

PARTE IV

MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E AGRICULTURA

*"O mundo não será destruído
por quem pratica o mal, mas por
quem o vigia sem fazer nada"*
Albert Einstein

AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO: ALTERNATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Celso Vainer Manzatto, Sandro Eduardo Marschhausen Pereira, Ladislau Araújo Skorupa e Daniel Gomes dos S. W. Loebmann

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro vem assumindo protagonismo e responsabilidade crescente na segurança alimentar global, com ganhos crescentes de produção, num processo que reuniu eficiência produtiva, desenvolvimento científico e tecnológico, organização empresarial e novas formas de comercialização, com forte protagonismo do setor privado (Embrapa, 2018), contribuindo também para o crescimento da indústria associada ao setor e representando cerca de 27,4% do PIB brasileiro em 2021 (PIB..., 2023). Porém, o grande desafio atual é manter essa trajetória de aumento constante da produção e produtividade, gerando segurança alimentar com sustentabilidade socioambiental. Esse desafio surge em meio aos debates e às pressões sociais por um novo modelo de desenvolvimento, que seja capaz de conciliar crescimento econômico e conservação do meio ambiente (Sambuichi et al., 2012), aumentando a resiliência dos sistemas produtivos e reduzindo as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

De fato, agricultura nos trópicos exige muito mais do que apenas a produção de alimentos para a população, matérias-primas para a agroindústria, e excedentes exportáveis que favoreçam o balanço de pagamentos. Envolve também a adoção de tecnologias modernas e sustentáveis, desenvolvidas especialmente para a região, que assegurem menor impacto ambiental.

Este foi o contexto em que foi elaborada a primeira fase do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC 2010–2020 (Brasil, 2012), uma iniciativa estratégica e pioneira brasileira para conciliar a segurança alimentar com a sustentabilidade ambiental. A estratégia, também denominada Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), possui como princípios básicos a baixa emissão e/

ou a mitigação de dióxido de carbono (CO₂) no uso e manejo da terra, em decorrência da adoção das melhores práticas de gestão agrícola, e o alto potencial de sequestro de C com a adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (Sá et al., 2017). Para o setor agropecuário, o Plano ABC significou o maior plano de fomento a tecnologias sustentáveis de produção do mundo. Contou ainda com recursos do crédito rural para incentivo à adoção das tecnologias de baixa emissão de carbono pelos agricultores, além de ações de fomento, treinamento e disseminação das práticas e das tecnologias ABC.

O presente capítulo aborda a evolução do Plano ABC e suas contribuições na redução das emissões, destacando-se a importância do papel fundamental dos solos e de seu uso adequado para a sustentabilidade da agropecuária, que constitui hoje a base do complexo agroindustrial gerador de divisas.

A DINÂMICA ESPACIAL RECENTE NO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS

O Mapa da cobertura e uso da terra no Brasil, representado na Figura 27.1, apresenta os diversos usos da terra em diferentes condições ecológicas, permitindo destacar diferentes padrões de utilização nos estados brasileiros, bem como observar o predomínio de áreas naturais nos estados da Região Norte e a extensão da agropecuária no Brasil. A área de cobertura com formação florestal no País representa cerca de 508,7 milhões de hectares, ou 59,79% do território nacional; áreas com formação natural não florestal somam 53,9 milhões de hectares; a agropecuária conta com 265 milhões de hectares, correspondente a 31,15% do território; e 33,5 milhões de hectares (2,72%) são de áreas não vegetadas, corpo d'água e não classificado.

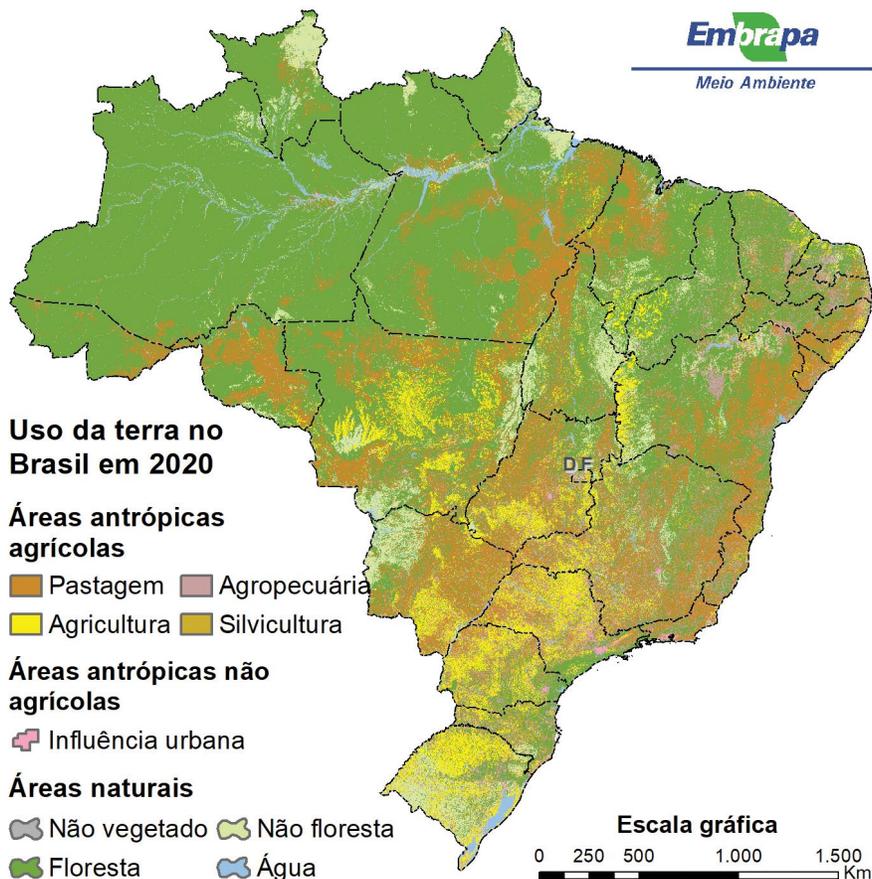


Figura 27.1. Mapa de cobertura e uso da terra no Brasil em 2021.

Fonte: Adaptado de MapBiomass (2023a).

Segundo o IBGE (2022d), entre 2016 e 2018, cerca de 1% do território brasileiro sofreu alguma mudança na cobertura e uso da terra, dando-se a substituição das áreas de vegetação natural por áreas antrópicas, e o avanço das áreas agrícolas sobre áreas de pastagem, com uma perda de cobertura natural de 7,6% da área de vegetação florestal e de 10% da vegetação campestre entre 2000 e 2018. Considerando o período de 1985 a 2021 (Figura 27.2), a formação florestal no Brasil teve uma redução de cerca de 50,2 milhões de hectares (-11,3%); a formação savânica, de 27,5 milhões de hectares (-19,5%); e outras formações não florestais, de 7 milhões de hectares (-11,65%). A ex-

pansão das pastagens no período foi da ordem 42,2 milhões de hectares (38,8%), sendo a agricultura com expansão de 43,6 milhões de hectares (228%); e a silvicultura, de 7,3 milhões de hectares (3%). Já os mosaicos de usos tiveram redução de 8,5 milhões de hectares (-16,7%) no período considerado (SEEG, 2022a).

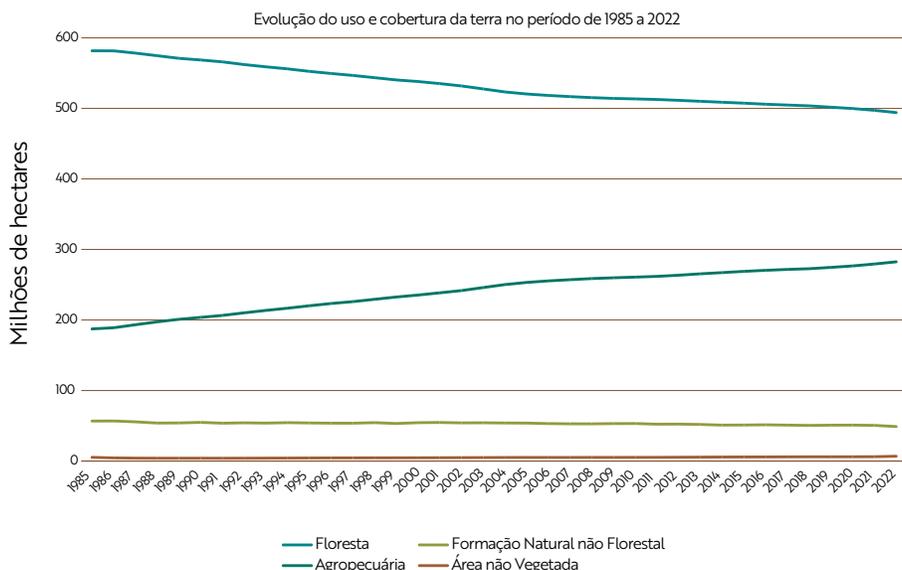


Figura 27.2. Evolução do uso e cobertura da terra no período de 1985 a 2021.
Fonte: MapBiomias (2023b).

As taxas de desmatamento diminuíram nos anos recentes, a exemplo da Amazônia Legal, onde a redução foi de cerca de 75% no período entre 2003 e 2017, passando de uma área de desmatamento de 25,4 mil km² para 6,6 mil km² em 2017 (Terra..., 2022) (Figura 27.3). Mais recentemente, a taxa anual média de desmatamento entre 2015 e 2017 foi de 7.015 km² por ano, ficando 35% acima da taxa mais baixa registrada, em 2012. A partir de 2015, observa-se uma tendência de desmatamento por corte raso, que, entre o período de 10 de agosto de 2019 e 31 de julho de 2020, foi de 10.851 km², e, até 2021, de 13.038 km². Esses valores representaram um aumento de 7,13% para o primeiro período e de 12,9% em 2021, quando comparados com a taxa de desmatamento apurada pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) em 2019, que foi de 10.129 km² para os nove estados da Amazônia Legal. Entre os fatores que podem estar associados à retomada do desmatamento, destacam-se as mudanças no novo Código Florestal em 2012 (Araújo et al., 2017), a redução nas operações de comando e controle e o baixo cumprimento dos acordos de desmatamento zero dos setores da pecuária e da soja.

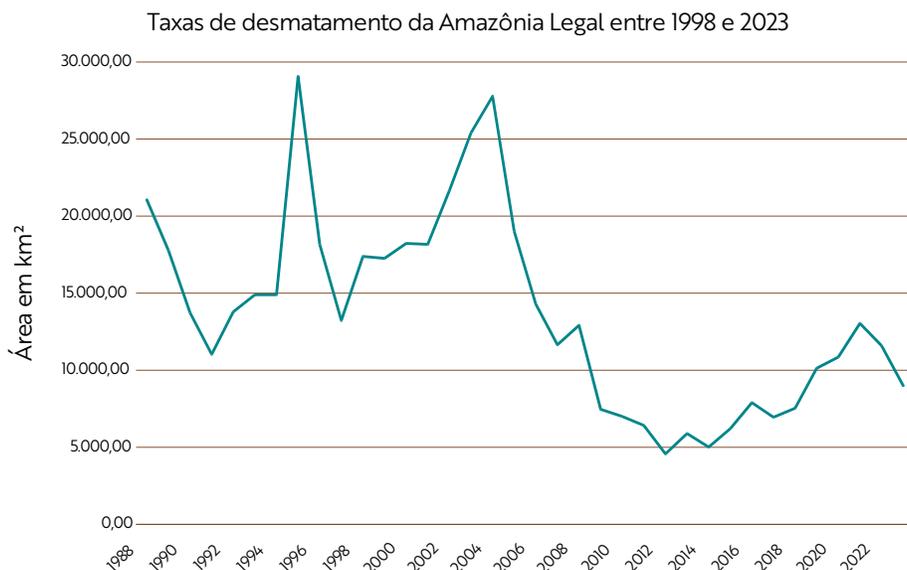


Figura 27.3. Taxas de desmatamento da Amazônia Legal entre 1998 e 2021.
Fonte: Terra... (2022).

Entretanto, considerando a disponibilidade de fronteiras agrícolas no País, torna-se necessária uma abordagem sobre os estoques de terra que considere os princípios de alocar cada parcela de terra de acordo com sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica esperada, com o mínimo de degradação ambiental, de modo que os recursos naturais sejam considerados no melhor de seu potencial de uso. Para essa abordagem, foram utilizadas informações aeroespaciais disponíveis em diversas bases de dados, integrando-as para a delimitação das terras indígenas no Brasil (Funai, 2011), das unidades de conservação de proteção integral (Brasil, 2013) e dos biomas brasileiros (IBGE, 2022f); e para a identificação do uso antrópico nos anos de 2008, 2015 e de 2020 (MapBiomas, 2023b), da aptidão edáfica para terras altas em regime (adaptado de Manzatto et al., 2009) e da declividade (Terra..., 2011), agrupada nas classes de declividade de 0–12%, 12–20% e maiores que 20%.

A Tabela 27.1 sintetiza os principais estoques de terra sob vegetação nativa e uso agropecuário no Brasil. Em 2020, a área antropizada foi estimada em 262,5 Mha ou 30,84% do território nacional. Ou seja, um aumento de 6,97% (17,9 Mha) em relação ao ano de 2008. Do total, 30,56% ou 260,05 Mha de terras estão sob uso agropecuário, excluídas as áreas indígenas e unidades de conservação de proteção integral (UCPI), ou sem restrições institucionais (Agropecuário Livre). Do total de terras sob

uso agropecuário, 192,54 Mha, ou 74,04% delas, foram em terras com aptidão agrícola; 56,6 Mha de terras sem aptidão agrícola (Agr-Inaptas) com declividade até 20%; e 7,4 Mha com fortes limitações ao uso agrícola, com declividade acima de 20%, que podem ser utilizadas prioritariamente para recomposição de passivos ambientais. As terras com vegetação natural remanescente foram da ordem de 565,50 Mha, ou 66,45% do território nacional. Ou seja, uma redução de 2,89% sobre o ano de 2008. Do total das áreas sob cobertura vegetal, existem 244,4 Mha de terras aptas ou com potencial ao uso agrícola (VeG-apta), das quais 191,8 Mha com declividade até 12% (terras mecanizáveis) e 22,1 Mha com declividade entre 12 e 20% (com restrições à mecanização). Foi observado que, entre 2008 e 2020, o Brasil teve uma taxa anual de aumento da área com uso agropecuário de 1,42 Mha por ano, com a mesma taxa de redução de remanescentes, sendo certo que 97,7% dessa expansão foi em áreas não protegidas, é dizer, fora de UCPI e de terras indígenas. Além disso, houve aumento de cerca de 0,52% entre a referida taxa do período de 2008 a 2015 e a do período de 2015 a 2020, o que pode representar que houve um aumento do ritmo de incorporação de novas áreas pelo setor agropecuário a partir de 2015.

As terras indígenas demarcadas foram estimadas em 108,41 Mha, ou 12,74% do território, e dessas 1,33% já foram antropizadas. As UCPI representam 52,96 Mha, 6,22% do País, com 1,0 Mha alterados e/ou com uso antrópico. Corpos d'água e áreas alagadas representam 16,55 Mha.

As áreas institucionais protegidas (UCPI e terras indígenas) representam 18,96% da área do País. Ressalta-se que estão concentrados na Região Norte do País. Esta detém 83,84% das áreas institucionais, seguida da Região Centro-Oeste (10,44%), Nordeste (3,79%), Sudeste (1,69%) e Sul (0,24%). Quanto às unidades da Federação, 37,10% dessas áreas estão no estado do Amazonas, 25,63% no estado do Pará, 9,47% no estado do Mato Grosso, 7,07% no estado de Roraima, 5,05% em Rondônia, e os demais estados somam 15,67%.

Tabela 27.1. Percentual das emissões de GEE provenientes da Agropecuária e Mudança no uso da terra no Brasil nos anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010, com base nos dados da 3ª. Comunicação Nacional.

Tipos de uso	2008	2015		exc2020		
	Área (Mha)	Área (Mha)	Área Mha	% Brasil	Até 12% de Declive (Mha)	De 12% a 20% de Declive (Mha)
Brasil*	851,03			100,00	674,38	73,28
Amazônia Legal**	502,73			59,07	419,81	40,57
Remanescentes	582,34	574,39	565,50	66,45	441,71	50,18
Remanescente Livre	429,44	421,49	412,99	48,53	323,99	35,45
Remanescente Livre Apto	255,76	250,11	244,36	-	191,08	22,09
Agropecuário	245,36	253,82	262,45	30,84	212,33	21,61
Agropecuário Livre	243,36	251,77	260,05	-	210,56	21,40
Agropecuário Livre Apto	181,53	186,96	192,54	-	155,59	16,08
Antrópico Inapto	62,66	65,63	68,46	8,04	55,61	5,42
Agropecuário Inapto (ma de 20% de declividade)	7,13	7,11	7,44	-	-	-
Terras indígenas*** (TI)	108,41	108,41	108,41	12,74	86,65	9,65
Remanescente TI	106,53	106,47	106,20	12,48	84,84	9,47
Antrópico TI	1,14	12,1	1,45	-	1,18	0,12
UCPI***	52,96	52,96	52,96	6,22	37,74	5,76
Remanescente UCPI	51,11	51,16	51,04	6,00	36,38	5,59
Antrópico UCPI	0,90	0,88	0,99	-	0,62	0,10
Água	17,21	16,30	16,55	1,94	15,12	0,96
Infraestrutura	3,80	3,72	4,33	0,51	-	-
Outros	2,33	2,81	2,21	0,26	-	-

Notas: Mha – Milhões de hectares. *Área oficial do Brasil publicada no DOU nº 38, de 23/02/2022, conforme Portaria Nº PR-73, de 21 de fevereiro de 2022. **Área da Amazônia Legal calculada no shape file do projeto. A área oficial da Amazônia Legal do Brasil informada pelo IBGE para 2021 é 501,51 Mha. ***Foram utilizados os limites das terras indígenas (TI) de 2021 e das unidades de conservação de proteção integral (UCPI) de 2019 sobre os usos da terra de 2008 e 2020.

Fonte: Os autores.

As áreas com uso agropecuário no Brasil apresentam uma distribuição heterogênea (Figura 27.4). Percebe-se uma variação da distribuição entre as cinco regiões (Figura 27.4A) e entre as unidades da Federação (Figura 27.4B). Além disso, distribuem-se, preferencialmente, nos relevos com declividade entre 0 e 20% (Figura 27.4B). As exceções são os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, que possuem a maior parte de seu uso nas declividades entre 20% e 100%.

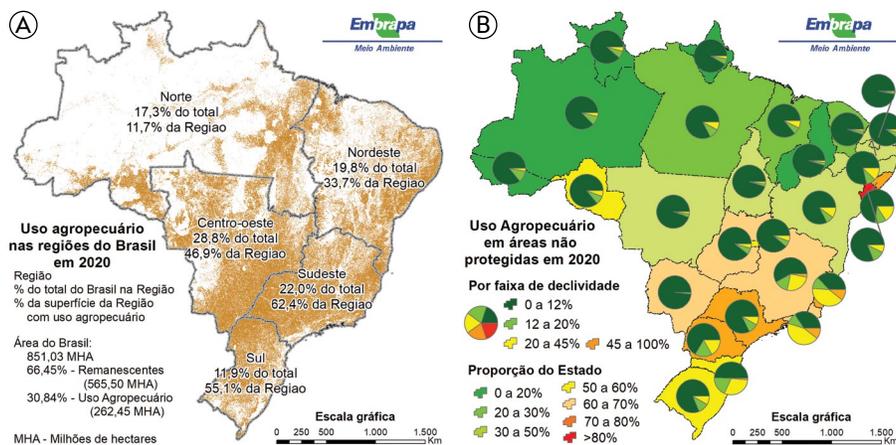


Figura 27.4. Distribuição do território nacional em uso agropecuário em 2020, por unidade da Federação e por faixa de declividade, considerando: (A) à esquerda, o uso agropecuário de cada região do Brasil em relação ao total de uso agropecuário do País e à superfície da região; (B) à direita, o percentual de uso agropecuário total em relação à soma desse uso com as áreas naturais (vegetadas e não vegetadas) não protegidas em cada unidade da federação.

Fonte: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2022c).

Quanto à razão entre a área de uso agropecuário em relação ao remanescente de vegetação nativa, excluindo-se as terras das UCPI, terras indígenas e corpos d'água, os estados da Região Norte são os que apresentam a menor antropização agropecuária, com taxas de uso das áreas não protegidas abaixo de 20%. No entanto, os estados do Pará e de Rondônia apresentam indícios de maior uso das terras de áreas não protegidas em comparação aos demais. Os estados com maior antropização estão nas regiões Centro-Oeste (GO e MS), Sudeste (MG, ES, RJ e SP), Sul (PR) e Nordeste (AL e SE). Eles apresentam mais de 60% de suas terras não protegidas com uso agropecuário. Observa-se que os estados da região do Matopiba (MA, TO, PI, BA) apresentam o maior potencial de expansão, com taxas de ocupação entre 20% e 50%. Nove estados, no total, apresentam indícios excessivos no uso agropecuário nos biomas presentes no Estado: AL, SE, PE e GO em relação ao bioma Mata Atlântica; no

bioma Cerrado o estado de SP; e, na Amazônia Legal brasileira, os estados de MT, RO, PA, TO (Tabela 27.2).

Tabela 27.2. Estados do Brasil com taxa de uso antrópico com indícios de superutilização das terras com o uso agropecuário.

	Estado	Total do estado (%)	Percentual de uso agropecuário no bioma do estado (%)				
			Amazônia	Caatinga	Cerrado	Mata Atlântica	Pantanal
Amazônia Legal	Alagoas	78,56	**	72,21	**	83,67*	**
	Sergipe	80,54*	**	79,75	**	80,73*	**
	Pernambuco	48,93	**	41,9	**	81,81*	**
	Paraíba	45,48	**	42,62	**	76,84	
	São Paulo	79,29	**	**	83,06*	77,4	**
	Goiás	64,96	**	**	64,47	83,73*	**
	Mato Grosso	43,83	45,42*	**	45,74		16,93
	Pará	27,72	27,46	**	35,87	**	**
	Rondônia	54,43*	54,59*	**	22,03	**	**
	Tocantins	33,62	74,03	**	28,76	**	**

Notas: *Indícios de superutilização da terra com uso agropecuário: >80% em biomas fora da Amazônia Legal; >50% no bioma Amazônia para o estado de Rondônia por causa da flexibilização da reserva legal promovida pelo Zoneamento Ecológico Econômico; >20% nos demais estados desse bioma; e >65% nos estados dos biomas Cerrado e Pantanal na Amazônia Legal. **Bioma não existente no estado.

Fonte: Os autores.

No âmbito dos domínios fitogeográficos (Tabela 27.3), os que apresentam as maiores áreas com vegetação nativa (Veg-Total) são Amazônia e Pantanal, enquanto os mais alterados pelo uso antrópico (Ant-Total) são Mata Atlântica e Cerrado. Contudo, ao analisar as áreas sob cobertura florestal, ainda existe potencial de expansão agrária em todos os domínios fitogeográficos brasileiros registrado por Soares-Filho (2013). Ressalta-se novamente a necessidade de uma política de ordenamento territorial como estratégia para a conservação da integridade dos domínios fitogeográficos e a oferta de serviços ecossistêmicos a eles associados, em face da disponibilidade de terras sob vegetação nativa e sem restrição institucional passíveis de serem convertidas para uso antrópico. Ou seja, a ocupação futura do território demanda uma ampla discussão com a sociedade como forma de orientar uma eventual ocupação territorial de forma planejada e de dar suporte aos órgãos ambientais quanto à supressão da vegetação nativa.

Tabela 27.3. Área em milhões de hectares (Mha) e percentual de terras com cobertura Veg-Agr* e Agr-Total* em relação à área do domínio fitogeográfico, subtraídas as áreas de água, urbana, outros usos e as áreas com restrições institucionais para o ano de 2020.

Biomassas	Área (Mha)	Veg-Total (Mha)	Ant-Total (Mha)	Veg-Agr (Mha)	Agr-Total (Mha)
Amazônia	422,82	347,58	63,07	212,47	61,67
Caatinga	85,88	53,77	30,21	51,71	30,03
Cerrado	198,25	107,97	87,42	96,08	87,03
Mata Atlântica	110,87	35,13	71,03	32,49	70,67
Pampa	18,11	8,94	8,28	8,87	8,27
Pantanal	15,10	12,11	2,44	11,37	2,39
Brasil	851,03	565,50	262,45	412,99	260,05

Notas: *Agr-Total: uso agropecuário em áreas exógenas a terras indígenas e UCPI; Ant-Total: uso agropecuário total (antropismo), incluindo o uso em terras indígenas e UCPI; Veg-Agr: vegetação remanescente sem restrições institucionais; Veg-Total: vegetação natural total.

Fonte: Os autores.

Em 2021, o efetivo bovino brasileiro foi estimado pelo IBGE em 224,6 milhões de cabeças disseminadas por todo o País (Figura 27.5). Assim como a lavoura do pequeno produtor (agropecuária, em geral), suas maiores expressões podem ser regionalizadas da seguinte forma: ocupa quase todo o estado do Mato Grosso do Sul e de Goiás; no Mato Grosso, concentra-se em grande parte no sul do Estado; no Triângulo Mineiro e nos pantanais, representa ocupação já tradicional, assim como no Pampa gaúcho; na Bahia, a ocupação destaca-se na depressão dos rios Paraguaçu e Itapecuru, na região do Médio Rio São Francisco, mais especificamente na Depressão de Guanambi e na região de Itapetininga/Vitória da Conquista, de onde se estende por terras de Minas Gerais, na região das vertentes dos rios Jequitinhonha e Pardo, acompanhando os limites entre Minas e o Espírito Santo; em Sergipe, a pecuária está disseminada em quase todo o estado; ocorrem concentrações no centro e no oeste de São Paulo, no noroeste do Paraná, na região da Campanha Gaúcha, na área de influência da BR-364 em Rondônia e no Acre, além de sua expansão pelo Pará e Tocantins, no eixo das rodovias BR-158 e PA-150. Em relação aos maiores produtores, Mato Grosso lidera com 32,42 milhões de cabeças, ou quase 14,5% do total do rebanho brasileiro. Na sequência, Goiás (24,29 milhões), Minas Gerais (22,86 milhões), Pará (23,92 milhões) e Mato Grosso do Sul (18,68 milhões) completam a lista dos cinco maiores produtores. O menor produtor é o estado do Amapá, com 52,8 mil bovinos.

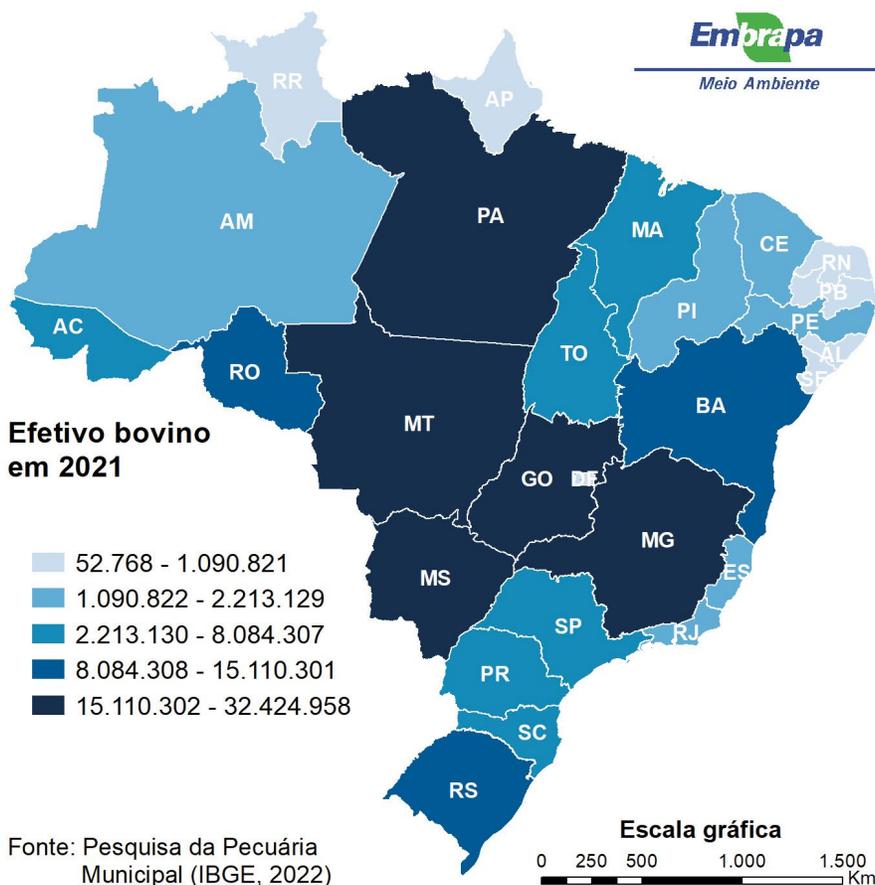
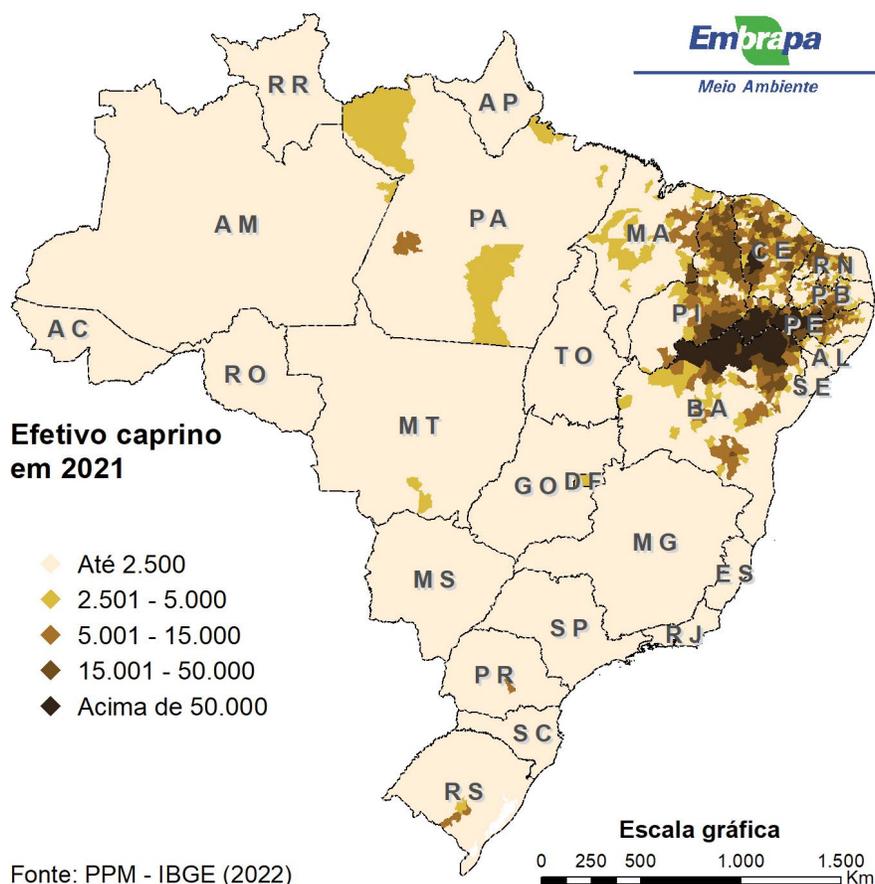


Figura 27.5. Classes de efetivo bovino por estados do Brasil.
Fonte: Pesquisa da Pecuária Municipal – IBGE, 2022e.

Em relação à caprinocultura brasileira, em 2019 o rebanho foi estimado em 11,3 milhões de cabeças, sendo que a Região Nordeste responde por 94,5% do efetivo nacional, com 10,7 milhões de cabeças (Magalhães et al., 2020), representadas na Figura 27.6. Em relação à ovinocultura, em 2019 estimou-se o rebanho brasileiro em um total de 19,7 milhões de cabeças, mantendo-se a tendência de concentração de rebanhos na Região Nordeste (Figura 27.6). Essa região apresenta 13,5 milhões de cabeças, equivalente a 68,54% do rebanho nacional, seguida das Regiões Sul e Centro-Oeste, com 3,9 milhões e 1,0 milhão de cabeças, respectivamente, correspondentes a 20,8% e 5,0% do rebanho ovino do Brasil (Magalhães et al., 2020).

Nos últimos anos, o setor tem se beneficiado do aumento do consumo interno e das demandas de exportação de carne e pele, além de novas oportunidades que a atividade oferece, de modo que, no período entre 2015 e 2019, houve ampliação acumulada de 17,5% no rebanho caprino e 7,09% no rebanho ovino. Apesar de reduções do efetivo em algumas regiões do País, o Nordeste destaca-se com o melhor desempenho, mostrando maior crescimento e ganho de participação em ambos os rebanhos, mantendo a tendência de expansão dos rebanhos na região, compensando a redução observada em outras regiões produtoras. Esta tendência é decorrência da capacidade de adaptação destes animais às condições climáticas adversas e do aumento da demanda nos principais centros consumidores (Magalhães et al., 2020).



Fonte: PPM - IBGE (2022)

Figura 27.6. Efetivo de caprinos no ano de 2021.

Fonte: Pesquisa da Pecuária Municipal - IBGE (2022a)

O Brasil ocupa a 21ª posição na produção de caprinos e a 18ª na de ovinos; no entanto, ainda importa grande parte da carne de cordeiro consumida no País. Praticamente 50% dos ovinos estão concentrados na Região Nordeste (Figura 27.7), mas o Rio Grande do Sul também apresenta contribuição bastante significativa (Embrapa, 2018).

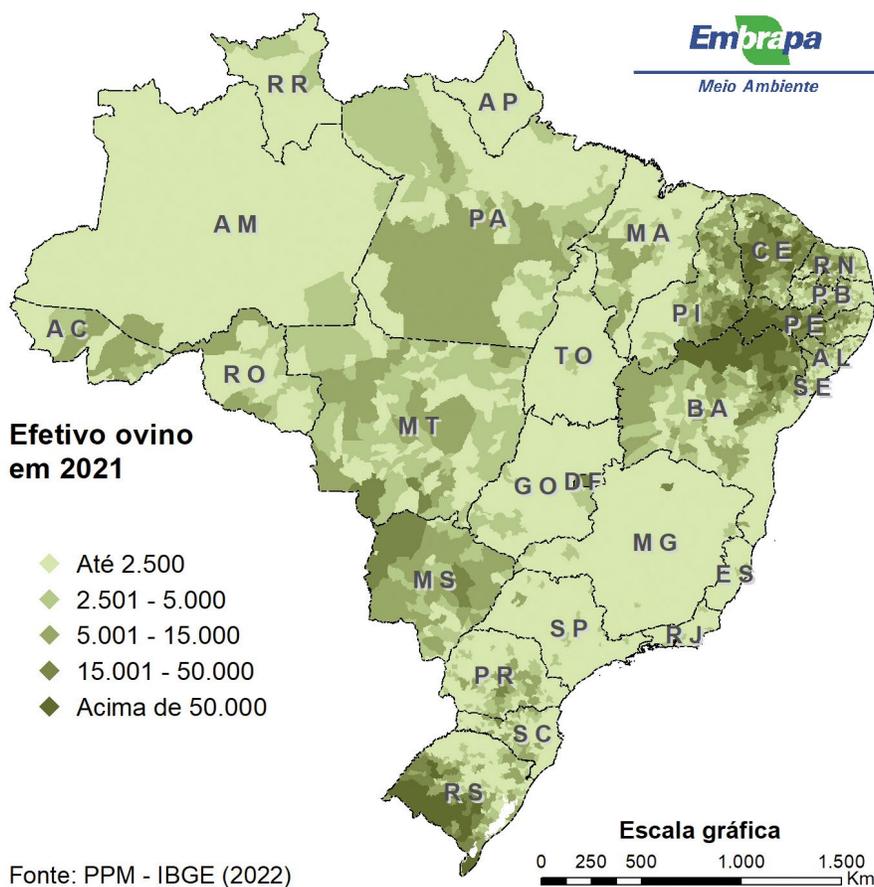


Figura 27.7. Classes do efetivo da pecuária ovina nos estados em 2017.
Fonte: Pesquisa da Pecuária Municipal – IBGE (2022a)

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com forte expansão econômica na última década, em grande medida decorrente do aumento da eficiência produtiva e, principalmente, da competitividade conferida pelo desenvol-

vimento tecnológico do setor. De fato, ao longo das últimas duas décadas, o setor agropecuário vem se destacando pelo seu desempenho econômico com ganhos crescentes de produção e produtividade, num processo que reuniu eficiência produtiva, desenvolvimento científico e tecnológico, organização empresarial e novas formas de comercialização, com forte protagonismo do setor privado (Embrapa, 2018). Essas técnicas combinam o aumento de produtividade com o potencial efeito mitigador de GEE. Além disso, a recuperação de pastagens evita que novas áreas sejam desmatadas para a expansão da produção de bovinos.

