultura do Brasil e o papel da Embrapa**. Brasília: Ipea, mar. 2022b. (Texto para Discussão, n. 2748).
- VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. 391 p.
- _____. **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: Ipea, 2020. 410 p.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- CEPAL – COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. **Avaliação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal**. [S.l.]: Cepal, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3GUu2zb>>.
- ENERDATA. **World Energy & Climate Statistics: yearbook 2021**. Grenoble: Enerdata, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3GSyb6O>>.
- GASQUES, J. G. *et al.* Produtividade da agricultura brasileira: a hipótese da desaceleração. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 143-163.
- LOSEKANN, L.; TAVARES, A. **Transição energética e potencial de cooperação nos BRICS em energias renováveis e gás natural**. Brasília: Ipea, ago. 2021. (Texto para Discussão, n. 2680).

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Chefe do Editorial

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Chefia

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

Editoração

Anderson Silva Reis

Cristiano Ferreira de Araújo

Danielle de Oliveira Ayres

Daniilo Leite de Macedo Tavares

Leonardo Hideki Higa

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Danielle de Oliveira Ayres

Flaviane Dias de Sant'ana

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL