

Capítulo 1

Mudanças climáticas e a agricultura de baixa emissão de carbono

Ivênio Rubens de Oliveira

Miguel Marques Gontijo Neto

Myriam Maia Nobre

Impactos do clima na agricultura

Nos últimos 100 anos, a temperatura média global aumentou, o que traz consequências e impactos relacionados à mudança do clima e representa um dos maiores desafios ambientais a serem enfrentados pela humanidade.

No Brasil, maiores frequência e intensidade nos eventos extremos de curta duração, tais como secas, chuvas intensas, ondas de frio ou de calor, vendavais, furacões, inundações e ressacas, estão associados ao aquecimento global. A consequência disso é o aumento da vulnerabilidade dos impactos na população, nos setores econômicos e na biodiversidade, na medida em que a variabilidade climática e a ocorrência desses eventos se intensificarem.

As mudanças climáticas se manifestam de diversas formas. Entretanto há evidências científicas de que o aumento de concentração dos Gases de Efeito Estufa (GEEs) na atmosfera tem conduzido a temperaturas mais elevadas, a variações no

regime de chuvas, as perturbações nas correntes marítimas, a retração de geleiras e a elevação do nível dos oceanos.

O efeito estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural, que mantém a temperatura média da Terra e viabiliza a existência de vida. Sem ele, o planeta seria coberto de gelo e estaria sujeito a variações bruscas de temperatura. Ele atua como uma cobertura que retém parte da radiação solar absorvida pela Terra, redistribuindo-a pela circulação atmosférica e oceânica. De modo simples, podemos entender esse fenômeno como se fossem os painéis de vidro de uma estufa, onde as plantas crescem. O vapor d'água, o dióxido de carbono (CO_2) e outros gases da atmosfera atuam como o vidro de uma estufa. O vidro é transparente à luz do Sol, portanto a luz passa e aquece as plantas e o interior da estufa. Entretanto, o vidro também isola a estufa, mantendo o calor que se gera quando a radiação infravermelha é reemitida. Da mesma maneira, a radiação infravermelha do Sol passa pela atmosfera da Terra; porém, o vapor d'água, o CO_2 e outros gases tendem a isolar a Terra, segurando o calor. A Terra absorve certa quantidade de calor e perderia a mesma quantidade através da atmosfera caso não existisse esse efeito da retenção de calor promovido pelo vapor d'água e o CO_2 .

Graças ao aumento progressivo de consumo de combustíveis fósseis, à intensificação do uso dos recursos naturais, aos processos produtivos e agrícolas não sustentáveis, ao mau gerenciamento de resíduos e às alterações no uso da terra (por exemplo, o desmatamento), observa-se o aumento desordenado da concentração dos GEEs na atmosfera. Na Tabela 1, estão os principais GEEs, sua fórmula química, concentração atmosférica

no período pré-industrial e em 2005, tempo de permanência na atmosfera (em anos), fontes de emissão e potencial de aquecimento global em relação ao CO₂. As emissões e o aumento das concentrações atmosféricas de GEEs provocam um aumento do Potencial de Aquecimento Global da Atmosfera. Isso leva ao aumento da temperatura média do planeta e provoca as mudanças climáticas. Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (Metz et al., 2007), a intensificação no aumento da concentração de GEEs se deve às atividades humanas, principalmente aquelas que provocam mudanças na relação reflexão/absorção da radiação solar ou na emissão/absorção da radiação terrestre, o que ocasiona variações climáticas.

Tabela 1. Principais gases de efeito estufa (GEEs).

GEE	Fórmula química	Concentração pré-industrial	Concentração em 2005	Permanência na atmosfera (ano)	Fontes antropogênicas	Potencial de aquecimento global
Dióxido de carbono	CO ₂	278000 ppbv	379000 ppbv	variável	combustíveis, uso do solo, produção de cimento	1
Metano	CH ₄	715 ppbv	1774 ppbv	12,2 +/-3	combustível, cultura de arroz,	21
Óxido Nitroso	N ₂ O	270 ppbv	319 ppbv	120	lixões, gado fertilizantes, processos industriais	310
CFC-12	CCl ₂ F ₂	0	0,503 ppbv	102	líquidos refrigerantes, espumas	6200/7100
HCFC-12	CHClF ₂	0	0,105 ppbv	12,1	líquidos refrigerantes	1300/1400
Perfluometano	CF ₄	0	0,070 ppbv	50000	produção de alumínio	6500
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	0	0,032	3200	fluidos dielétricos	23900

Fonte: Metz et al. (2007).