Entretanto, mesmo considerando que esse movimento de expansão produtiva venha incorporando práticas de produção sustentável, como, por exemplo, a integração produtiva e sistemas de plantio direto, um dos principais problemas do agronegócio brasileiro ainda é a degradação das pastagens. Segundo o Atlas das Pastagens (Ferreira Júnior, 2020), aproximadamente 89 milhões de hectares dos cerca de 161 milhões de hectares de pastagens no Brasil apresentam algum estágio de degradação. Esse cenário possibilita uma grande oportunidade de redução do impacto causado pela pecuária de corte, principalmente por meio das técnicas de recuperação de pastagem e sistemas integrados de produção.

Ao longo da última década, a área de terras ocupadas com pastagens para a pecuária permaneceu relativamente estável em aproximadamente 161 Mha, porém com intensa dinâmica espacial. A distribuição espacial dessas áreas evidenciou a predominância na perda de áreas em regiões que possuem aptidão e infraestrutura para sustentar sistemas agrícolas, e no ganho de área em regiões com maior disponibilidade de terras com baixo custo, caracterizadas pelas regiões de fronteira agrícola. Uma área de aproximadamente 31,7 Mha deixou de ser mapeada como pastagem. Este resultado é um indicador de que a maior parte das áreas que estão saindo do sistema pecuário são as menos produtivas (Ferreira Júnior, 2020), o que pode ser constatado quando se converte a base de dados usada pelos autores para unidade animal (UA), pois nas últimas décadas a lotação bovina aumentou de 0,8 UA ha⁻¹ em 1985 para 0,92 UA ha⁻¹ em 2018.

Pastagens degradadas podem ser definidas como áreas com acentuada diminuição da produtividade agrícola (diminuição acentuada da capacidade de suporte) esperada para aquela área, podendo ou não ter perdido a capacidade de manter a produtividade do ponto de vista biológico (acumular biomassa). Macedo (1995) define a degradação de pastagem como o processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural de uma dada pastagem, tornando-a incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras. Considera, ainda, que, num estágio avançado, poderá haver considerável degradação dos recursos naturais.

O uso de forrageiras adaptadas às condições locais de solo e clima, bem formadas, homogêneas, livre de invasoras, com manejo adequado à sua capacidade de

suporte e adequada correção e adubação do solo geralmente resultam no aumento da longevidade das pastagens, com produtividade econômica. Entretanto, falhas em seu manejo podem acelerar sua degradação, sendo que os extremos dessas condições conceitualmente denominados “degradação agrícola” e “degradação biológica” (Dias-Filho, 2011). Na degradação agrícola, há um aumento na proporção de plantas daninhas na pastagem, diminuindo gradualmente a capacidade de suporte. Na degradação biológica, o solo perde a capacidade de sustentar a produção vegetal de maneira significativa, levando à substituição da pastagem por plantas pouco exigentes em fertilidade do solo, ou simplesmente ao aparecimento de áreas desprovidas de vegetação (solo descoberto).

Adicionalmente, a conversão de áreas de pastagens pouco produtivas para outros usos e/ou com integração produtiva (por exemplo, Integração Lavoura Pecuária (ILP), Pecuária Floresta (IPF) ou Integração Lavoura Pecuária Florestas (ILPF) e a melhoria da produtividade das pastagens remanescentes são estratégias eficazes para aumentar a produção da agropecuária em atendimento às demandas de mercado, podendo reduzir a pressão pela abertura de novas áreas e evitando-se os impactos do desmatamento. As áreas que não apresentaram indícios de degradação concentram-se predominantemente na Amazônia – onde o processo de degradação agrícola, caracterizado pela regeneração da vegetação nativa, é intenso – e Mata Atlântica – onde a restauração da vegetação nativa ocorre com mais frequência. As áreas mapeadas como pastagens pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (Lapig/UFG) em 2018 foram classificadas em três categorias: áreas estáveis, que não apresentaram mudanças quanto à presença ou ausência de indícios de degradação; áreas com mudanças, que apresentaram mudanças quanto aos indícios de degradação; e novas áreas, aquelas não mapeadas como pastagem em 2010, mas sim em 2018. A área analisada somou 166,9 Mha, sendo que aproximadamente 2,2% da área mapeada não foi analisada por indisponibilidade de dados.

Quanto ao cultivo de grãos, sua evolução pode ser observada na Figura 27.8, que apresenta a evolução da área plantada com os principais cultivos no período de 1974 a 2021 e ilustra a tendência de crescimento sistemático da produção da agropecuária brasileira, notadamente em decorrência de ganhos de produtividade a partir da década de 1990. Ao avaliar o comportamento histórico da produção de grãos no período de 1974 a 2021, considerando a área e a produtividade (Figura 27.9), observa-se que, enquanto a área aumentou 126,5% (era 55,9% em 2008), a produção cresceu 560,3% (tinha sido 279,1% em 2008). Assim, a tendência tem se mantido, com crescimento da produtividade durante todo o período considerado, com quedas verificadas entre 2004 e 2006 devido a ocorrência de estiagem, porém o indicador de produtividade para grãos passou do valor médio de 1.500 kg ha⁻¹, em 1992, para 3.500 kg ha⁻¹ em 2021, com uma taxa total de aumento de produtividade de 1,68% em relação a 2017.

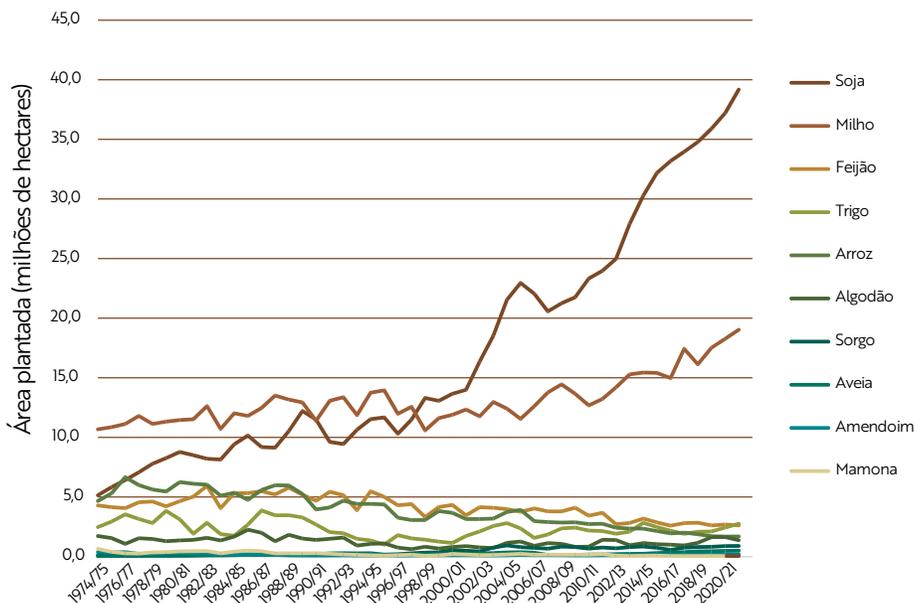


Figura 27.8. Evolução da área plantada com grãos no Brasil nas safras de 1974/75 a 2021/22.
Fonte: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2022b).

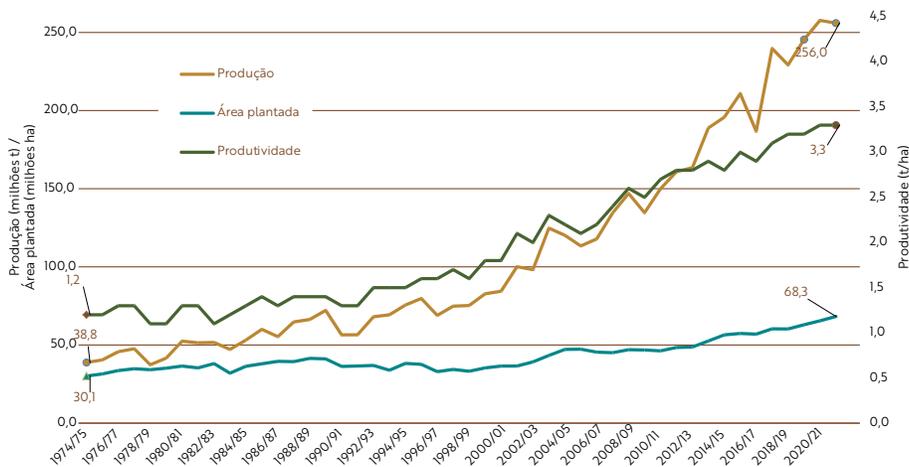


Figura 27.9. Evolução da área cultivada (verde), da produção (azul) e da produtividade (vermelho) de grãos no Brasil nas safras de 1974/75 a 2020/21.
Fonte: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2022b).

Destaca-se, entretanto, que os ganhos de produtividade coincidentemente foram observados em culturas típicas de uma agricultura industrial, integrada a uma cadeia de conhecimento e investimento forte, bem como a demandantes específicos, particularmente a indústria de carne, que tem se adequadamente melhor a cada dia ao uso de organismos geneticamente modificados, em especial a soja, o milho e o algodão, uma commodity tipicamente industrial.

Das lavouras permanentes, destacam-se, pelos aumentos de produção, os cultivos de café, laranja, cacau, banana, castanha de caju, açaí, coco-da-baía, borracha (látex) e dendê. De acordo com dados dos censos agropecuários do IBGE de 2006 e 2017, essas lavouras apresentaram acréscimos em torno de 80% na sua produção no período, com destaque de crescimento para a borracha (+639%) e para a palma de óleo – dendê (+252%). A Figura 27.10 apresenta dados sobre o painel da área plantada, em 2021, para as principais lavouras permanentes.

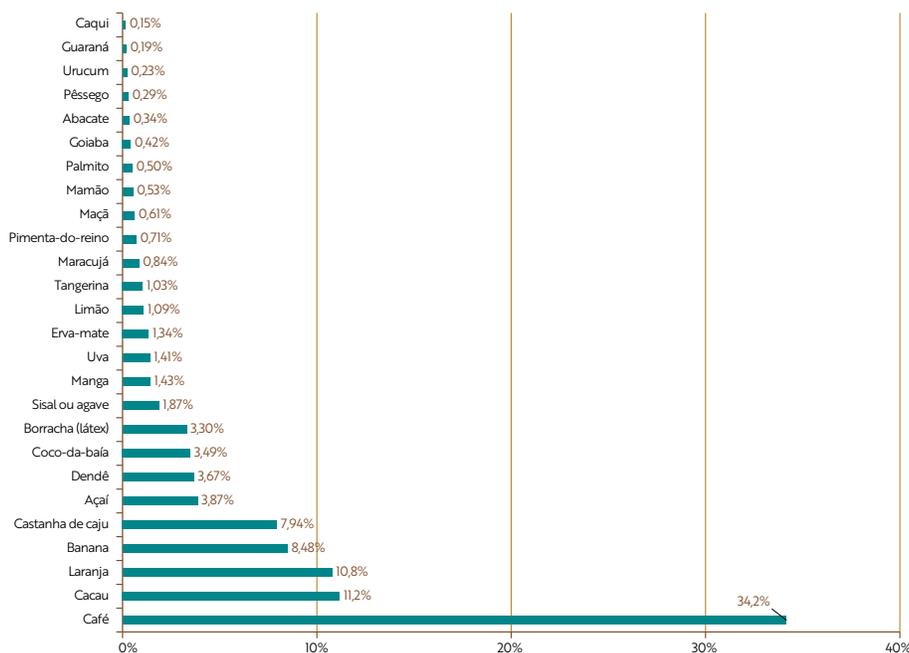


Figura 27.10. Área plantada com lavouras permanentes no Brasil em 2021.

