

28

Data de apresentação: Janeiro, 2023
Data de aceitação: Julho, 2023
Data de publicação: Novembro, 2023

ANÁLISE

DO PLANO DE AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO (ABC) NO BRASIL: RESULTADOS E PERSPECTIVAS

ANALYSIS OF THE LOW-CARBON AGRICULTURE PLAN (ABC) IN BRAZIL: RESULTS AND PROSPECTS

Nádia Solange Schmidt¹

E-mail: nadia.schmidt@agro.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5409-8612>

Christian Luiz da Silva²

E-mail: christiansilva@utfpr.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4074-5184>

Alain Hernández Santoyo

E-mail: alain.santoyo@ufpel.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2766-7019>

¹Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Brasil

³Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil

Citação sugerida (APA, Sétima Edição)

Schmidt, N. S., Luiz da Silva, C., & Hernández Santoyo, A. (2023). Análise do plano de agricultura de baixo carbono (ABC) no Brasil: resultados e perspectivas. *Universidad y Sociedad*, 15(6), 279-291.

RESUMO

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15), o Brasil se comprometeu em reduzir entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para 2020, sendo 22,5% o compromisso do setor agropecuário. Neste propósito, foi elaborado o 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) com vigência de 2010-2020. O objetivo deste artigo foi apresentar uma panorâmica atual sobre o cumprimento das metas estabelecidas no plano, e os principais gargalos para atingir o novo compromisso assumido até 2030. Para isto, realizou-se uma análise bibliográfica e documental sobre o Plano ABC 2010-2020, cujas metas foram: expansão de 35,5 milhões de hectares com uso de tecnologias de baixo carbono e mitigação de 135 milhões de t CO₂ eq. Constatou-se que essas metas foram superadas, a expansão na adoção das tecnologias atingiu 154% e a mitigação de CO₂ eq. atingiu 113%. Dentre as tecnologias, a recuperação de pastagens e o tratamento de dejetos animais foram os principais gargalos para atingimento da meta. No setor agropecuário, torna-se necessário adotar medidas efetivas que ampliem a adoção das tecnologias preconizadas para o ABC, de produtores rurais.

Palavras-chave: Agricultura de baixo carbono, gases de efeito estufa, agropecuária, Brasil.

ABSTRACT

During the 15th Conference of the Parties (COP-15), Brazil committed to reducing between 36.1% and 38.9% of greenhouse gas (GHG) emissions for 2020, being 22.5% compromising by the agricultural sector. In this sense, the Sectoral Plan for Mitigation and Adaptation to Climate Change for the Consolidation of a Low-Carbon Economy in Agriculture (ABC Plan) was created, effective from 2010-2020. The objective of this paper was to present a current overview about the achievement of the goals established in the plan and the main bottlenecks to arise the new commitment assumed by 2030. For this purpose, a bibliographical and documentary analysis was carried out on the ABC Plan 2010-2020, which goals were: expansion of 35.5 million hectares using low carbon technologies and mitigation of 135 million t CO₂ eq. It was verified that these targets were exceeded, the expansion in the adoption of technologies reached 154% and the mitigation of CO₂ eq. reached 113%. Among the technologies, the recovery of pastures and the treatment of animal waste are the main bottlenecks for achieving the goal. In the agricultural sector, it becomes necessary to adopt effective

measures that expand the adoption of the technologies recommended for ABC, by rural producers.

Keywords: Low-carbon agriculture, greenhouse gases, agricultural, Brazil.

RESUMEN

Durante la 15ª Conferencia de las Partes (COP-15), Brasil se comprometió a reducir entre un 36,1% y un 38,9% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hasta 2020, siendo el 22,5% el compromiso del sector agrícola. Para ello se elaboró el Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático para la Consolidación de una Economía Baja en Emisiones de Carbono en la Agricultura (Plan ABC), con vigencia 2010-2020. El objetivo de este artículo fue presentar un panorama actual del cumplimiento de las metas establecidas en el plan, y los principales obstáculos para alcanzar el nuevo compromiso adquirido al 2030. Para ello, se realizó un análisis bibliográfico y documental sobre el ABC. Plan 2010-2020, cuyos objetivos fueron: ampliación de 35,5 millones de hectáreas mediante tecnologías bajas en carbono y mitigación de 135 millones de t CO₂ eq. Se encontró que estos objetivos se superaron, la expansión en la adopción de tecnología alcanzó el 154% y la mitigación de CO₂ eq. alcanzó el 113%. Entre las tecnologías, la recuperación de pastos y el tratamiento de desechos animales fueron los principales obstáculos para lograr el objetivo. En el sector agrícola, es necesario adoptar medidas efectivas que incrementen la adopción de tecnologías recomendadas para ABC por parte de los productores rurales.

Palabras clave: Agricultura baja en carbono, gases de efecto invernadero, agricultura, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (*United Nations Framework Convention on Climate Change* ou UNFCCC) relata as contribuições nacionalmente determinadas de 191 partes no Acordo de Paris em 2015 com o propósito de alcançar novas metas em relação às emissões de gases de efeito estufa. Para o alcance do objetivo do Acordo, os governos construíram seus próprios compromissos, seguindo o que cada um considera viável a partir do cenário social e econômico local, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (INDC, na sigla em inglês).

À luz do objetivo de neutralidade climática para 2050, é necessário reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e aumentar as remoções até 2030 de modo a

reduzir internamente as emissões líquidas de gases com efeito de estufa, ou seja, as emissões após dedução das remoções, em toda a economia em, pelo menos, 55% até 2030, em comparação com os níveis de 1990 (Gutiérrez-López et al., 2022).

Considerando a importância da produção e do consumo de energia para o nível das emissões de gases com efeito de estufa, é essencial para o país garantir uma transição para um sistema energético seguro, sustentável, acessível e protegido, que funcione adequadamente e na melhoria da eficiência energética, reduzindo simultaneamente a pobreza energética. A neutralidade climática requer uma contribuição de todos os setores econômicos cujas emissões ou remoções de gases com efeito de estufa estejam regulamentadas.

Em 2016, o Brasil ratificou a sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), onde comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025 e a 43% abaixo dos níveis de 2005 em 2030.

É inegável a importância do Brasil na produção e na exportação de produtos agropecuários, como pode ser constatado pelos dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil, 2023). Porém, é uma das principais fontes de emissões de GEE no Brasil. De acordo com a versão mais recente do relatório oficial do governo brasileiro Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa, em 2020, o setor agropecuário contabilizou 477,6 Mt CO₂ e, ou 28,5% das emissões totais do Brasil.

Diante desses dados, estabeleceu-se que o setor agropecuário iria contribuir com a redução de 22,5 % dessas emissões (Brasil, 2012). Para isso, o governo criou o 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, com vigência de 2010 a 2020. As metas estabelecidas foram superadas em 113%, com a mitigação de cerca de 152,93 milhões de t CO₂ eq (Santos et al., 2021),

Em 2021, o Brasil levou para a COP 26, em Glasgow, a NDC revisada, que corrigiu parte dos excessos da revisão de 2020 ao aumentar a meta de redução de emissões de 43% para 50%, em relação aos níveis de 2005, até 2030 (Unterstell & Martins, 2022).

Para o setor agrícola, o governo se comprometeu em fortalecer o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) como a principal estratégia para o desenvolvimento sustentável na agricultura, até 2030.

O papel do setor agropecuário brasileiro é de extrema importância para que as metas definidas nos acordos

internacionais sejam cumpridas. Tanto pela relevância na produção de grande parte da riqueza do país, como pela sua elevada possibilidade de redução de emissões de GEEs, com adoção de práticas de produção mais sustentáveis, conforme preconizado no Plano ABC e Plano ABC+.

Este artigo pretende apresentar, a partir da análise da literatura sobre o Plano ABC 2010-2020, uma panorâmica atual sobre o cumprimento das metas estabelecidas no plano, e os principais gargalos para que o Brasil possa cumprir com o novo compromisso assumido em relação a redução de GEE na agropecuária até 2030.

Nesse sentido, o trabalho está organizado da seguinte forma, além desta breve introdução. Uma seção de desenvolvimento, que aborda a questão da economia de baixo carbono, a importância do agronegócio para economia brasileira e a relação do setor agropecuário com as emissões de GEE. Posteriormente se analisa o plano nacional ABC 2010- 2020 e os resultados alcançados, bem como o novo plano ABC+ e as metas para 2030. Por último, na seção de conclusões, encontram-se as principais considerações e contribuições do artigo.

DESENVOLVIMENTO

Economia de baixo carbono no contexto agropecuário do Brasil

Uma das prioridades relacionadas ao desenvolvimento humano, que apresenta uma crescente demanda por recursos naturais cada vez mais limitados e contribui para a deterioração do meio ambiente, consiste na necessidade de criar um mecanismo eficiente para o desenvolvimento sustentável e uso racional de recursos, o que significa uma economia mais ecológica e competitiva (Standar et al., 2022).

A transição para uma Economia de Baixo Carbono (EBC) não consiste apenas em uma redução das emissões de CO₂, mas espera-se que desempenhe um papel significativo no crescimento econômico, na criação de novos empregos, redução da dependência de fontes externas de energia, e, principalmente, melhorar a saúde e o bem-estar das pessoas. A EBC representa uma mudança estrutural com características complexas, que não pode ser compreendida por simplificação ou análise de seus elementos de forma individualizada, deve ser analisado como um todo, o que dificulta ou mesmo impossibilita prever seu comportamento (Haas et al., 2023).

Durante a transição para uma EBC, ocorrem mudanças disruptivas em um grupo variado de setores econômicos: a exigência de novos investimentos, a eliminação do valor residual de ativos ociosos e custos adicionais que geram

retornos de ativos reduzidos e taxas de crescimento mais baixas (Bos & Gupta, 2019; Curtin et al., 2019; Gutiérrez-López et al., 2022). No entanto, os investimentos em tecnologias mais limpas devem ser mais eficientes energeticamente e melhorar a produtividade (Bloom et al., 2010), o que pode ser considerado como uma oportunidade ao invés de um risco. Existem resultados empíricos que sugerem uma ligação entre desempenho ambiental, redução de custos operacionais e melhoria da eficiência, como resultado de uma adequada gestão ambiental (Luo & Tang, 2016; Gutiérrez-López et al., 2022).

Diante destes desafios, alguns autores como Haas et al. (2023) consideram que o processo de transição para uma EBC precisa ser compreendido como um desdobramento em diferentes setores, mas de forma paralela, como por exemplo, transporte, indústria, geração de energia, edifícios, etc. No cenário brasileiro, um setor chave neste processo de transição é a agropecuária, pois a mudança do uso da terra e a agropecuária foram responsáveis por cerca de 80% das emissões de GEE do Brasil, no período de 1990 a 2010 (Gianetti & Ferreira Filho, 2021).

Em 2009, durante a 15^a Conferência das Partes (COP-15), o Brasil assumiu o compromisso de reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) entre 36,1% e 38,9% até 2020.

Esse compromisso foi ratificado na COP-21, quando assumiu o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 37% até 2025, chegando a 43% em 2030, em relação ao nível de emissões de 2005 (Gianetti & Ferreira Filho, 2021).

A ratificação deste compromisso responde às Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) propostas pelo Brasil no Acordo de Paris, as quais pretendem reduzir o total de emissões para 1.3 Gt CO₂ e até 2025, e para 1.2 Gt CO₂ e até 2030, sendo consideradas de ambição média. De acordo com Viola & Mendes (2022), um papel primordial corresponde à agropecuária e o uso da terra e florestas (AFOLU) que representam o cerne da estratégia brasileira de descarbonização, ao passo que as iniciativas para os demais setores são vagas. O NDC brasileiro propõe ainda acabar com o desmatamento ilegal (Viola & Mendes, 2022).

Para atingir a meta estabelecida até 2020, criou-se a Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC), e, como principal estratégia desta política, implantou-se o 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 2010/2020) (Gianetti & Ferreira Filho, 2021). O Plano ABC tinha como meta reduzir entre 133,9 e 162,1 Mt

CO₂ as emissões do setor, por meio da intensificação da pecuária sustentável e sistemas produtivos de baixo-carbono. Para isso, o plano era composto de sete programas: Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs), Sistema Plantio Direto (SPD), Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), Florestas Plantadas (FLP), Tratamento de Dejetos Animais (TDA) e Adaptação às Mudanças Climáticas (AMC). Entre as ações previstas encontram-se cursos de capacitação de técnicos e produtores rurais, transferência de tecnologia, regularização ambiental e fundiária, Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (PD&I), entre outras (Gianetti & Ferreira Filho, 2021).

Para o compromisso estabelecido no período de 2020-2030, o Brasil criou o Plano ABC+, que é a segunda etapa do Plano ABC 2010-2020. A nova versão do ABC+ ampliou as metas para a mitigação de GEE. Além de estimular a regularização ambiental e o cumprimento do Código Florestal, o plano promove o ordenamento territorial e a preservação da biodiversidade na propriedade, na região e nas bacias hidrográficas. Foram incluídas novas tecnologias como bioinsumos, sistemas irrigados e a terminação intensiva de bovinos.

Importância do Agronegócio para economia brasileira

O agronegócio no Brasil tem se apresentado como um dos segmentos econômicos de maior evolução e capacidade de gerar riquezas e reduzir as disparidades sociais. Segundo dados do Centro de Estudos em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ), a participação do agronegócio no Produto Interno Bruto (PIB) em 2022 alcançou 24,8% (CEPEA, 2023). Os dados do agronegócio no Brasil são surpreendentes. A taxa de crescimento do PIB agropecuário, têm sido elevadas nos últimos anos, impulsionado pelo protagonismo da soja nas demandas dos principais países importadores, especialmente China e Estados Unidos.

Outro indicador que demonstra a importância da agropecuária brasileira é a sua participação nas exportações brasileiras. Em 2022, o setor representou 47,6% da pauta exportadora total do Brasil, somando US\$ 159,09 bilhões (+32,0%). O volume exportado foi de 271,41 milhões de toneladas, conforme a tabela 1.

Tabela 1. Exportações do Agronegócio brasileiro em 2022.

Setores	Valor (US\$)
Animais vivos (exceto pescados)	304.430.826
Bebidas	432.236.965

Cacau e seus produtos	345.608.577
Café	9.243.394.354
Carnes	25.668.260.951
Cereais, farinhas e preparações	14.373.274.607
Chá, mate e especiarias	471.964.841
Complexo soja	60.819.715.000
Complexo sucroalcooleiro	12.776.792.500
Couros, produtos de couro e peleteria	1.697.948.361
Demais produtos de origem animal	1.606.726.184
Demais produtos de origem vegetal	1.499.489.062
Fibras e produtos têxteis	4.168.629.637
Frutas (inclui nozes e castanhas)	1.083.932.752
Fumo e seus produtos	2.452.267.057
Lácteos	102.310.179
Pescados	374.984.984
Plantas vivas e produtos de floricultura	13.001.054
Produtos alimentícios diversos	1.082.218.016
Produtos apícolas	146.694.261
Produtos florestais	16.483.111.574
Produtos hortícolas, leguminosas, raízes e tubérculos	267.517.965
Produtos oleaginosos (exclui soja)	772.831.789
Rações para animais	446.238.188
Sucos	2.234.230.183
Total	158.867.809.867

Fonte: Brasil Ministério da Agricultura (2023).

A importância do setor também é demonstrada no Valor da Produção Agropecuária, que em 2022 alcançou a cifra de R\$ 1,189 trilhão (Brasil, 2023). Esse valor foi o segundo maior em uma série de 34 anos. O faturamento das lavouras foi de R\$ 814,77 bilhões e o da pecuária de R\$ 374,27 bilhões, com destaque para o algodão, café, milho, trigo e leite (Figura 1).

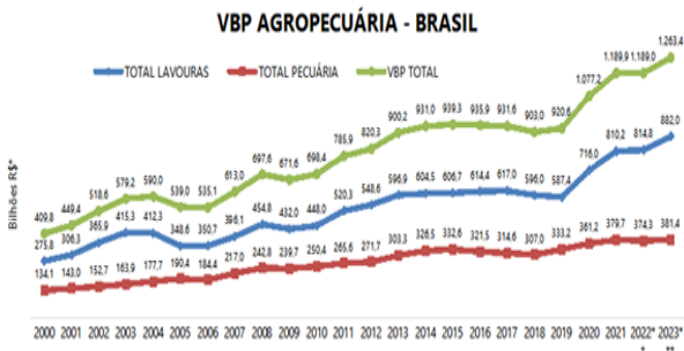


Figura 1. VBP Agropecuária Brasil 200-2023.

Fonte: Brasil Ministério da Agricultura (2023).

Para 2023, estima-se um incremento de 6,3% no VBP agropecuário, podendo atingir R\$ 1,263 trilhão. As lavouras devem ter um aumento real de 8,3%, e a pecuária de 1,9%, com destaque absoluto para a soja que teve participação de 28,4% do VBP agropecuário (Brasil, 2023).

A relevância agropecuária na economia brasileira é inquestionável. Na produção agrícola, a soja e o milho se destacam. O Brasil foi o maior produtor e exportador mundial de soja na safra de 2020-2021 e terceiro maior produtor de milho para a mesma safra (CEPEA, 2023). Já na produção foi o segundo maior produtor mundial e o terceiro maior consumidor global de carne bovina e o principal exportador (CEPEA, 2023).

Segundo Brasil (2023), em 2020 havia cerca de 218 milhões de cabeças de gado bovino no Brasil, os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás concentraram, respectivamente, 15%, 9% e 11% dessas cabeças, e a região Centro-Oeste acumulava em torno de 35% dessa população em 2020.

Estes números deixam claro a relevância do Agronegócio para a economia brasileira, que se manifesta ainda na geração de empregos. No segundo trimestre de 2022, o Agronegócio empregava cerca de 19,9 milhões de pessoas (CEPEA, 2023).

Considerando esses dados, é inquestionável a vocação do Brasil para o agronegócio, bem como sua relevância, não só para o país, como para o mundo, o que proporciona lucros para o país e contribui para garantir a produção de alimentos para a população.

O Setor Agropecuário e as emissões de GEE

Os principais Gases de Efeito Estufa (GEE) são o dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). Esses gases são gerados, principalmente, por atividades agropecuárias como: queima de combustíveis fósseis, rizicultura com irrigação por inundação, desmatamento, uso de fertilizantes sintéticos e pecuária.

O setor agropecuário é uma das principais fontes de emissões de GEE no Brasil e, ao mesmo tempo, é fundamental para a economia nacional. De acordo com a versão mais recente do relatório oficial do governo brasileiro Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa, em 2020, o setor agropecuário contabilizou 477,6 Mt CO_2e , ou 28,5% das emissões totais do Brasil.

Destes, o que mais contribui com as emissões é a fermentação entérica, com uma emissão de 373 Mt CO_2e , 65% do total. As emissões de CH_4 geradas pela digestão dos ruminantes respondem por quase dois terços das emissões do setor, com destaque para os rebanhos de

bovinos de corte e de leite, que juntos totalizam 96,9% dessas emissões.

Em seguida, são os solos manejados ou emissões diretas da agricultura, com 166 milhões de toneladas e um crescimento de 5,4% em relação a 2019. Nestas emissões de N_2O (óxido nitroso), destacam-se as oriundas do uso de dejetos de bovinos de corte como adubo, e dispostos no pasto, juntamente com uso e fertilizantes sintéticos, respondendo por 29% e 18% do subsetor, respectivamente. Além disso, a calagem, (aplicação de calcário) é fonte de emissão de CO_2 (dióxido de carbono), com participação de com 13% no setor. Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), os demais subsetores como Manejo de Dejetos Animais, Cultivo de Arroz e a Queima de Resíduos Agrícolas constituem os 6,5% restantes das emissões (Figura 2).

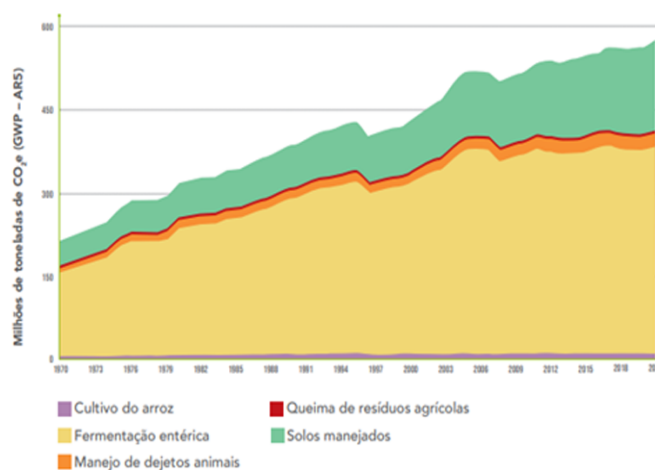


Figura 2. Evolução das emissões de GEE do setor agropecuário por subsetor no período 1970-2020.

Fonte: Brasil Ministério da Agricultura (2021).

O rebanho bovino responde por 75% das emissões do setor, divididas entre gado de corte (65,6%) e de leite (9,3%). A pecuária bovina no Brasil emite mais do que países como a Itália e a Argentina.

De acordo com os dados do Brasil (2012), o uso de fertilizantes sintéticos, por sua vez, participa com o total de 5,2% das emissões. As demais fontes diretas de emissão representam os 19,9% restantes. No período entre 1970 a 2020, o gado de corte aumentou em 1,7% suas emissões. Porém o crescimento mais expressivo foi dos solos manejados, em decorrência do aumento no uso de fertilizantes sintéticos, cujas emissões subiram 17,4%. O consumo de fertilizantes em 2020 foi o maior já registrado na história do Brasil (Brasil, 2021).

A nível estadual, o Mato Grosso foi responsável por 14,8% das emissões da agropecuária em 2020, seguido por Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Esses estados registraram um considerável incremento no tamanho de seus rebanhos bovinos e no uso de fertilizantes sintéticos (Brasil, 2021). Esses dados mostram que é evidente a importância das emissões de GEE da agropecuária, especialmente as oriundas da bovinocultura de corte, conforme destacado por Brasil (2023) e Brasil (2021).

As emissões nacionais provenientes das atividades agropecuárias são proporcionalmente maiores do que as de outros países, pelo fato de que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de alimentos. Assim, reduzir as emissões de GEE provenientes deste setor são um grande desafio para a pesquisa e inovação agropecuária, uma vez que o país não pode deixar de produzir, ou reduzir de forma abrupta a produção de alimentos e matérias-primas agrícolas.

Plano Nacional ABC 2010- 2020 e os resultados alcançados

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15), o governo brasileiro divulgou o seu compromisso voluntário de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) projetadas para 2020, estimando o volume de redução em torno de um bilhão de toneladas de CO₂ equivalente (t CO₂ eq). Para isso, o governo elaborou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (ABC). Esse plano teve como seu principal pilar vários processos tecnológicos voltados para mitigação dos efeitos negativos da produção extensiva como recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta, sistema de plantio direto, fixação biológica de nitrogênio, florestas plantadas e tratamento de dejetos animais (Brasil, 2012). O plano ABC foi elaborado para o período de 2010-2020 e tinha as seguintes metas:

1. Recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas;
2. Ampliação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta em 4 milhões de hectares;
3. Expansão da prática de plantio direto na palha em 8 milhões de hectares;
4. Expansão da fixação biológica de nitrogênio em 5,5 milhões de hectares de áreas de cultivo, em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados;
5. Expansão do plantio de florestas em 3 milhões de hectares;

6. Ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos de animais.

Na ação de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta além do compromisso de se ampliar a área em 4 milhões de hectares está também contemplada a implantação de Sistemas Agroflorestais (SFAs) em 2,76 milhões de hectares pela agricultura familiar. De acordo com Santos et al. (2021), no que se refere à expansão da área (em milhões de hectares), com exceção da recuperação de pastagens, as demais práticas tiveram resultados superiores ao compromisso estabelecido. A expansão em área foi cerca de 154% da meta definida no Plano ABC (Figura 3).

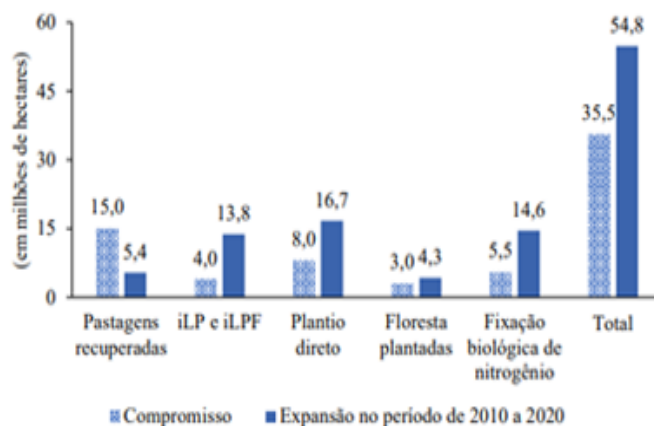


Figura 3. Compromisso nacional na expansão da área das práticas produtivas de baixa emissão de carbono no setor agropecuário no Brasil (2010-2020).

Fonte: Santos et al. (2021).

Em relação ao potencial de mitigação de CO₂ e mitigação atingida com as tecnologias do Plano ABC no período de 2010 a 2020, as metas foram superadas em 113%, com a mitigação de cerca de 152,93 milhões de t CO₂ eq (Santos et al., 2021), conforme figura 4.

De acordo com a análise feita por Santos et al. (2021), das metas propostas pelo Brasil para mitigação de CO₂ eq., no período de 2010-2022, apenas duas não foram atingidas, as demais todas superaram as metas. Em relação à recuperação de pastagens degradadas, a meta era recuperar 15 milhões de hectares e mitigar pelo menos 83 milhões de t CO₂ eq. Foram recuperados apenas 5,44 milhões de hectares (36,30% da meta) e mitigados 20,63 milhões t CO₂ eq (24,86% da meta).

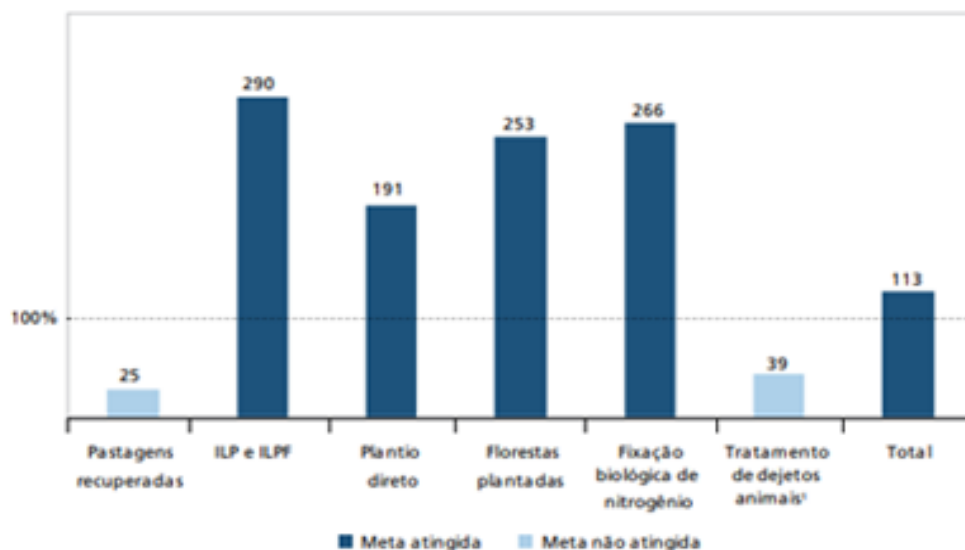


Figura 4. Cumprimento das metas de mitigação de CO₂ assumidas pelo Brasil (2010-2020).

Fonte: Santos et al. (2021).

A mesma situação ocorreu para o tratamento de dejetos animais, cuja meta era ampliar o tratamento em 4,4 milhões m³ de dejetos animais e contribuir com a mitigação de 6,9 milhões de t CO₂ eq. No período foram tratados 1,7 milhão de m³ de dejetos (39% da meta), e mitigados de 2,67 milhões de t CO₂ eq (39% da meta).

A meta para a tecnologia ILP e ILPF ou SAFs era ampliar em 4 milhões de hectares e mitigar 18 milhões de t CO₂ eq. Foram convertidos 13,76 milhões de hectares (343,94% da meta) e mitigados 52,14 milhões de t CO₂ eq (289,67% da meta).

O SPD, tinha como meta ampliar a área de adoção em 8 milhões de hectares e mitigar cerca de 16 milhões de t CO₂ eq. Houve uma expansão de 16,74 milhões de hectares em SPD (209,22% da meta) e mitigados 30,63 milhões de t CO₂ eq (191,44% da meta).

Florestas plantadas também superaram as metas, que era o plantio de 3 milhões de hectares e a mitigação de 8 milhões de t CO₂ eq, atingindo 143,74% com o plantio de 4,31 milhões de hectares de florestas (143,74% da meta) e mitigados 20,22 milhões de t CO₂ eq (252,80% da meta).

Em relação à FBN, a meta era expandir a área em 5,5 milhões de hectares e mitigar 10 milhões de t CO₂ eq. Foram plantados 14,55 milhões de hectares em que houve FBN (264,56% da meta) e mitigados 26,63 milhões de t CO₂ eq (266,28% da meta).

Especificamente, o gargalo das metas do ABC carbono está na recuperação de pastagens e tratamento de dejetos animais. Porém, segundo no primeiro caso, os sistemas integrados (iLP e iLPF) também recuperam pastagens e sua meta ficou em 290%. No caso do tratamento e dejetos não há muitas estatísticas sobre a tecnologia, o que pode levar à suposição de que o Brasil esteja muito melhor do que o aqui apresentado. De modo geral, percebe-se um esforço para a contribuição nacional na produção sustentável (Ribeiro, 2021).

Em termos financeiros, o Programa ABC disponibilizou uma linha de crédito específica, aprovada pela Resolução no 3.896, de 17 de agosto de 2010, do Banco Central do Brasil (BCB). A linha de crédito rural tinha como propósito financiar a agricultura de baixo carbono (ABC), priorizando os sistemas sustentáveis de produção agropecuária. Os recursos começaram a ser ofertados pelo Programa ABC a partir do ano-safra 2010/2011 (Tabela 2).

Tabela 2. Total geral do Programa ABC por Ano-Safra.

Total do Programa ABC por Ano-Safra

Período	Contratos	Valor desembolsado (R\$ mil)	Crédito disponibilizado (R\$ bi)	Média de contrato (R\$ 1.000,00/ano)
2010-2011	1.290	418.300,00	2,00	324,26
2011-2012	5.038	1.515.995,40	3,15	300,91
2012-2013	4.961	2.864.753,83	3,40	577,45
2013-2014	5.882	2.695.119,38	4,50	458,20
2014-2015	8.018	3.6656.402,33	4,50	456,02
2015-2016	3.344	2.052.466,03	3,00	613,78
2016-2017	1.808	1.220.934,51	2,99	675,30
2017-2018	2.460	1.617.716,69	2,13	657,61
2018-2019 (jan-jun)	1.470	1.264.236,91	2,00	860,03
Total	34.271	17.305.9285,08	27,67	504,97

Fonte: Brasil Ministério da Agricultura (2023).

O número de contratos teve um aumento significativo no ano-safra 2014/2015, assim como do valor desembolsado. Todavia, o valor desembolsado se manteve inferior ao valor disponibilizado pelo Programa ABC em todos os anos-safra, o que pode ter influenciado na redução do valor disponibilizado, uma vez que em nenhuma safra o valor utilizado atingiu 100% do valor disponibilizado.

No período de 2013 a 2015, o maior desembolso do programa foi para a rubrica “sem subprograma”. A partir de 2016 essa rubrica deixou de existir. A tecnologia com maior disponibilidade de crédito entre 2013 e 2021 foi o plantio direto, com mais de 4 bilhões de reais. Por outro lado, a tabela 3 apresenta algumas tecnologias que foram inseridas somente a partir de 2015, como ILPF, Tratamento de dejetos e Florestas plantadas. Os recursos para bioinsumos e biofertilizantes foram disponibilizados apenas a partir de 2021.

Tabela 3. Desembolso do programa ABC por finalidade de investimento, 2013 a 2021.

Tecnologias	Valor (R\$ milhões) ano				
	2013	2014	2015	2016	
Sem subprograma	2.403.376,78	519.355,20	1.535.912,13		
Recuperação pastagens	5.174,53	200.203,96	311.965,08	519.355,20	
Plantio direto	1.611,43	47.76064	212.643,75	200.203,96	
ILPF		5.318,68	33.167,29	47.76064	
Tratamento dejetos		2.000.000,00	3.010,58	5.318,68	
FBN		56.417,41		2.000.000,00	
Florestas plantadas		24.643,70	38.626,50	56.417,41	
Fundos constitucionais		3.827,99	92.209,82	24.643,70	
Regularização ambiental		859.527,61	3.102,68	3.827,99	
Total	2.410.162,73	3.393.198,19	2.230.637,77	859.527,61	
Tecnologias	Valor (R\$ milhões) ano				
	2017	2018	2019	2020	2021
Recuperação pastagens	767.978,53	966.357,73	787.841,03	998.932,90	957.368,79
Plantio direto	471.049,51	828.952,99	966.853,75	965.012,50	1.209.169,67
ILPF	73.476,90	126.966,43	136.014,89	161.188,03	123.966,65
Tratamento dejetos	10.554,25	8.642,99	12.167,64	21.091,03	15.911,205
FBN		3.585.174,84	2.032.278,20	8.004.407,51	3.353.736,02
Florestas plantadas	87.385,76		137.064,45	85.168,85	106.881,50
Regularização ambiental	14.184,72	17.653,17	8.218,80	51.952,07	

Sistemas orgânicos	2.300,22	592,77	5.064,33	1.023,64	6.936,15
Açaí, cacau, oliveira, nogueira	80,66	4.898,63	2.660,49	7.355,42	3.980,73
Bioinsumos / biofertilizantes					434,07
Outros			4.361.819,99		
Total	1.427.010,61	2.083.385,80	2.062.279,47	2.299.728,87	2.618.365,93

Fonte: Rodrigues (2022).

Segundo Rodrigues (2022), analisando os empréstimos concedidos, conclui-se que os subprogramas destinados ao tratamento de dejetos; sistemas orgânicos; fixação biológica de nitrogênio; bioinsumos e biofertilizantes detêm um ínfimo volume de contratos, dificultando a adoção desses sistemas por parte dos produtores.

Quanto ao crédito rural concedido, no período entre 2013 e 2021, a queda mais significativa foi referente ao ano de 2016, que apontou uma redução em torno de 61,5% no valor final dos investimentos dos contratos, quando comparado ao ano anterior. Nos anos seguintes, houve uma recuperação no aporte do crédito concedido, bem como a inserção de outros subprogramas no roll dos contratos financiados.

Para Péres (2022), os principais problemas do ABC foram: a questão da concentração de recursos em regiões e em alguns programas; a pequena demanda por esta modalidade de crédito; a ausência de capacidade técnica por parte dos produtores; e a falta de assistência técnica específica para as tecnologias sustentáveis para alguns produtores em determinadas regiões brasileiras.

A maior parte dos aportes foi direcionada para o Sudeste e Centro-Oeste, mudando apenas em 2017, quando o número de contratos no Norte superou o Centro-Oeste. Caso a estratégia do Programa ABC fosse de "livre alocação", ou seja, a recuperação de pastagens em nível nacional, independentemente de as áreas recuperadas serem prioritárias ou não, alcançaria uma redução de emissões de GEEs entre 32% e 39% da meta total de redução, já que não se beneficiaria do efeito "poupa-terra" e do potencial de sequestro de carbono das áreas onde há mais pastagens degradadas (FGV, 2017).

No que se refere a baixa demanda por crédito no âmbito do Plano ABC, uma das causas possíveis é a existência de outros programas de crédito com menores exigências burocráticas (Péres, 2022). Outro ponto relevante apontado pela autora, é a dificuldade para as instituições financeiras, com relação à análise do projeto e da documentação exigida para acessar o crédito. Esse fato reforça a questão da pequena procura pelo Programa ABC.

A difusão de políticas de baixo carbono é uma questão central, assim como a existência de serviços de assistência técnica locais para as tecnologias previstas no plano visando aumento da abrangência e alcance do plano. Também é necessário a criação e adoção de um sistema de monitoramento das atividades financiadas pelo ABC+ para que possam ocorrer intervenções para modificá-lo, quando for necessário (Tabela 4).

Tabela 4. Principais avanços e desafios do Plano ABC (2010-2020).

Avanços	Desafios
Desenvolvimento de zoneamentos de risco agroclimático para diferentes culturas por bioma	Falta de engajamento, alinhamento estratégico e articulação na implementação e condução do Plano ABC
Aumento dos projetos de recuperação de áreas degradadas.	Taxas de juros pouco competitivas e burocracia para acesso ao crédito
Implementação de SAFs com fruticultura.	Ausência de recursos financeiros para execução de programas/projetos
Aprovação de Planos ABC estaduais e criação de comitês gestores.	Demonstrar para o pequeno agricultor a viabilidade econômica, social e ambiental das técnicas do ABC.
Mobilização de parcerias por meio de comissão estadual	Viabilizar recursos para incrementar o ABC, incluindo novas fontes de recurso
SAF para pequenos produtores	Aperfeiçoar o monitoramento da adoção das práticas, indo além da mensuração de carbono.
Difusão do Plano ABC e capacitação continuada de técnicos e produtores	Desburocratizar o crédito ABC juntos as instituições bancárias.

Implantação de unidades demonstrativas.	Programa Inteligência Climática com parceria institucional estabelecida
Estabelecimento do sistema de acompanhamento de crédito.	Mostrar os resultados do Plano ABC para o país.
	Potencializar a capacitação e a assistência técnica e extensão rural, incluindo agricultores familiares.

Fonte: Elaboração própria Adaptado de Lima et al. (2020).

Analisando o quadro acima, é evidente que o Plano ABC trouxe proporcionou diversas conquistas para a agricultura brasileira, no que tange ao avanço na adoção de tecnologias sustentáveis. Porém, apresenta ainda alguns desafios. Avaliando as conquistas dos dez primeiros anos de implantação do Plano e os desafios que ainda se apresentam, o governo brasileiro decidiu ampliar a duração do plano por mais dez anos, criando, assim, o Plano ABC+, que é apresentado a seguir.

O novo Plano ABC+ e as metas para 2030

O Plano ABC+ é a segunda etapa do Plano ABC (2010-2020). As metas para a próxima década (2020/2030) são adicionais às já alcançadas pelo ABC (Brasil, 2021). A meta do ABC+ é reduzir a emissão de carbono equivalente em 1,1 bilhão de toneladas no setor agropecuário até 2030.

Como principais alterações, foram incluídos três novos SPSABC: Sistema Plantio Direto Hortaliças (SPDH), Sistemas Irrigados (SI) e Terminação Intensiva (TI). Ampliou-se o escopo de outros três SPSABC já existentes: Práticas para Recuperação de Pastagens Degradadas (PRPD), que passa a considerar a recuperação e a renovação de pastagens com algum grau de degradação; Bioinsumos (BI), incluindo a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e Microrganismos Promotores do Crescimento de Plantas (MPCP); e Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA), que considera outros resíduos além de dejetos animais e estimula o uso dos subprodutos obtidos como bioenergia e biofertilizante.

A construção do ABC+ foi iniciada em 2020, sob a liderança do MAPA. A Política Pública continua atuando como instrumento promotor da adaptação à mudança do clima, da mitigação de GEE e da sustentabilidade no setor agropecuário (Brasil, 2021).

As metas e ações estabelecidas no Plano ABC+ devem ser alcançadas até 2030. Para isso, foram definidos para cada Sistema, práticas, produtos e processos de Produção sustentáveis (SPS) os respectivos compromissos de ampliação de adoção (em milhões de hectares, milhões de m³ ou milhões de animais adicionais), do potencial de mitigação de emissões de GEE (milhões de Mg CO₂eq), e respectivas contribuições para adaptação, sumarizados na tabela 5.

Tabela 5. Compromissos de ampliação da área de adoção (milhões de hectare), resíduos tratados (milhões de m³) e animais adicionais (milhões de unidade); do potencial de mitigação de emissões de GEE (milhões de Mg CO₂eq), e contribuições para adaptação, dos SPS ABC, até 2030, considerando 2020 como ano base.

SPS	Ampliação de adoção (milhões de ha)	Potencial de mitigação de emissões de GEE (milhões de Mg CO ₂ eq)
Práticas para Recuperação de Pastagens degradadas (PRPD)	30,00	113,70
Sistema Plantio Direto de Grãos (SPDG)	12,50	12,11
Sistema Plantio Direto Hortaliças (SPDH)	0,08	0,88
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	10,00	37,90
Sistemas Agroflorestais (SAF)	0,10	0,38
Florestas Plantadas (FP)	4,0	510,0
Bioinsumos (BI)	13,00	23,40
Sistemas Irrigados (SI)	3,00	50,00
Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)	208,40	277,80
Terminação Intensiva (TI)	5 milhões	16,24
Total	72,68 milhões ha 208,40 milhões m ³ 5 milhões de animais	1.042,41 milhões de Mg CO ₂ eq

Fonte: Elaboração própria

A principal mudança entre o Plano ABC e o Plano ABC+ é o conjunto de ações e atividades planejadas. A principal estratégia do Plano ABC era conceder subvenção econômica por meio do crédito rural. No ABC+ prevê-se o fortalecimento do Programa ABC, a construção, o fomento e a diversificação de instrumentos econômicos e financeiros e a promoção de projetos de cooperação e de financiamento privado, entre outras ações para buscar uma menor dependência de recursos financeiros subsidiados oriundos do Plano Safra.

Como forma de acompanhamento das ações e metas do ABC+, o governo federal publicou o Decreto 10.606 que institui o Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (SIN-ABC) e também o Comitê Técnico de Acompanhamento do Plano Setorial para consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (CTAB).

Os colegiados serão responsáveis por monitorar o novo Plano ABC, que irá incorporar novas tecnologias e orientações para o avanço da agricultura de baixa emissão de carbono no país (Brasil, 2021).

Oportunidades e desafios

O agronegócio é vital para a economia brasileira, participando com cerca de 25% no PIB e quase 50% das exportações brasileiras e emprega em torno de 20 milhões de pessoas (CEPEA, 2023). Por outro lado, o setor agropecuário é uma das principais fontes de emissão de GEE no Brasil – quase 30 % do total das emissões. Com o compromisso assumido pelo Brasil em reduzir as emissões de GEE, o governo criou o Plano ABC 2010-2020. Analisando as metas traçadas neste plano, percebe-se que, de modo geral, a expansão das áreas (milhões de hectares) com tecnologias de baixo carbono superou em 154% da meta estabelecida no Plano ABC.

A única meta que ficou aquém do estabelecido foi a recuperação de pastagens degradadas que atingiu apenas 36% do estabelecido, apesar de ter recebido o maior aporte financeiro do programa. Por outro lado, a iLPF foi uma das práticas mais exitosas, mesmo com pouco aporte financeiro do programa, assim como a FBN, mesmo sem nenhum aporte direcionado para essa prática desde 2016.

No que diz respeito à mitigação de emissão de CO₂ na atmosfera, o Brasil superou sua meta em 113%. Exceto recuperação de pastagens e tratamento de dejetos animais, todas as práticas foram muito acima das metas definidas. As exceções foram a recuperação de pastagens

com 24,86% de cumprimento da meta e tratamento de dejetos de animais com 39%.

De acordo com os resultados obtidos, o Brasil não só atingiu as metas propostas, mas superou tanto na questão de expansão de área como na mitigação de GEE. O que nos leva a refletir se a meta proposta não teria sido muito modesta, dada a dimensão das atividades agropecuárias.

Em relação ao crédito disponibilizado, em todas as safras o valor contratado ficou bem abaixo do valor disponibilizado, o que pode ser explicado, como mencionado por alguns autores, pelo excesso das exigências burocráticas e dificuldade de análise por parte das instituições financeiras e pela falta de conhecimento do produtor sobre a disponibilidade de crédito.

Como visto na literatura, cerca de 65% do total de emissões do setor agropecuário provém da fermentação entérica. Porém, no Plano ABC 2010-2020 não há metas direcionadas para a mitigação de GEE nesta atividade, sendo que os maiores esforços foram direcionados para tecnologias “poupa-terra”.