A concentração de CO₂ na atmosfera é responsável por mais da metade do aquecimento global. O aumento desta concentração se deve à queima de combustíveis fósseis nas atividades

industriais e transportes, e às alterações no uso e na ocupação da terra, principalmente os desmatamentos. Além do CO_2 , o óxido nitroso (N_2O) também aumentou sua contribuição no total de emissões por fontes naturais e por aquelas derivadas de atividades humanas.

O aumento de sua concentração na atmosfera está relacionado ao uso de fertilizantes na agricultura e às atividades industriais. O N_2O é produzido naturalmente nos processos bacterianos para conversão de compostos em nutrientes em estuários e zonas costeiras, nas florestas tropicais e até mesmo por bactérias que vivem no solo.

O metano (CH_4) ocorre naturalmente por meio da digestão anaeróbia da matéria orgânica. Apesar de ter uma concentração menor que a do CO_2 , o metano é mais potente para reter calor. Há uma crescente concentração desse gás por causa das ações humanas como o aumento da disposição de resíduos, o tratamento anaeróbio de efluentes, a queima da biomassa, os processos agrícolas como a rizicultura, os processos digestivos de ruminantes e os processos de extração de combustíveis minerais.

A emissão de GEEs está relacionada a duas causas principais: uma é geração, transformação e utilização da energia em processos industriais e de transporte. A outra não é energética e relaciona-se às mudanças no uso de solo, resíduos e agricultura.

Temos reservatórios naturais e sumidouros (ecossistemas com a capacidade de absorver CO_2) de GEEs que estão presentes em plantas, solos e oceanos. Esses sumidouros captam e utilizam gases presentes na atmosfera em seus processos fisiológicos.

Alguns são neutralizadores ou compensadores de emissões, como em processos de fotossíntese vegetais e fitoplânctons. No entanto, essa capacidade pode ser reduzida por meio de queimadas e desmatamentos ou pela contaminação de solos e oceanos.

Os efeitos das alterações climáticas na agricultura estão associados ao aumento da temperatura, às altas taxas de concentração de CO₂ na atmosfera e ao aumento na frequência de eventos climáticos extremos, que modificam os níveis de precipitação. Estudos do IPCC apontam uma queda de 30% na produtividade agrícola até 2080, afetando cerca de 50% das áreas aráveis, até 2050. Para o Brasil, aumentos na temperatura entre 1 °C e 5,8 °C representam riscos agroclimáticos com reduções consideráveis nas culturas de feijão, soja, algodão, arroz, milho e cana-de-açúcar.

As alterações climáticas também afetam questões ligadas à fitossanidade. Normalmente, pragas, doenças e plantas daninhas podem diminuir a produção de 31% a 42% de todas as culturas no mundo. Nesses cálculos, ainda não estão incluídas as perdas causadas por fatores ambientais. As mudanças no clima podem causar significativas alterações na ocorrência e na severidade de pragas, com graves consequências econômicas, sociais e ambientais.

A estimativa de perda na safra de grãos é de R\$ 7,4 bilhões para 2020, podendo atingir R\$ 14 bilhões em 2070. O aquecimento global afetaria a geografia da produção agrícola no Brasil e praticamente todas as culturas seriam impactadas quanto ao potencial agrícola de áreas para plantio (Tabela 2).

Tabela 2. Variação das áreas com potencial agrícola para plantio das principais culturas brasileiras.

Culturas	Área potencial atual (km ²)	Cenário A2 – 2020		Cenário A2 – 2070	
		Área potencial estimada (km ²)	Variação (%)	Área potencial estimada (km ²)	Variação (%)
Algodão	4.029.507	3.583.461	-11,07	3.386.020	-16,12
Arroz	4.168.806	3.764.488	-09,70	3.577.169	-14,19
Café	395.976	358.446	-09,48	265.243	-33,01
Cana	619.422	1.608.994	159,76	1.351.441	118,18
Feijão	4.137.837	3.957.481	-04,36	3.587.559	-13,30
Girassol	4.440.650	3.811.838	-14,16	3.633.928	-18,17
Mandioca	5.169.601	5.006.777	-03,15	6.268.636	-21,26
Milho	4.381.791	3.856.839	-11,98	3.624.487	-17,28
Soja	2.790.265	2.132.001	-23,59	1.635.239	-41,39

Fonte: Deconto (2008).

Mitigação das emissões de GEEs

A mitigação consiste na adoção de medidas para evitar ou reduzir as emissões de GEEs por meio de políticas e instrumentos que promovam desenvolvimento sustentável e mudanças nos processos produtivos e no setor energético, com a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes.

O “potencial de mitigação” avalia a escala das reduções nas emissões de GEEs e se relaciona com o preço do carbono (tonelada de CO₂ equivalente evitada ou reduzida). Dividido em potencial de mercado e potencial econômico, o primeiro se baseia nos custos e nas taxas de desconto refletindo a perspectiva dos consumidores e das empresas. O segundo contabiliza as taxas de descontos, os custos e os benefícios sociais que refletem os pontos de vista da sociedade, por isso é maior que o potencial de mercado.

Existem diversas opções para a mitigação das emissões: Substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis ou renováveis, aumento na eficiência energética com adoção de tecnologias mais limpas, intensificação no uso de energias alternativas de fontes renováveis e sumidouros de carbono, processos industriais, soluções para transporte, construções comerciais e industriais, mudanças no uso de terras e florestas (redução da taxa de desflorestamento e florestamento), melhoria no manejo de florestas e áreas agricultáveis e gestão de resíduos em geral.

Adaptação às mudanças climáticas

A adaptação aos impactos das mudanças climáticas pode ser a única resposta possível para enfrentar o problema. Se a concentração de GEEs na atmosférica se estabilizar, ainda assim o aumento da temperatura ocorrerá. Para que uma política global atenda à demanda de adaptação e seja eficaz, precisam estar envolvidos alguns fatores, entre eles: Fixação do preço do carbono mediante impostos, do comércio ou de regulamentos; Política de apoio à inovação e à utilização de tecnologias de baixo carbono; Ações de incentivo à adoção de fontes energéticas limpas/renováveis; Ações de sensibilização e comunicação com a sociedade sobre o que podem fazer para contribuir com ações de adaptação e/ou mitigação.

A transição do atual modelo de produção agrícola para um modelo de baixa emissão de carbono é um grande desafio, que representa, ao mesmo tempo, uma grande oportunidade para o setor. A vulnerabilidade dos sistemas agrícolas está diretamente ligada às estratégias de adaptação ou mitigação a ser implementadas em curto, médio e longo prazo. É essencial a

adoção de medidas para desenvolver a capacidade de adaptação nas regiões que serão afetadas pela mudança do clima, assim como para minimizar os impactos e os custos das estratégias a serem desenvolvidas.

Ações governamentais e políticas públicas

A discussão mundial sobre mudanças climáticas teve seu marco legal na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em 1992, também conhecida como Eco-92, quando foi elaborado o tratado internacional conhecido como Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC - do original em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*). Anualmente ocorrem reuniões do foro internacional denominadas Conferência das Partes da Convenção-Quadro da ONU sobre Mudanças Climáticas (COP), que consistem em uma cúpula internacional, formada por representantes de mais de 190 países, que discutem as bases para o estabelecimento e o acompanhamento dos acordos internacionais.

Ainda na COP3, em 1997, no Japão (Protocolo de Quioto) mais de 170 países signatários propuseram um calendário no qual teriam a obrigação de reduzir a emissão GEEs em pelo menos, 5,2% em relação aos níveis de 1990, no período de 2008 a 2012. Neste contexto, acredita-se que o Brasil seja capaz de responder a grandes desafios mundiais apresentados pela ONU, como o aumento da produção de alimentos, a adaptação de sistemas produtivos e a redução dos GEEs. A previsão é de que o setor agropecuário brasileiro alcance a redução de emissões de CO₂ em 0,9 gigatoneladas até 2030.

Os resultados ambientais do setor agropecuário nacional relacionam-se, principalmente, ao 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 (Brasil, 2012). Coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), este plano visa práticas sustentáveis que reduzam emissões e retenham carbono por meio da adoção de uma série de tecnologias.

Plano agricultura de baixa emissão de carbono (ABC)

Tecnologias voltadas para a produção rural sustentável são desenvolvidas por órgãos de pesquisa e inovação em todos os países, e o Brasil tem sido um dos grandes investidores nessa área por meio da Embrapa, das escolas de Ciências Agrárias, dos organismos estaduais de pesquisa e pelo setor privado. Tais esforços visam reduzir a demanda por defensivos e fertilizantes, água e combustíveis, diminuindo a emissão de GEEs e conferindo ao agronegócio brasileiro uma posição de destaque no cenário global de sustentabilidade produtiva.

O Plano ABC preconiza práticas agropecuárias e florestais mais eficientes, com aumento de renda para o produtor, em seis áreas: recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais, plantio direto na palha, fixação biológica de nitrogênio, plantio de florestas comerciais e tratamento de dejetos animais.

Somadas, as ações do Plano ABC podem cumprir ou, até mesmo, superar a meta de redução em emissões de GEE de 133 milhões a 166 milhões de toneladas de CO₂eq., previstas na lei da Política

Nacional sobre Mudança do Clima (Brasil, 2009). Tais metas foram ofertadas como compromisso internacional do Brasil à Convenção do Clima das Nações Unidas por meio do Acordo de Copenhague no qual propôs objetivos voluntários de redução de emissões para toda a economia e comprometeu-se a reduzir suas emissões de GEEs de 36,1% a 38,9% em relação ao que emitiria em 2020 se nada fosse feito. O governo brasileiro esperava inspirar as nações industrializadas a aumentar a ambição das próprias ações de corte de emissões. Para atingir o objetivo proposto, o País listou uma série de ações de mitigação (conhecidas como NAMAS, ou Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas) de CO₂ e outros gases, listadas na Tabela 3.

Tabela 3. Proposta brasileira de mitigação de emissões de GEEs

Ações de mitigação	2020 Ten- dencial	Amplitude da redução 2020 milhões T CO ₂ EQ		Proporção de redução (%)	
Uso da terra	1.084	669	669	24,7	24,7
Desmatamento na amazônia (80%)		564	564	20,9	20,9
Desmatamento no cerrado (40%)		104	104	3,9	3,9
Agropecuária	627	133	166	4,9	6,1
Recuperação de pastos		83	104	3,1	3,8
ILP, ILPF, SAF		18	22	0,7	0,8
Plantio direto		16	20	0,6	0,7
Fixação biológica de nitrogênio		16	20	0,6	0,7
Energia	901	166	207	6,1	7,7
Eficiência energética		12	15	0,4	0,6
Uso de biocombustíveis		48	60	1,8	2,2
Expansão de energia por hidroelétrica		79	99	2,9	3,7
Fontes alternativas		26	33	1,0	1,2
Siderurgia	92	8	10	0,3	0,4
Total	2.704	976	1.052	36,1	38,9

Fonte: Agricultura... (2013a, 2013b).

As metas de Copenhague ampliaram um esforço iniciado em 2008, quando o Brasil publicou seu Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que admitia adotar um compromisso de

mitigação reduzindo o desmatamento na Amazônia em 80%. As emissões da agropecuária brasileira, sem contar as provocadas pelo desmatamento, também eram significativas e chegavam a cerca de 30% do total nacional. Por isso, no fim de 2009, o País já tinha uma estratégia de ABC.

Em 2010, o governo federal disponibilizou uma linha de crédito para o Plano ABC, com foco em: (a) recuperação de pastagens degradadas; (b) sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); (c) sistema de plantio direto na palha (SPD); (d) substituição de fertilizantes nitrogenados pela fixação biológica do nitrogênio (FBN) na produção de leguminosas (como, por exemplo, a soja e o feijão), além de outras espécies; (e) plantio de florestas; e (f) uso de tecnologias para geração de energia e compostagem a partir do tratamento dos dejetos animais. Assim começou o Programa ABC, criado pelo Mapa como uma linha de crédito agrícola no BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), com juros mais atrativos do que os de mercado e que, em 2011, ganhou regras próprias de financiamento por meio de uma resolução do Banco Central. Ainda em 2011, o Plano ABC foi finalizado e oficialmente entregue à sociedade como política setorial de mitigação das mudanças climáticas.

O Plano ABC apresenta, além das proposições tecnológicas fundamentadas em estudos científicos, um componente de capacitação dos atores envolvidos, financiamento para pesquisas e, principalmente, a necessidade do monitoramento das atividades, tanto do ponto de vista financeiro, como do ponto de vista da eficiência na captura do carbono. Mas para ampliar a adoção das tecnologias do Plano ABC é fundamental que o país possa contar com técnicos capazes de levar a agricultura de baixa emissão de carbono até aos produtores rurais.