Fonte: Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2022c).

A evolução das últimas duas décadas do agronegócio consolidou o Brasil como um dos principais atores no mercado internacional de commodities agropecuárias, conquistando o segundo lugar entre os atores do comércio internacional. A produ-

ção de alimentos com baixo custo e qualidade comprovada fez com que o país esteja sendo considerado como um dos principais centros fornecedores de alimentos ao mundo, com um marcante e contínuo crescimento das exportações (Figura 27.11), representando 43% do mercado externo brasileiro, com exportações da ordem de US\$ 120,6 bilhões, importações de US\$ 15,5 bilhões e saldo de US\$ 105,1 bilhões em 2021 (Kreter, 2022).

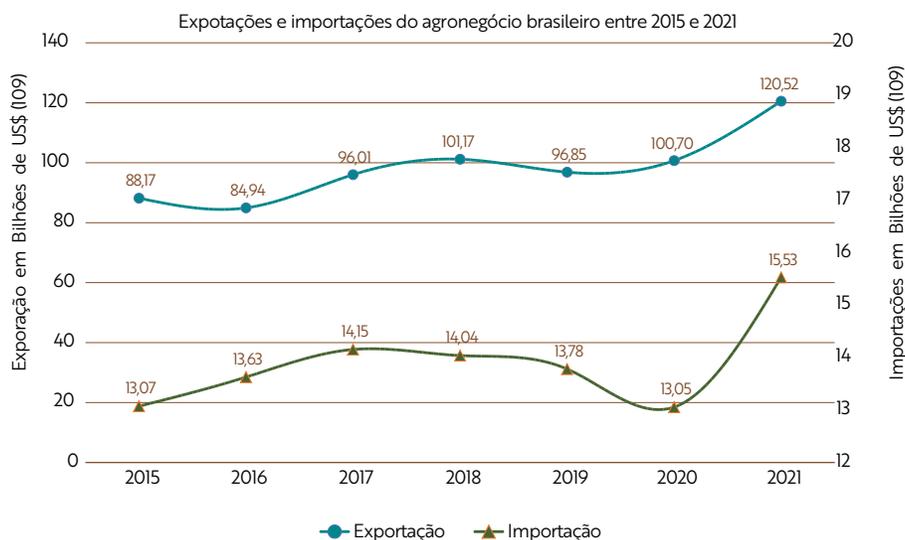


Figura 27.11. Evolução comparativa das exportações e importações do agronegócio brasileiro entre 2015 e 2021.

Fonte: Brasil (2022).

A análise da evolução da década de 2010 à de 2020 revela a diminuição da demanda por incorporação de novas terras ao processo produtivo no país como decorrência do aumento da produção agrícola, em razão dos ganhos de produtividade e da intensificação produtiva verificada no setor agropecuário. Embora nos últimos 3 anos tenha se observado uma retomada no desmatamento de novas áreas nos biomas Amazônia e Cerrado, por motivos diversos o País pode resgatar eventuais passivos ambientais sem afetar a produção e a oferta de alimentos, fibras e energia, desde que políticas de renda sejam implementadas.

A QUESTÃO AMBIENTAL: AGRICULTURA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

De acordo com o Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima - IPCC (Houghton, 2001), os processos industriais, transportes, geração de energia elétrica e aquecimento doméstico que utilizam combustíveis fósseis para a geração de energia, assim como as queimadas e supressão de florestas e uso do solo (LUC), emitem grandes quantidades de poluentes climáticos para a atmosfera. Tais atividades humanas estão entre as principais causas das mudanças climáticas como consequência do aumento da concentração atmosférica de GEEs – gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (NO) –, o que aumenta a preocupação global com as questões ambientais, como decorrência da incidência, cada vez mais frequente, de eventos climáticos extremos como chuvas intensas, secas e veranicos, com reflexos, ainda, nas exigências dos mercados em relação à sustentabilidade dos processos produtivos.

No Brasil, como no mundo, a agropecuária é responsável por grande parte da emissão de GEEs, contribuindo significativamente para as mudanças climáticas com emissões da ordem de um quinto a um quarto das emissões globais de CO_2 , geradas pelas atividades agrícolas dentro da propriedade rural, pelas emissões entéricas da pecuária e mudanças de uso das terras (Mbow et al., 2019). A agropecuária também responde por quase 50% das emissões de CH_4 no mundo e 75% do total de emissões de óxido nitroso (NO) (Tubiello et al., 2022).

Tubiello et al. (2022) estimaram as emissões globais de GEEs dos sistemas agroalimentares nos anos de 1990 e 2019 e observaram que o principal responsável pelo incremento nas emissões de GEEs do setor nos últimos anos foi o aumento das emissões nos processos de pré e pós-produção, enquanto as emissões do uso das terras diminuíram em 25% e as emissões nos sistemas produtivos dentro da propriedade rural aumentaram cerca de 9%. Os autores relataram emissões da ordem de 16,5 bilhões de toneladas métricas ($\text{Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$), correspondendo a 31% do total de emissões antrópicas em 2019. Do total dessas emissões, a produção agrícola e pecuária nas propriedades rurais, incluindo o uso de energia, responderam por 7,2 $\text{Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$; mudanças de uso da terra devido ao desmatamento e à drenagem de solos orgânicos responderam por 3,5 $\text{Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$; as emissões de processos de pré e pós-produção (fabricação de fertilizantes, processamento de alimentos, embalagem, transporte, varejo, consumo doméstico e descarte de resíduos alimentares) foram responsáveis por 5,8 $\text{Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$, com um aumento de cerca de 17% em relação ao ano de 1990 e tendência de estabilização a partir do ano 2006. Segundo os autores, as emissões de CO_2 dos processos de pré e pós-produção responderam por 3,9 $\text{Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$, sendo maiores que as emissões de mudança de uso da terra (3,3 $\text{Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$ em 2019) e as emissões dos sistemas produtivos dentro da propriedade rural (1,2 $\text{Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$). En-

tretanto, as atividades produtivas dentro da propriedade rural são a principal fonte de emissão de metano ($140 \text{ Mt CH}_4 \text{ ano}^{-1}$) e de óxido nitroso ($7,8 \text{ Mt N}_2\text{O ano}^{-1}$), enquanto pré e pós-processos emitiram $49 \text{ Mt CH}_4 \text{ ano}^{-1}$ de metano, gerados principalmente a partir da decomposição de resíduos sólidos de alimentos em aterros sanitários e a céu aberto em lixões (Tubiello et al., 2022).

Em termos globais, as emissões de GEEs associadas aos sistemas agroalimentares indicam que a China é a principal emissora com cerca $1,9 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$, seguida pela Índia, Brasil, Indonésia e EUA, cada um com emissões entre $1,2 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$ e $1,3 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$; República Democrática do Congo (RDC) e Federação Russa seguem com cerca de $0,5 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$ ou $0,6 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$; e Paquistão, Canadá e México, todos na faixa de $0,2 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$ a $0,3 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$. Enquanto a China e a Índia praticamente não contribuem com emissões relacionadas à mudança no uso das terras, este é o principal componente das emissões do Brasil, maior emissor global com $663 \text{ Gt CO}_2 \text{ eq ano}^{-1}$, seguido por Indonésia e RDC (Tubiello et al., 2022).

As perdas históricas de C devido a uso e mudanças de uso do solo foram estimadas em 148 Pg C ($1 \text{ Pg} = 1 \text{ bilhão de toneladas}$) entre 1870 e 2014 (Sá et al., 2017). Desse total, a América do Sul, que dispõe de solos com cerca de 10,3% do estoque de carbono orgânico do solo do mundo (160 Pg C a 1 m de profundidade), sendo que suas emissões anuais de C provenientes da combustão de combustíveis fósseis e da produção de cimento representam apenas 2,5% ($0,25 \text{ Pg C}$) do total de emissões globais ($9,8 \text{ Pg C}$), entretanto as emissões oriundas do uso e mudanças de usos das terras contribuíram com 31,3% ($0,34 \text{ Pg C}$) das emissões globais anuais de gases de efeito estufa ($1,1 \text{ Pg C}$).

Nesse contexto, observa-se que, historicamente no Brasil (Figura 27.12), os grandes desafios relacionados ao controle das emissões de GEEs concentram-se no setor de mudança do uso da terra (e desmatamento) e agropecuária, que responderam por 46,2% ($998 \text{ Mt de CO}_2 \text{ eq}$) e 26,7% ($577 \text{ Mt de CO}_2 \text{ eq}$), respectivamente, do total das emissões líquidas de gases de efeito estufa do país em 2020, que foi da ordem de $2,16 \text{ Mt de CO}_2 \text{ eq}$, quantidade superior às emissões de 2019, $1,97 \text{ Mt de CO}_2 \text{ eq}$. Trata-se, ainda, do maior nível de emissões desde o ano 2006. Os processos industriais emitiram cerca de 5% do total (100 Mt CO_2), e o setor de resíduos, $92 \text{ Mt de CO}_2 \text{ eq}$ ou 4% das emissões brutas (SEEG, 2022a).

Embora a agropecuária contribua também com remoções de GEEs no Brasil, é o setor responsável pela principal fonte de emissão metano (CH_4), proveniente principalmente do processo de fermentação entérica dos ruminantes. O CH_4 é um gás de efeito estufa com um grande efeito no aquecimento global, estimado em 28 vezes ao do CO_2 (1 t de CH_4 equivale a 28 t CO_2 – (*Global Warming Potential* – GWP 100)). Segundo a Quarta Comunicação Nacional à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Brasil, 2021b), as emissões de metano vêm subindo gradativamente desde 2008, sendo que, em 2015, 76,1% das emissões de metano foram provenientes

do setor agropecuário, e, destes, cerca de 91,5% corresponde a metano entérico. As demais emissões estão relacionadas principalmente ao manejo de dejetos de animais (3,7%) e do cultivo de arroz irrigado (2,2%).

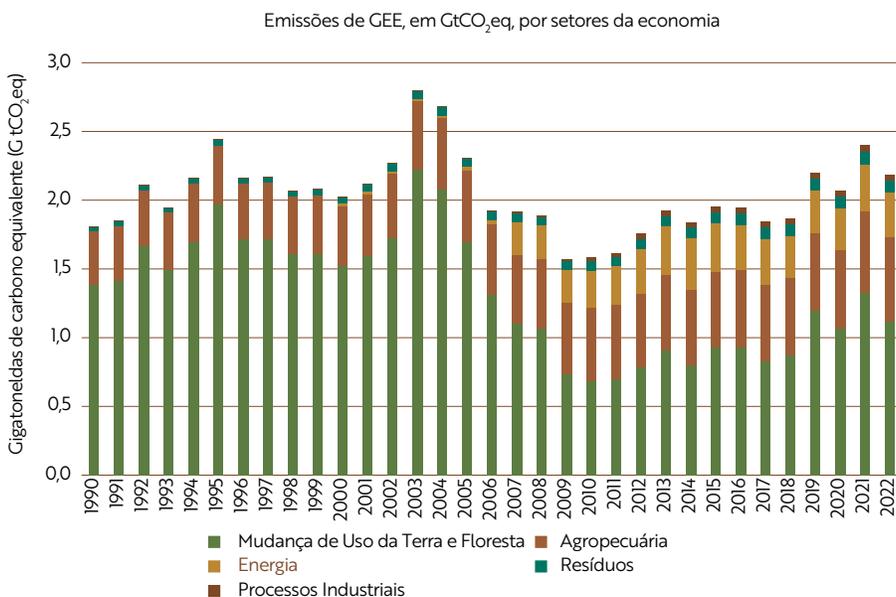


Figura 27.12. Emissões de GEE, em Gt CO₂ eq, por setores da economia entre 1990 e 2020, Fonte: adaptado de SEEG (2022a).

Estimativas mais recentes do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2022a) indicam que as emissões brasileiras de metano foram da ordem de 20,2 milhões de toneladas em 2020 (Figura 27.13), o que corresponde a 565 MtCO₂, ou 26% das emissões totais de gases de efeito estufa do País. A principal fonte de emissões é a agropecuária, com 71,8% das emissões, seguida do tratamento de resíduos, com 15,8%, e das mudanças de uso da terra, 8,7%. Energia e processos industriais contribuíram com 3,8% das emissões.