Em relação ao Plano ABC+ 2020/2030, a meta estabelecida de reduzir em 1,1 bilhão de toneladas para o setor agropecuário até 2030 é considerada pelo próprio Ministério, ousada. Para atingir este objetivo novas tecnologias foram incorporadas no ABC+ 2020-2030. Uma delas é a intensificação da criação de bovinos, como tentativas de reduzir o percentual de GEE da fermentação entérica.

No Plano ABC, a principal estratégia era a subvenção econômica por meio do crédito rural. No atual decênio, prevê-se o fortalecimento do Programa ABC. Pressupõe-se então que as estratégias de divulgação para adoção das tecnologias junto aos produtores sejam intensificadas, assim como a interação entre o Governo Federal e os estados.

O ABC+ é a principal estratégia do Brasil para cumprimento das metas estabelecidas perante o Acordo de Paris. Cabe ao Estado implementar tais ações, em parceria com as esferas estadual e municipal, em consonância com as inovações tecnológicas de assistência técnica locais, organizadas em conjunto com o Programa ABC+.

CONCLUSSÕES

É necessário cautela ao analisar os resultados apresentados. A literatura sobre os resultados efetivos do Plano ABC é escassa. A maioria dos estudos analisa o Programa ABC a partir de avaliações qualitativas e da análise descritiva dos dados, geralmente voltada para as metas de

mitigação de emissões, o que dificulta mensurar o real impacto do programa. O próprio ministério da Agricultura ainda não publicou oficialmente os resultados agrupados de todos os estados.

Informações atualizadas e transparentes sobre o Programa é uma condição necessária para ampliar a adoção das tecnologias propostas, por parte dos produtores, bem como promover modificações, se necessário.

Apenas a oportunidade lucrativa de crédito subsidiado não basta, é necessário investir em educação e assistência técnica, relacionado aos sistemas intensivos de produção, considerando a complexidade dos sistemas integrados e as condicionantes de cada agricultor e pecuarista. É notório que o produtor tradicional resiste em adotar práticas mais sustentáveis. Portanto, alterar essa mentalidade é um fator-chave para o alcance das metas propostas.

Outro fator primordial, é o planejamento para a implementação do programa a sinergia entre o governo federal, estadual e municipal, incluindo instituições de assistência técnica rural, considerando que as práticas propostas no ABC não estão completamente difundidas nos principais estados produtores.

Por outro lado, há uma clara sinalização do governo federal de que o Plano Safra 2023/2024 será inteiramente focado no Plano ABC+, como forma de valorizar práticas sustentáveis para a produção rural, porém, com a comprovação das boas práticas agropecuárias. Caso essa ação seja implementada, pode-se esperar melhores resultados em relação a esse programa até 2030.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bloom, N., Genakos, C., Martin, R., Sadun, R. (2010). Modern management: good for the environment or just hot air? *The Economic Journal*, 120(544), 551–572. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2010.02351.x>
- Bos, K., & Gupta, J. (2019). Stranded assets and stranded resources: implications for climate change mitigation and global sustainable development. *Energy Research & Social Science*, 56(2019), 101215. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.025>
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2012). Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2021). Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020-2030. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/final-isbn-plano-setorial-para-adaptacao-a-mudanca-do-clima-e-baixa-emissao-de-carbono-na-agropecuaria-compactado.pdf>
- Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). (2023). Plano ABC em Números. Total geral do Programa ABC por ano-safra. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono/plano-abc-em-numeros>
- Centro de Estudos Avançados em Economia (CEPEA). (2023). PIB do Agronegócio em 2022. ESALQ/USP e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRONEGOCIO-2022.17MAR2023.pdf>
- Péres Rodrigues da Conceição, J. C. (2022). Principais conquistas do plano ABC e desafios do plano ABC+. Nota Técnica n.36. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11579/1/NT_36_Dirur_Principais.pdf
- Curtin, J., McInerney, C., Gallachóir, B. Ó., Hickey, C., Deane, P., & Deeney, P. (2019). Quantifying stranding risk for fossil fuel assets and implications for renewable energy investment: a review of the literature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116(2019), 109402. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109402>
- Fundação Getúlio Vargas (FGV). (2017). *Observatório ABC: impactos econômicos e ambientais do Plano ABC*. São Paulo: FGV.
- Gianetti, G. W., & Ferreira Filho, J. B. S. (2021). O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 59(1), e216524. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.216524>
- Gutiérrez-López, C., Castro, P., & Tascón, M. T. (2022). How can firms' transition to a low-carbon economy affect the distance to default? *Research in International Business and Finance*, 60(2022), 101722. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101722>
- Haas, CH., Jhans, H., Kempa, K., & Moslener, U. (2023). Deep uncertainty and the transition to a low-carbon economy. *Energy Research & Social Science*, 100(2023), 103060. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103060>

- Lima, R. C. A., Harfuch, L., & Palauro, G. R. (2020). Plano ABC: evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030. São Paulo: Agroicone. <https://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2020/10/Agroicone-Estudo-Plano-ABC-2020.pdf>
- Luo, L., & Tang, Q. (2016). Determinants of the quality of corporate carbon management systems: an international study. *The International Journal of Accounting*, 51(2), 275–305. <https://doi.org/10.1016/j.intacc.2016.04.007>
- Ribeiro Vieira Filho, J. E. R. (2021). Indicadores de produtividade e sustentabilidade do setor agropecuário brasileiro. (Publicação preliminar). Nota Técnica. Brasília, Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11106/1/NT_Indicadores%20de%20produtividade_Publicacao_Preliminar.pdf
- Rodrigues Bezerra, F. N. (2022). *Avaliação da agricultura de baixa emissão de carbono e inteligente ao clima no Brasil*. Tese de Doutorado em Economia Rural. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/71290>
- Santos Telles, T., Ribeiro Vieira Filho, J. E., Righetto, A. J., & Ronchesel Ribeiro, M. (2021). Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil. Texto para Discussão, n. 2838. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Rio de Janeiro, Brasil. https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10531/1/td_2638.pdf
- Standar, A., Kozera, A., & Jabkowski, D. (2022). The Role of Large Cities in the Development of Low-Carbon Economy - The Example of Poland. *Energies*, 15(2), 595. <https://doi.org/10.3390/en15020595>
- Unterstell, M., & Martins, N. (2022). NDC do Brasil: Avaliação da atualização submetida à UNFCCC em 2022. Nota Técnica. Rio de Janeiro, Brasil. <https://institutotalanoa.org/wp-content/uploads/2022/11/Analise-NDC-2022-2.pdf>
- Viola, E., & Mendes, V. (2022). Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, 25(2022), e02462. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200246r2vu2022L3AO>