Tecnologias para agricultura de baixa emissão de carbono

Recuperação de pastagens degradadas

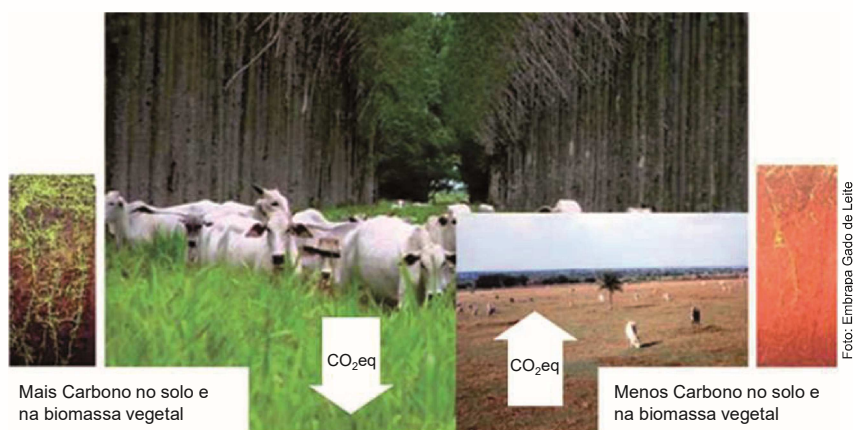
A degradação de pastagens é o processo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural para sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, assim como para superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras. Com o avanço do processo de degradação, verifica-se a perda de cobertura vegetal e a redução no teor de matéria orgânica do solo, o que causa a emissão de CO₂ para a atmosfera (Tabela 4). Com a recuperação das pastagens, via semeadura, adubação e manejo adequado, inverte-se o processo e o solo passa a acumular carbono reduzindo em pelo menos 60% a emissão de CO₂ no sistema de produção.

A quantidade de biomassa produzida cresce e, conseqüentemente, permite aumentar a quantidade de cabeças de gado por hectare (Figura 1). Hoje, no Brasil, a média da chamada capacidade de suporte de uma pastagem, em unidades animais (UA – medida-padrão, que corresponde a um animal de 450 kg), é 0,4 UA/ha. Num pasto recuperado, ela pode chegar a 1 UA/ha ou mais, o que aumenta a renda do produtor, diminui a pressão por mais terras para a pecuária e evita o desmatamento. Também diminuem a emissão de metano e o tempo até o abate.

Tabela 4. Emissões anuais de CO₂eq. por ganho de peso vivo até abate em 4 cenários de manejo.

Sistema Pastagem	Emissão de CO ₂ EQ/KG GPV				
	Ganho de peso (G/CAB/Dia)	Emissão de CH ₄	Emissão de N ₂ O (G)	Emissão de CO ₂	Emissão total GEE (kg)
1. Degradada – <i>Brachiaria decumbens</i>	137	26.880	4.086	1.355	32,3
2. Bom manejo sem N – <i>B. decumbens</i>	191	13.714	2.675	847	17,2
3. Consórcio – <i>B. decumbens</i> e <i>Stylosanthes guianensis</i>	364	7.226	1.921	684	9,8
4. Com 150 kg de N – <i>Panicum maximum</i>	904	2.036	470	698	3,2

Fonte: Agricultura... (2013a, 2013b).

**Figura 1.** Esquema de visualização do aumento de biomassa e de unidades animais por hectare.

A meta original do Plano ABC era induzir a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas em todo o País até 2020. No Brasil, isso pode representar, no fim do período, uma redução de emissões de mais de 100 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (CO₂eq.) (Tabela 5) uma vez que existem em torno de 60 milhões de hectares de pastos degradados. Assim, o potencial de mitigação é quatro vezes maior do que o contemplado no Plano ABC.

Tabela 5. Resumo das emissões em pastagens com e sem recuperação na proposta referente à Recuperação de Pastagens Degradadas.

Ano	Área implantada (milhões de ha)	Sem recuperação	Emissões	
			(milhares de T CO ₂ eq. Ano ⁻¹)	Redução
1	1,5	104.479,10	72.314,40	10.169,10
2	3	104.479,10	62.145,30	20.338,20
3	4,5	104.479,10	51.976,20	30.507,30
4	6	104.479,10	41.807,10	40.676,40
5	7,5	104.479,10	31.638,00	50.845,50
6	9	104.479,10	21.468,90	61.014,60
7	10,5	104.479,10	11.299,80	71.183,70
8	12	104.479,10	1.130,70	81.352,80
9	13,5	104.479,10	-9.038,40	91.521,90
10	15	104.479,10	-19.207,50	101.691,00

Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais (SAFs) são estratégias de produção sustentável que integram, na mesma área, atividades agrícolas, pecuárias e florestais, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionados contemplando Integração Lavoura-Pecuária (ILP), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Integração Pecuária-Floresta (IPF) e Integração Lavoura-Floresta (ILF).