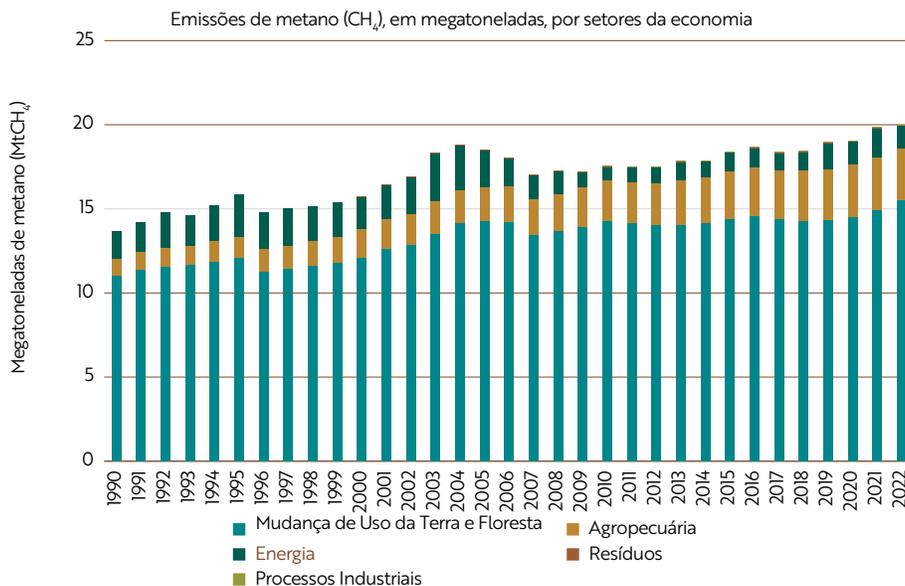


Figura 27.13. Emissões de metano (CH₄) no Brasil, em toneladas, por setores da economia entre os anos de 1990 e 2020.

Fonte: adaptado de SEEG (2022a).

Entretanto, ao se analisar a evolução das contribuições setoriais para emissões de metano no setor agropecuário, de 1990 até 2020 as emissões totais de metano oriundas da fermentação entérica do rebanho bovino aumentaram 34,2% (de 9,92 Mt CH₄ para 13,32 Mt CH₄) enquanto o rebanho cresceu 48,3%, passando de 147,1 milhões para 218,2 milhões de cabeças (SEEG, 2022b). Da mesma forma, com base nos dados da Quarta Comunicação Nacional, verifica-se que desde 1990 houve uma redução de cerca de 9% das emissões de CH₄ entéricas por unidade animal, o que certamente está relacionado à melhoria de sua eficiência produtiva, decorrente, por exemplo, da melhoria genética do rebanho e das plantas forrageiras, do conforto animal, do uso de tecnologias para o tratamento de dejetos, entre outras ações. O emprego dessas tecnologias no campo ajudou no aumento da digestibilidade dos capins e no uso eficiente das pastagens, com reflexos no ganho de peso e na redução da idade de abate dos animais (Brasil, 2021a).

Nessa linha, Silva et al. (2022) destacam que vários estudos e relatórios oficiais indicam a necessidade de ajustes e investimentos para o agronegócio brasileiro: a expansão agropecuária em áreas de pastagens; a adoção em grande escala de práticas

de baixas emissões de carbono (intensificação moderada da bovinocultura de corte, ampliação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, sistemas de plantio direto e o uso de cultivares que realizam a fixação biológica do nitrogênio); fortalecimento da extensão rural e capacitação técnica de produtores rurais; criação de mecanismos de valoração de carbono; fomento à economia de floresta tropical; incremento ao uso de biocombustíveis; cooperação internacional e difusão da economia de baixo carbono. Ressaltam, ainda, que apesar de o Brasil ter uma das legislações ambientais mais modernas do mundo, necessita implementar, na prática, as ações normativas que regem os processos de preservação/conservação dos recursos naturais, em atendimento às exigências econômicas crescentes do mercado interno e externo em relação à sustentabilidade dos ecossistemas.

Concluindo, a gestão dos sistemas agroalimentares deve adotar práticas e ações que intensifiquem as funções ecossistêmicas e integrem os sistemas naturais que fazem todo o sentido nos sistemas produtivos, com ganhos de produção e produtividade, redução de custos e resiliência dos cultivos, rumo a um novo modelo de desenvolvimento baseado na economia de baixo carbono.

A AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NO BRASIL

Práticas de uso sustentável da terra que mantenham e/ou aumentem os estoques de carbono no solo e nas paisagens agrícolas podem fornecer uma série de benefícios adicionais que são essenciais para o desenvolvimento sustentável. A agricultura pode contribuir através da adoção de sistemas produtivos capazes de mitigar suas emissões de GEE. Nesse sentido, mitigar significa intervenção antrópica no sentido de desenvolver sistemas que reduzam as emissões ou aumentem os drenos de GEEs (Metz et al., 2005). Ou seja, abordagens produtivas que considerem as paisagens naturais para a mitigação das mudanças climáticas, incluindo conservação, gestão sustentável e restauração de florestas naturais, pastagens, conservação dos solos, integração produtiva, manejo de resíduos, bioinsumos, manejo dos rebanhos, entre outras, podem aumentar a resiliência dos ecossistemas e sistemas produtivos, contribuindo ainda para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Portanto, a Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) é aquela capaz de reduzir as emissões de GEEs provenientes dos sistemas agroalimentares através de práticas agrícolas e tecnológicas capazes de diminuir ou mitigar as emissões nos processos produtivos. No Brasil, como maior emissor global de GEEs relacionados à LUC e sistemas agropecuários, a implementação da ABC para reduzir suas emissões justifica-se tanto pelas exigências do mercado quanto pela percepção de que as mudanças climáticas podem provocar impactos consideráveis para o setor, trazendo novos desafios ao seu crescimento.

Para a agropecuária, as externalidades negativas relacionadas às emissões associadas às LUC e sistemas agropecuários podem fragilizar a imagem do setor, com reflexos no acesso e manutenção de mercados; por outro lado, representam uma excelente oportunidade para reduzir emissões ou mesmo recompor os estoques de carbono que foram liberados ao longo das últimas décadas. E tal recomposição deverá ser contabilizada para o cumprimento dos compromissos internacionais de redução de emissões que o Brasil assumiu voluntariamente por meio do Plano ABC, ratificados e ampliados em 2016 na COP-21, em Paris.

O Brasil tem sido protagonista nas discussões internacionais sobre desenvolvimento sustentável desde o evento Rio 92, sendo o primeiro país, entre os 150 signatários, a assinar a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), reconhecendo que os efeitos das mudanças climáticas representam uma preocupação compartilhada por toda a humanidade. Em 2009, o compromisso do Brasil com a sustentabilidade foi consolidado através do PNMC (Plano Nacional sobre a Mudança do Clima), assumindo-se ainda compromissos de forma voluntária na COP 15 e, posteriormente, com Metas Nacionalmente Apropriadas (NDCs) perante a UNFCC no Acordo de Paris, ratificado pelo Decreto nº 9.073 (Brasil, 1998). Durante a conferência, o governo brasileiro estabeleceu um compromisso de redução de suas emissões de GEE na faixa entre 36,1% e 38,9%, em relação às emissões brasileiras projetadas até 2020. Para tal, propôs inicialmente um programa de ações voluntárias, com a finalidade de reduzir em 80% e 40% a taxa de desmatamento na Amazônia e no Cerrado, respectivamente; adotar, na agricultura, a recuperação de pastagens degradadas promovendo práticas como a integração lavoura-pecuária-florestas (ILPF); ampliar o Sistema Plantio Direto (SPD) e a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN); aumentar a eficiência energética, o uso de bicombustíveis, a oferta de energia de hidrelétrica e de fontes alternativas de biomassa, de energia eólica e de pequenas centrais hidrelétricas, assim como expandir o uso de carvão de florestas plantadas na siderurgia.

Esse foi o contexto em que foi elaborada a primeira fase do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC 2010—2020 (Brasil, 2012), uma iniciativa estratégica e pioneira para conciliar a segurança alimentar com a sustentabilidade ambiental. O Plano ABC possui como princípios básicos a baixa emissão e/ou a mitigação de dióxido de carbono (CO₂) no uso e manejo da terra, em decorrência da adoção das melhores práticas de gestão agrícola, e o alto potencial de sequestro de C com a adoção de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta (Sá et al., 2017).

Para o setor agropecuário, o Plano ABC significou o maior plano de fomento a tecnologias sustentáveis de produção do mundo, consolidando a estratégia de adotar sistemas adequados às diversas realidades do produtor rural, e de estabelecer indica-

dores e métricas relativas à redução e mitigação das emissões de GEEs do setor, como forma de informar e prestar contas à sociedade e aos organismos multilaterais acerca dos resultados das políticas públicas relacionadas às mudanças climáticas.

O plano contou ainda com recursos do crédito rural por meio do Programa ABC para incentivo à adoção das tecnologias de baixa emissão de carbono pelos agricultores, além de ações de fomento, treinamento e disseminação das práticas e das tecnologias ABC. Foi composto por sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação e o último com ações de adaptação às mudanças climáticas: recuperação de pastagens degradadas (RPD); integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais (SAF); sistema plantio direto (SPD), fixação biológica do nitrogênio (FBN); florestas plantadas (FP); tratamento de dejetos animais.

A previsão inicial para a implementação de todas as atividades previstas no Plano ABC era da ordem de R\$ 197 bilhões, sendo R\$ 157 bilhões de recursos via crédito rural e R\$ 33 bilhões de recursos do Tesouro Nacional para equalização. Entretanto, de 2010/2011 a 2019/2020 os recursos totais disponibilizados para o Programa ABC somaram R\$ 19,6 bilhões, tendo a recuperação de pastagens degradadas, o SPD e a ILPF como as práticas que demandaram recursos (Tabela 27.4).

Tabela 27.4. Número de contratos, valores disponibilizados e aplicados pelo Programa ABC entre 2010 a 2019.

Total Geral do Programa ABC por Ano-Safra					
Período	Contratos	Valor Desembolsado (R\$) Mil	Disponibilizado pela Linha de Crédito (R\$) Bi	média (R\$ 1.000,00/ contrato)	% do Valor médio dos contratos
2010–2011	1.290	418.300,00	2,00	324,26	-
2011–2012	5.038	1.515.995,40	3,15	300,91	-7,2%
2012–2013	4.961	2.864.753,83	3,40	577,45	91,9%
2013–2014	5.882	2.695.119,38	4,50	458,20	-20,7%
2014–2015	8.018	3.656.402,33	4,50	456,02	-0,5%
2015–2016	3.344	2.052.466,03	3,00	613,78	34,6%
2016–2017	1.808	1.220.934,51	2,99	675,3	10,0%
2017–2018	2.460	1.617.716,69	2,13	657,61	-2,6%
2018–2019 (de Jul-Jan)	1.470	1.264.236,91	2,00	860,03	30,8%
Total Geral	34.271	17.305.925,08	27,67	504,97	-

Fonte: Brasil (2021a).

Ressalta-se que os investimentos na adoção dos sistemas produtivos ABC nas propriedades rurais foram diferentes do crédito para itens específicos financiáveis. Ou seja, ao financiar sistemas produtivos, e não apenas itens necessários ao custeio ou

outras formas de investimento, o Programa ABC fomentou a estruturação da adoção de sistemas produtivos com tecnologias de baixo carbono com retorno a médio e longo prazo, característica inédita no Sistema Nacional de Crédito Rural. Segundo a Agroicone (Lima et al., 2021), os recursos do Programa ABC foram destinados principalmente para correção do solo, formação e recuperação de pastagens, florestamento e reflorestamento, aquisição de bovinos e cana-de-açúcar. Os dois primeiros itens financiados representaram 56% de todo o recurso alocado no Programa ABC entre 2013/2014 e 2019/2020. De acordo com os dados do Banco Central, 70% dos tomadores de financiamento do Programa ABC foram médios produtores rurais.

Embora os investimentos do programa tenham sido bastante aquém das previsões estabelecidas, ele atendeu praticamente todas as metas de expansão da adoção e todas as metas de mitigação de GEEs. Assim, o período de 2010 a 2020 foi responsável pela adoção de tecnologias e sistemas de produção de comprovado potencial mitigador dos gases GEE em 53,76 milhões de ha, com mitigação da ordem de 192,65 milhões de Mg CO₂ eq no mesmo período (Tabela 27.5).

Tabela 27.5. Metas e resultados alcançados pelo Plano ABC, no período de 2010 a 2020.

	RPD	ILPF	SPD	FBN	FP	TDA	Total	
METAS	Compromissos (Mha) ^a	15,0 ^a	4,0 ^a	8,0 ^a	5,5 ^a	3,0 ^a	4,4 ^c	35,5 ^a
	Potencial estimado de mitigação ^b (milhões Mg CO ₂ eq)	83 a 104	18 a 22	16 a 20	10	NE**	6,9	132,9 a 162,9
RESULTADOS	Expansão da adoção no período	26,80 ^a	10,76 ^a	14,59 ^a	11,78 a 6	1,88 ^a	38,34 ^c	53,76
	Expansão computada para mitigação	9,50	NE	NE	NE	NE	NE	-
	Superação da meta atingida em relação à meta estimada (%)	179	269	182	214	63	871	276
	Fator de emissão (Mg CO ₂ eq ha ⁻¹ ano ⁻¹)	3,79	3,79	1,83	1,83	4,69	1,56	-
	Mitigação ^d (milhões Mg CO ₂ eq)	36,01	39,76	26,70	21,56	8,82	60,00	192,65
	Superação da meta atingida em relação à meta estimada (%)	35	185	133	216	-	867	118

Notas: (A) Mha = milhões de hectares; (B) Potencial de mitigação previsto em função da adoção das tecnologias do Plano ABC para serem atingidas no período de 2010 a 2020; (C) em milhões m3; (D) mitigação calculada em função da expansão da tecnologia ABC no período avaliado; NE = não existe.

Fonte: Adaptado de Manzatto et al., 2020 e Brasil, 2021a.

Esses resultados demonstraram a eficiência da política pública, única em seu gênero e escopo, para o avanço da sustentabilidade da agropecuária nacional, bem como o potencial do país em implementar e cumprir seus compromissos nacionais de redução das emissões líquidas totais de gases de efeito estufa. O fortalecimento dessas estratégias produtivas da pecuária, no período considerado pelo estudo, foi de 66% para RPD e 86% para ILPF, com uma taxa média de crescimento anual de 7,5% e 9,2%, respectivamente. Com base nesses resultados, Manzatto et al. (2020), projetou para 2030 uma expansão da ordem de 22 milhões e 30 milhões de hectares de áreas produtivas com RPD e ILPF, respectivamente – o suficiente atender as metas do Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020—2030 (Plano ABC+) (Tabela 27.6) e para demonstrar as importantes contribuições do setor agropecuário brasileiro em atender os compromissos assumidos nas NDCs.

Foi exatamente o impacto dessa política pública motivou o governo brasileiro a lançar em 2021 o Plano ABC+, como uma continuação ampliada de sua política setorial para enfrentamento à mudança do clima no setor agropecuário, para o período de 2020 a 2030. O plano tem como objetivo geral promover a adaptação à mudança do clima e o controle das emissões de GEEs na agropecuária brasileira, com aumento da eficiência e resiliência dos sistemas produtivos, considerando uma gestão integrada da paisagem. As metas previstas pretendem ampliar a área de adoção de Sistemas Produtivos Sustentáveis (SPS_{ABC}) em 72,68 milhões de hectares; aumentar em 208,40 milhões de m³ o tratamento de resíduos animais; estimular a utilização de bioinsumos e plantas benéficas para melhorar o uso eficiente de água e para adicionar nutrientes nas culturas agrícolas, com potencial de evitar a emissão de 23,4 milhões de Mg CO₂ eq; e abater 5 milhões adicionais de bovinos em terminação intensiva, com uma estimativa de capacidade de mitigação equivalente a 1.042,41 milhões de Mg CO₂ eq (Tabela 27.6).

Tabela 27.6. Metas do Plano ABC+ para o período de 2020 a 2030.

	<p>RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS Práticas agrícolas para recompôr o vigor das forrageiras e aumentar a cobertura vegetal do solo, Meta: 30 milhões ha Potencial – 113,70 milhões de Mg CO₂eq</p>
	<p>SISTEMA PLANTIO DIRETO Técnicas para evitar o revolvimento do solo, mantendo-o com cobertura morta ou cobertura vegetal. Meta: 12,5 milhões ha Potencial – 12,990 milhões de Mg CO₂eq</p>
	<p>SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO Sistemas de produção integradas envolvendo a produção de grãos, fibras, madeira, energia, leite ou carne na mesma área. Meta: 10,10 milhões ha Potencial – 72,10 milhões de Mg CO₂eq</p>
	<p>FLORESTAS PLANTADAS Reflorestamento com espécies nativas ou exóticas para fins ambientais ou comerciais. Meta: 4 milhões ha Potencial – 510 milhões de Mg CO₂eq</p>
	<p>BIOINSUMOS Microrganismos e plantas benéficos para melhorar o uso eficiente de água e para adicionar nutrientes nas culturas agrícolas. Meta: 13 milhões m³ Potencial – 23,4 milhões de Mg CO₂eq</p>
	<p>MANEJO DE RESÍDUOS ANIMAIS Diminui a dependência externa de fertilizantes e energia. É fonte complementar de renda. Meta: 208,4 milhões ha Potencial – 277,8 milhões de Mg CO₂eq</p>
	<p>SISTEMAS IRRIGADOS Reduzir a vulnerabilidade dos sistemas produtivos aos períodos de seca e ao risco de perda de safra. Meta: 3 milhões ha Potencial – 50 milhões de Mg CO₂eq</p>
	<p>TERMINAÇÃO INTENSIVA Promover o melhor uso dos recursos forrageiros e reduzir o tempo de abate. Meta: 5 milhões de cabeças Potencial – 16,25 milhões de Mg CO₂eq</p>

Fonte: elaborado pelos autores com base em Mapa (2022).

Aderente em parte aos propósitos do Plano ABC+, durante a 26ª Conferência das Partes (COP-26) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, ocorrida em 2021 em Glasgow, Escócia, o Brasil aderiu ao Compromisso Global de Metano (CGM). Esta é uma iniciativa promovida pelos Estados Unidos e União Europeia, com adesão de mais de 110 países, que se comprometem a trabalhar juntos para reduzir coletivamente, até 2030, as emissões antropogênicas globais de metano em todos os setores emissores em, pelo menos, 30% abaixo dos níveis de 2020. No setor agropecuário, as ações deverão estar relacionadas tanto ao Compromisso do Metano quanto aos compromissos no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança Climática e do Acordo de Paris, além de compatíveis com a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), Lei nº 12.187 de 2009.

Embora não tenham sido estabelecidas metas para os países, o compromisso é conjunto, envolvendo ações para a redução nos setores de energia, resíduos e redução das emissões agropecuárias através da adoção de SPS_{ABC} e de tecnologias que promovam a redução de emissões entéricas em ruminantes, principal fonte de emissão no Brasil, bem como incentivos e parcerias com agricultores. Por exemplo, sistemas de produção e terminação animal intensivos, através da melhoria da qualidade das pastagens, dos sistemas integrados de produção, do semiconfinamento e confinamento, resultam na redução das emissões por carcaças produzidas, devido ao menor tempo de vida do gado bovino para o abate.

Nesse sentido, Berndt et al. (2013) destacam que a adoção da intensificação produtiva pode diminuir em até 30% as emissões de metano por quilo de carne produzida, mesmo havendo um aumento nas emissões diárias de metano pelos animais. Da mesma forma, Cardoso et al. (2016) relatam que a melhoria da qualidade das pastagens com uso de fertilizantes, leguminosas forrageiras e fornecimento de suplementos e concentrados na produção e terminação intensiva de bovinos de corte pode aumentar em até 51% a produção de carcaças por rebanho e reduzir em 49,6% as emissões – de 58,3 kg CO₂ eq kg⁻¹ para até 29,4 kg CO₂ eq kg⁻¹ por carcaça. Com base nessas premissas, a meta, definida pelo Plano ABC+, de promover o melhor uso dos recursos forrageiros e reduzir o tempo de abate, com a terminação intensiva de 5 milhões de cabeças de bovinos até 2030, tem o potencial de mitigação de 16,25 Mt CO₂ eq, partindo de um valor médio de mitigação de 11,40 kg CO₂ eq kg⁻¹ por carcaça.

De fato, a expansão da adoção das tecnologias relacionadas ao processo de ILPF tem o potencial de intensificar a produção em terras cultivadas; promover a resiliência aos efeitos das mudanças climáticas sem aumentos proporcionais nos impactos ambientais (Peterson et al., 2020); reduzir as emissões associadas à produção agrícola; além de promover ganhos de produtividade para atender a demanda global de alimentos e conservação do meio ambiente (Garrett et al., 2017) e fornecer uma fonte de renda mais estável e diversificada ao longo do ano, com redução de riscos a todos

os tipos de choques aos agricultores (Bell et al., 2014). Por exemplo, segundo Silva et al. (2022), apenas a adoção do plantio direto no plantio da soja pode aumentar em 0,1 kg m⁻³ (11%) a produtividade de água da cultura para grãos em Piracicaba, SP, e 8% em Teresina, PI, e, quando irrigada com mais de 60% da água disponível no solo, não resulta em aumento na produtividade, apesar do aumento na oferta de água. Assad et al. (2021) realizaram uma análise do potencial de mitigação de GEE pela recuperação de pastagens degradadas e adoção de ILPF até o ano de 2030. Considerando a trajetória recente da evolução das pastagens brasileiras, a área total de pastagem em 2030 seria 3,7% menor, contando com 164,3 Mha, com a liberação de 6,5 Mha para diferentes usos quando comparado à área adotada em 2018. Em paralelo, seriam recuperados 27,5 Mha de pastos degradados. Essa dinâmica de uso da terra poderia oferecer ganhos de produtividade ao rebanho bovino, que atingiria uma taxa de lotação de 1,27 cabeça por hectare, com a remoção líquida total de carbono de 1.223,6 Mt CO₂ eq, em média 94,1 Mt CO₂ eq por ano, invertendo, dessa forma, as emissões do sistema de pecuária associadas às pastagens.

De forma concordante com as proposições de Stabilea (2019), o Brasil tornou-se uma potência agrícola, mas, historicamente, o crescimento da produção agropecuária ocorreu às custas de seus ecossistemas nativos, com a substituição, desde 1985, de cerca de 65 Mha de florestas e savanas na Amazônia por pastagens e lavouras. Atualmente, a tendência de intensificação e integração produtiva, diminuindo a pressão sobre o desmatamento de novas áreas, a implementação do novo Código Florestal e as perspectivas de regulamentação de um mercado de pagamento por serviços ambientais constituem importantes vetores para a redução da pressão sobre o desmatamento de novas áreas, com reflexos diretos na redução das emissões relacionadas às mudanças de uso das terras, principal fonte das emissões do País (SEEG, 2022a).

Entretanto, como previsto nos Planos ABC e ABC+, a necessidade de comprovação das metas de redução das emissões assumidas pelo Brasil exigirá desenvolvimento e aplicação de um sistema robusto de monitoramento, relato e verificação (MRV) da redução das emissões. Manzatto et al. (2018) ressaltam que o MRV deve ainda corresponder às expectativas da sociedade quanto ao enfrentamento das mudanças globais, observando os riscos e as oportunidades que os mercados irão demandar. Riscos relacionados aos novos padrões e regulamentações de produção passíveis de exigências pelos mercados; e oportunidades pelo carbono sustentável na adoção das tecnologias que sequestram carbono no solo e na paisagem, proporcionando, ainda, redução de custos e/ou ganhos de produtividade na agropecuária tropical. Ou seja, não basta divulgarmos que buscamos a sustentabilidade; teremos que ter números para comprovar o cumprimento dos compromissos assumidos.