O alto teor de matéria orgânica é um dos principais benefícios dos sistemas integrados, uma vez que melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Por outro lado, a adoção de um sistema de monocultura por alguns anos pode ocasionar a perda constante de matéria orgânica e comprometer a qualidade do solo (Figura 2). A adoção de sistemas ILPF promove fixação de carbono no solo pelo grande aporte de resíduos vegetais que produz.

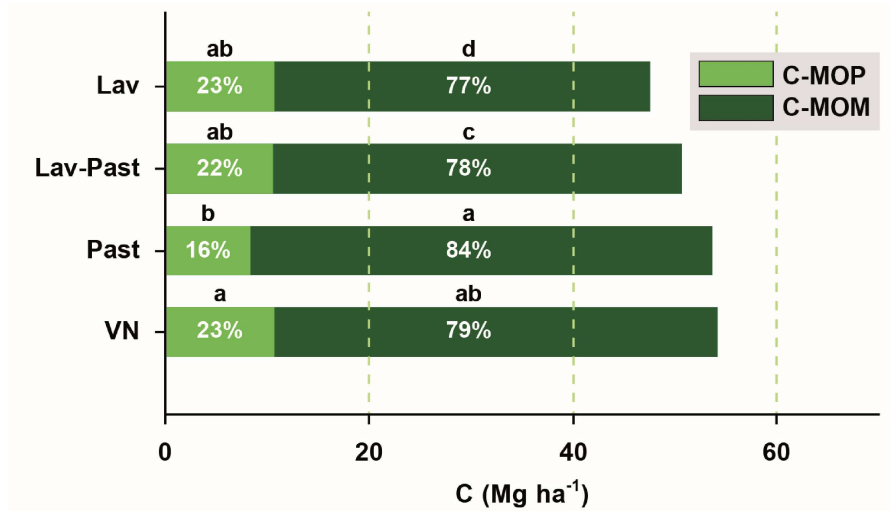


Figura 2. Estoques de carbono, na camada 0 a 20 cm do solo, nas frações associada aos minerais do solo (C-MOM) e na matéria orgânica particulada (C-MOP) e a proporção entre as duas frações em sistemas de manejo de lavoura (Lav), lavoura-pastagem (Lav-Past), pastagem (Past) e vegetação nativa (VN) em experimentos de longa duração. Letras iguais sobre as barras da mesma variável indicam semelhança a DMS 5%.

Fonte: Salton et al., (2005).

A meta do Plano ABC é promover a adoção da ILPF em 4 milhões de hectares. Isso corresponde a uma redução de emissões de 18 milhões a 28 milhões de toneladas de CO₂eq. ou mais. Com a adoção da ILPF e da recuperação de pastagens, tem-se o adicional de 0,6 UA/ha x 19 milhões de ha, o que seria 11,4 milhões de novas UA no sistema, ou o equivalente a 15,2 milhões de cabeças de gado. Se for mantida a mesma capacidade de suporte nos pastos degradados, para atingir 11,4 milhões de novas UA, seria necessário desmatar mais 28,5 milhões de hectares.

Sistema de Plantio Direto

A tecnologia do plantio direto consiste de um conjunto de práticas que visam conservar o solo e sua cobertura, evitando seu revolvimento excessivo, diferente do que ocorre no preparo tradicional do solo para o plantio que reduz os teores de matéria orgânica do solo, além de promover exposição e erosão. No sistema de plantio direto (SPD), o solo é revirado o mínimo possível. A cobertura de palha da safra anterior é mantida e o intervalo entre a colheita de uma safra e a semeadura da seguinte é reduzido ou eliminado, o que contribui para a conservação do solo e da água, aumento da eficiência da adubação, incremento do conteúdo de matéria orgânica do solo, redução do uso de agrotóxicos e do consumo de energia fóssil, já que a exigência de máquinas e implementos agrícolas é menor. Quando a meta do Plano ABC foi calculada, existiam no Brasil cerca de 25 milhões de hectares em plantio direto. O Plano propõe expandir o SPD atingindo uma área total de 33 milhões de hectares. Somente o incentivo para a adoção do SPD em 8 milhões de hectares adicionais (800 mil hectares/ano) representa mais 14,64 milhões de toneladas de CO₂eq. retiradas da atmosfera e retidas na matéria orgânica (Tabela 6).