A Embrapa Meio Ambiente tem participado ativamente nas questões relacionadas às mudanças climáticas através de pesquisas e estudos em apoio ao Inventário

Nacional de GEE, Análise de Ciclo de Vida e Renovabio, bem como de parcerias com o setor privado para o desenvolvimento de estimativas de sequestro de C em cultivos anuais e na pecuária. Através da Plataforma ABC, a empresa pública vem desenvolvendo esforços, em conjunto com a Associação Rede ILPF, Embrapa Solos, Embrapa Agricultura Digital, Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Lapig/UFG, Centro de Agronegócio da FGV (GV Agro), Minerva Foods, Cor-teva Agrosience e Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável (IABS), para o desenvolvimento de uma abordagem MRV focada nas propriedades rurais – Escopo I e II, por meio da adaptação e validação final de ferramentas gratuitas como o Sistema AgroTag MRV, calculadora GHG Protocol, SatVeg e Sistema de Caracterização Ambiental de Imóveis Rurais Rurais (SACIR), aplicativos especialmente ajustados para esta abordagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise conjunta dos dados apresentados sobre a dinâmica de uso das terras, agricultura, mudanças climáticas e agricultura de baixo carbono permitem concluir que a redução das emissões dentro da propriedade rural pela adoção das SPSABC, associadas à integração e intensificação produtiva, possibilitam diminuir a pressão para a abertura de novas áreas de vegetação nativa e atender as demandas de produção de alimentos, fibras e energia. Políticas públicas, como o Plano ABC+, aliadas a ações integradas entre agentes públicos e setor privado que estimulam a adoção de tecnologias e sistemas produtivos de baixo carbono, assistência técnica de qualidade e acesso a mercados para os agricultores, contribuem com a redução das emissões pelo uso e mudança das terras, especialmente se houver redução do desmatamento, o que pode restabelecer a liderança do País na gestão de recursos naturais, ampliando e consolidando mercados cada vez mais exigentes em relação à sustentabilidade e às mudanças climáticas.

Concluindo, o atual o cenário de mudanças climáticas, agravado pelas ações antrópicas, exige mudanças nos sistemas de produção agropecuária e uso das terras, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Uma agenda “ganha-ganha”.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E.; BARRETO, P.; BAIMA, S.; GOMES, M. **Unidades de Conservação mais desmatadas da Amazônia Legal (2012-2015)**. Belém: Imazon. 89 p. 2017.
- ASSAD, E. D.; ESTEVAM, C. G.; DE LIMA, C. Z.; PAVÃO, E. M.; PINTO, T. P. **Potencial de mitigação de gases de efeito estufa das ações de descarbonização da pecuária até 2030**. São Paulo: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia; FGV-EESP, 2021. Disponível em: https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/ocbio_potencial_de_mitigacao_de_gee_pecuaria_2112.pdf. Acesso em: 23 mar. 2022.
- BELL, L. W.; MOORE, A. D.; KIRKEGAARD, J. A. Evolution in crop–livestock integration systems that improve farm productivity and environmental performance in Australia. *European Journal of Agronomy*, v. 57, p. 10-20, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.007>.
- BERNDT, A.; TOMKINS, N. W. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *Animal*, v. 7, p. 363-372, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731113000670>.
- BRASIL. Decreto nº 9.703, de 17 de novembro de 1998. Dispõe sobre os depósitos judiciais e extrajudiciais de tributos e contribuições federais. **Diário Oficial da União**, 18 nov. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19703.htm. Acesso em: 24 abr. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: MAPA, 2012. 172 p.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **AGROSTAT: Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Brasília, DF: MAPA, 2022. Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 24 abr. 2023. p. 22
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Plano ABC em números**. Brasília, DF: MAPA, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros>. Acesso em: 24 nov. 2023.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **4ª comunicação nacional do Brasil à convenção quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima: esforços do Brasil para a implementação da UNFCCC são coordenados pelo MCTI com a participação de 400 especialistas de cerca de 100 instituições nacionais**. Brasília, DF: Secretaria de Pesquisa e Formação Científica, 2021b. 620 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Delimitação das unidades de conservação de proteção integral no Brasil**: arquivo vetorial. Brasília, DF: MMA, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 20 out 2022.
- CARDOSO, A. S.; BERNDT, A.; LEYTEN, A.; ALVES, B. J. R.; CARVALHO, I. das N. O de; SOARES, L. H. de; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, v. 143, p. 86-96, mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.007>.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 215 p.

EMBRAPA. Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos. **Produção nacional**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos/producao-nacional>. Acesso em: 28 sep.2022.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

FERREIRA JÚNIOR, L. G. (coord.). **Dinâmica das pastagens brasileiras: ocupação de áreas e indícios de degradação: 2010 a 2018**. Chácaras Califórnia: LAPIG, out. 2020. 19 p. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/243/o/Relatorio_Mapai.pdf Acesso em: 20 out 2022.

FUNAI. Terras indígenas do Brasil: dados vetoriais. Escala: 1:100.000. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 15 abr. 2014.

GARRETT, R. D.; NILES, M. T.; GIL, D. B.; GAUDIN, A.; CHAPLIN-KRAMER, R.; ASSMANN, A.; ASSMANN, T. S.; BREWER, K.; CARVALHO, P. C. F.; CORTNER O.; DYNES, R.; GARBACH, K.; KEBREAB, E.; MUELLER, N.; PETERSON, C.; REIS, J. C.; SNOW, V.; VALENTIM, J. Social and ecological analysis of commercial integrated crop livestock systems: Current knowledge and remaining uncertainty. **Agricultural Systems**, v. 155, p. 136– 146, jul. 2017.

HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; LINDEN, P. J. van der; DAI, X.; MASKELL, J.; JOHNSON, C. A. (ed.). **Climate change 2001: the scientific basis**. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 881 p.

IBGE. **Biomass do Brasil: 1:250000**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomass.html>. Acesso em: 01 nov. 2022f.

IBGE. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016 – 2018**. 26 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101703.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022d.

IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal: tabela 3939: efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939>. 2022a. Acesso em: 01 de nov. 2022.

IBGE. **Produção agrícola municipal de 1974 a 2021: tabela 1612: área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. 2022b. Acesso em: 01 de nov. 2022.

IBGE. **Produção agrícola municipal de 1974 a 2021: tabela 1613: área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. 2022c. Acesso em: 01 de nov. 2022.

IBGE. **Rebanho de bovinos (bois e vacas)**. 2022. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>. Acesso em: 25 out 2022e.

KRETER, A. C.; PASTRE, R. Comércio exterior do agronegócio: balanço de 2021 e perspectivas para 2022: carta de conjuntura. **Carta de conjuntura**, n. 54, p. 1-17, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2022/01/comercio-exterior-do-agronegocio-balanco-de-2021-e-perspectivas-para-2022/>. Acesso em: 23 out. 2022.

LIMA, R. C. A.; HARFUCH, L.; PALAURO, G. R. **Plano ABC: evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030**. Agroicone, 2021. 144 p. Disponível em: <https://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2020/10/Agroicone-Estudo-Plano-ABC-2020.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2023.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPOSICO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIRO: PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL, 1995, Brasília. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

MAGALHAES, K. A.; HOLANDA FILHO, Z. F.; MARTINS, E. C.; LUCENA, C. C. de. Caprinos e ovinos no Brasil: análise da Produção da Pecuária Municipal 2019. *Boletim do Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos*, n. 11, dez. 2020. 6 p.

MANZATTO, C. V.; ARAUJO, L. S. de; ASSAD, E. D.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, L. E.; PEREIRA, S. E. M.; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; VICENTE, A. K. **Mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. 35 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 122).

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p. (Documentos. Embrapa Solos, 110).

MANZATTO, C. V.; SPINELLI-ARAÚJO, L.; VICENTE, L. E.; VICENTE, A. K.; PEROSA, B. **Plataforma ABC: monitoramento da mitigação das emissões de carbono na agropecuária.** *Agroanalysis*, v. 38, n. 3, p. 26-29, 2018.

MAPBIOMAS Brasil. **Coleção 7.1 do MapBiomas inclui dados anuais de cobertura e uso da terra para o período de 1985 a 2021.** Disponível em: <http://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 26 abr. 2023b.

MAPBIOMAS Brasil. **Downloads.** Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. Acesso em: 26 abr. 2023a.

MBOW, C.; ROSENZWEIG, C. (coord.) Food Security. In: SHUKLA, P. R.; CALVO-BUENDÍA, E.; MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAL, P.; PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.; ZHAI, P.; SLADE, R.; CONNORS, S.; DIEMEN, R. van; FERRAT, M.; HAUGHEY, E.; LUZ, S.; NEOGL, S.; PATHAK, M.; PETZOLD, J.; PEREIRA, J. P.; VYAS, P.; HUNTLEY, E.; KISSICK, K.; BELKACEMI, M.; MALLEY, J. (ed.). **Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.** Genebra: IPCC, 2019. p. 437-550. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/08_Chapter-5.pdf. Acesso em 24 de jun. 2022. 2019.

METZ, B.; DAVIDSON, O.; CONINCK, H. de; LOOS, M.; MEYER, L. (ed.). **IPCC special report on carbon dioxide capture and storage.** Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge. 2005. 444 p.

PETERSON C. A.; DEISS L.; GAUDIN A. C. M. Commercial integrated crop-livestock systems achieve comparable crop yields to specialized production systems: a meta-analysis. *PLoS One*, v. 15, n. 5, e0231840, May 7, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0231840>.

PIB do agronegócio 2022: após alcançar patamar recorde em 2021, PIB do agronegócio recua 4,22% em 2022. Brasília, DF: CEPEA; CNA, 17 mar. 2023. 20 p. Disponível em:

SÁ, J. C. M.; LAL, R.; CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P. C. de F. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. *Environment International*, v. 98, p. 102-112, 2017. DOI: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRONEGOCIO-2022.17MAR2023\(t\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRONEGOCIO-2022.17MAR2023(t).pdf)

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios.** Brasília, DF: IPEA, 2012. 46 p. (Texto para discussão, 1782).

SEEG. **Desafios e oportunidades para redução das emissões de metano no Brasil.** [S.l.]: Ipam; IEMA; ICEI; Imaflora; OC; Revuo Design, out. 2022b. 82 p. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/Estudo_Metano/ObsClima_SEEG2022_FINAL.pdf. Acesso em: 18 out. 2022.

SEEG. **Emissões totais.** 2022a. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 23 out. 2022.

SILVA, E. H. F da; HOOGENBOOM, G.; BOOTE, K. J.; GONÇALVES, A. O.; MARIN, F. R. Predicting soybean evapotranspiration and crop water productivity for a tropical environment using the CSM-CROPGRO-Soybean model. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 323, 15 Aug. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109075>. Acesso em: 15 mai. 2020.

SOARES-FILHO, B. S. **Impacto da revisão do código florestal: como viabilizar o grande desafio adiante?** Brasília, DF: Secretaria de Assuntos Estratégicos, 2013. 27 p. Disponível em: https://site-antigo.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/artigo-codigo-florestal_britaldo_soares_sae_2013pdf.pdf. Acesso em: 03 out. 2022.

STABILEA, M. C. C.; GUIMARÃES, A. L.; SILVA, D. S.; RIBEIRO, V.; MACEDO, M. N.; COEA, M. T.; PINTO, E.; MOUTINHO, P.; ALENCAR, A. Solving Brazil's land use puzzle: increasing production and slowing Amazon deforestation. *Land Use Policy*, v. 91, 104362, Feb. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104362>.

TERRA Brasilis: PRODES (Desmatamento). INPE, 2011. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>. Acesso em 20 set. 2022.

TUBIELLO, F. N.; KARL, K.; FLAMMINI, A.; GÜTSCHOW, J. G.; OBLI-LARYE, G.; CONCHEDDA, G.; PAN, X.; QI, S. Y.; HEIDARSDÓTTIR, H. H.; WANNER, N.; QUADRELLI, R.; SOUZA, L. R.; BENOIT, P.; HAYEK, M.; SANDALOW, D.; MENCOS-COTRERA, E.; ROSENZWEIG, C.; MONCAYO, J. R.; CONFORTI, P.; TORERO, M. Pre- and post-production processes along supply chains increasingly dominate GHG emissions from agri-food systems globally and in most countries. *Earth System Science Data*, v. 14, n. 4, ESSD, 14, 1795–1809, 14 Apr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-14-1795-2022>.