Em 2011, segundo a FEBRAPDP (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2012), no Brasil já havia 31 milhões de hectares em SPD. No entanto é preciso adotar um SPD de qualidade, baseado na rotação de culturas e na cobertura permanente do solo, visando aumentar a retenção de matéria orgânica para produzir um acúmulo de carbono no solo de 500 kg/ha/ano (valor adotado para calcular as emissões evitadas por esse sistema no Plano ABC). É preciso um monitoramento criterioso da matéria orgânica nos solos para verificar o cumprimento do objetivo de mitigação.

Tabela 6. Redução das emissões (em milhões de T de CO₂eq. ano⁻¹) referente à adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) em 8 milhões de hectares.

Ano	Área implantada (milhões de ha)	Emissões (milhares de T CO ₂ eq. Ano ⁻¹) Sem SPD	
		Emissões sem SPD	Redução
1	0,8	18.696,00	10.169,10
2	1,6	17.232,00	20.338,20
3	2,4	51.976,20	30.507,30
4	3,2	41.807,10	40.676,40
5	4	31.638,00	50.845,50
6	4,8	21.468,90	61.014,60
7	5,6	11.299,80	71.183,70
8	6,4	1.130,70	81.352,80
9	7,2	-9.038,40	91.521,90
10	8	-19.207,50	101.691,00

Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é o processo pelo qual o N₂ atmosférico é capturado por bactérias e convertido em nutriente utilizável pelas plantas. O gás N₂ compõe 79% da atmosfera, mas é um tipo de N que não está diretamente disponível para as plantas. Bactérias do gênero *Rhizobium* ou *Azorhizobium*, que vivem em simbiose com a planta, habitando nódulos em suas raízes são capazes de capturar esse elemento.

A FBN pode suprir as necessidades de nitrogênio da planta, substituindo total ou parcialmente a adubação nitrogenada. O sucesso da soja no Brasil está relacionado ao processo de FBN que fornece todo o nitrogênio necessário à planta, mesmo para cultivares mais exigentes. Sua utilização resulta em uma economia anual com fertilizantes em torno de US\$ 7 bilhões. A inoculação de lavouras de feijão com bactérias também tem resultado em rendimentos duas vezes maior do que a média nacional, o que pode gerar uma economia anual de US\$ 500 milhões. A tecnologia também está desenvolvida para gramíneas

como o milho, o trigo e o arroz e está em fase de testes com a cana-de-açúcar e a braquiária, dentre outras.

A FBN é relevante na redução da emissão de GEEs relacionados à fabricação e ao uso de adubos químicos. Nas etapas de produção e transporte de adubos nitrogenados, as emissões de GEEs decorrentes do consumo de energia fóssil representam entre 40% e 50% das emissões totais pelo uso de fertilizantes nas lavouras. Em média, o uso de 1 kg de fertilizante nitrogenado emite o equivalente a 10 kg de CO₂.

Entre as metas do Programa ABC, está a de incrementar a FBN na produção de 5,5 milhões de hectares e reduzir a emissão de 10 milhões de toneladas de CO₂ equivalente até 2020. Considerando que a área plantada de soja no Brasil é de 22,7 milhões de hectares e que a meta para a redução de GEEs seria de incorporar essa tecnologia em mais 5,5 milhões de hectares, a redução da adubação nitrogenada viria principalmente do aumento da área com soja e da expansão da FBN para cana-de-açúcar e milho. O presente compromisso corresponde à redução do uso de fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, da emissão de N₂O. A projeção para a expansão da área de soja no País até 2020 permite atingir a meta estabelecida (Tabela 7).

Florestas plantadas

O compromisso de reflorestamento com espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* no Brasil é de 3 milhões de hectares. Assim, ao final de dez anos, o setor contribuiria para reduzir entre 8 e 10 milhões de T de CO₂eq. No Plano ABC, no primeiro momento, o que se pretende é reflorestar com *Pinus* e *Eucalyptus*. Em associação ao plano setorial de siderurgia, também previsto no

Decreto 7.390/2010, pretendem-se, até o ano de 2020, atingir 5 milhões de hectares em florestas plantadas, uma ampliação de 50% em relação à área plantada hoje.

Tabela 7. Parâmetros para o cálculo da redução das emissões (em milhões de T de CO₂eq. ano⁻¹) referente à fixação biológica de nitrogênio (FBN) em 5,5 milhões de hectares de soja.

Ano	Área implantada (milhões de ha)	Emissões (milhões de T CO ₂ eq. Ano ⁻¹)	
		Emissões sem inoculação	Redução de emissões
1	Investimento em pesquisa	-	-
2	Investimento em pesquisa	-	-
3	Investimento em pesquisa	-	-
4	Investimento em pesquisa	-	-
5	Investimento em pesquisa	-	-
6	1,1	18,08	2,02
7	2,2	16,06	4,04
8	3,3	14,04	6,06
9	4,4	12,02	8,08
10	5,5	10,00	10,00

Tratamento de dejetos animais

Os processos de biodigestão e compostagem já são conhecidos e proporcionam a redução de custos de produção, evitam o consumo de energia, insumos químicos e diminuem os riscos ambientais, reduzindo a emissão de GEEs e gerando energia por meio da produção de biogás.

O Plano ABC disponibilizou a agricultores, cooperativas e associações que trabalham na cadeia de suinocultura, bovinocultura e avicultura investimentos e infraestrutura adequados necessários para a adoção de tecnologias de tratamento de dejetos animais, viabilizando a redução da emissão de GEEs e gerando renda. A meta é o manejo de 4,39 milhões de m³ de dejetos até 2020, reduzindo emissões de até 6,9 milhões de T de CO₂eq.

Tabela 8. Parâmetros para o cálculo da redução das emissões (em milhões de T de CO₂eq. ano⁻¹) referente ao tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico.

Ano	Número de esta- belecimentos	M ³ de dejetos ano ⁻¹	M ³ de biogás ano ⁻¹	M ³ de CH ₄ ano ⁻¹	Redução em T CO ₂ eq ano ⁻¹
1	2245	4.396.728	81.779.141	49.067.484	690.380
2	2245	8.793.456	163.558.282	98.134.969	1.380.759
3	2245	13.190.184	245.337.422	147.202.453	2.071.139
4	2245	17.586.912	327.116.563	196.269.938	2.761.518
5	2245	21.983.640	408.895.704	245.337.422	3.451.898
6	2245	26.380.368,00	490.674.845,00	294.404.907	4.142.277
7	2245	30.777.096,00	572.453.986,00	343.472.391	4.832.657
8	2245	35.173.824,00	654.233.126,00	392.539.876	5.523.036
9	2245	39.570.552,00	736.012.267,00	441.607.360	6.213.416
10	2245	43.967.280,00	817.791.408,00	490.674.845	6.903.795

Referências

AGRICULTURA de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma: relatório completo. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, [2013a]. 192 p. il. color. Projeto Observatório ABC. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138507/1/abc-novoparadigma-completo.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

AGRICULTURA de baixa emissão de carbono: quem cumpre as decisões?: sumário executivo. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, [2013b]. 30 p. Projeto Observatório ABC.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. Impacts of global warnin in the Brazilian agroclimatic risk zoning. In: DIAS, P. L. da S.; RIBEIRO, W. C.; NUNES, L. H. **A contribution to**

understanding the regional impacts of global change in South America. São Paulo: University of São Paulo, 2007. p. 175-182.

BRASIL. Comitê Interministerial sobre Mudança no Clima. **Plano nacional sobre mudança do clima: PNMC:** Brasil. Brasília, DF, 2008. 129 p.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF, 29 dez. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 13 jul. 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa.** Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite.** Brasília, DF, 2011. 65 p.

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, 2012. 172 p.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 175-186, Sept. 2010.

DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. [Brasília, DF]: Embrapa; [Campinas]: Unicamp, 2008. 82 p.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Global overview of conservation agriculture adoption. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 4., 2009, New Delhi, India. **Proceedings...** New Delhi: Indian Council of Agricultural Research: ICAR, 2009. p. 429-438.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Evolução da área cultivada no sistema plantio direto na palha-1972/73 a 2011/2012**. 2012. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

FORUM CLIMA. **O desafio da harmonização das políticas públicas de mudanças climáticas**. São Paulo, 2012. 44 p.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**: Brasil, grande regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, 2006. 777 p.

LIMA, M. A. de; BOEIRA, R. C.; CASTRO, V. L. S. S. de; LIGO, M. A. V.; CABRAL, O. M. R.; VIEIRA, R. F.; LUIZ, A. J. B. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; GONZALEZ MIGUEZ, J. D. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 169-189.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do

século XXI. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 159 p. (Biodiversidade, 26).

METZ, B.; DAVIDSON, O.; CONINCK, H.; LOOS, M.; MEYER, L. (Ed.). **IPCC special report on carbon dioxide capture and storage**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M. CONCEIÇÃO, P. C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 29).

STERN, N. **Stern review: the economics of climate change**. London: HM Treasury, 2006.