

Capítulo 1

Agricultura de baixo carbono

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Resumo: Imagine caminhar por um campo onde cada escolha feita - da semente plantada ao alimento entregue - é meticulosamente planejada para reduzir as emissões de carbono e aumentar a sustentabilidade. Isso não é um sonho distante, mas uma necessidade urgente para o futuro do nosso planeta. Cadeias de suprimentos agrícolas de baixo carbono vão além da simples redução de emissões - elas representam uma reformulação completa do sistema para construir resiliência e sustentabilidade desde a base. A agricultura desempenha um papel significativo nas emissões globais de carbono. O setor é responsável por quase 25% de todas as emissões de gases de efeito estufa, sendo a maior parte proveniente do uso da terra, do metano da pecuária e do óxido nitroso dos fertilizantes. No entanto, apesar dos avanços tecnológicos e das práticas, muitas cadeias de suprimentos permanecem ineficientes e opacas, dificultando o rastreamento e a minimização eficazes das emissões de carbono. As cadeias de suprimentos agrícolas tradicionais são complexas e fragmentadas, o que frequentemente leva à falta de visibilidade e responsabilidade na gestão de carbono. Essa complexidade não apenas dificulta os esforços para reduzir as emissões, mas também cria desafios para o atendimento aos requisitos regulatórios e às expectativas dos consumidores em relação à sustentabilidade.

Palavras-chave: Agricultura regenerativa, Mudança climática, Gases do efeito estufa.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura de baixo carbono, também chamada de agricultura sustentável ou agricultura de baixa emissão de carbono, é um sistema agrícola que visa combater os efeitos deletérios das mudanças climáticas através da redução das emissões de carbono para a atmosfera e do aumento do sequestro desse elemento através de práticas agrícolas estratégicas. A agricultura de baixo carbono busca proteger e melhorar a qualidade dos recursos naturais, aumentar a biodiversidade e a produtividade agrícola, ao mesmo tempo em que avança em direção a um futuro mais sustentável.

Grande parte das emissões de gases do efeito estufa (GEE) vem do aumento progressivo no consumo de combustíveis fósseis, da intensificação do uso dos recursos naturais, dos processos produtivos e agrícolas não sustentáveis, do mau gerenciamento de resíduos, do desmatamento e das queimadas, causando mudanças climáticas no planeta. Essas mudanças são refletidas em temperaturas médias mais altas; eventos climáticos extremos como furacões, ciclones, tempestades, secas e inundações; alterações nos ecossistemas e na biodiversidade. As práticas da agricultura de baixo carbono são ajudadas a reverter esse quadro.

2. CONTRIBUIÇÃO DA AGRICULTURA PARA A MUDANÇA CLIMÁTICA

A agropecuária é uma das atividades humanas que mais contribuem para as mudanças climáticas no nosso planeta. Em 2023, essa atividade foi responsável por 74% da emissão de GEE para a atmosfera, chegando à cifra de 57,1 bilhões de emissões de dióxido de carbono (CO₂) (Pivetta, 2024).

Além das emissões de CO₂, a agropecuária emite quantidades significativas de outros GEEs como metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorcarbonetos (CFCs), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆), sendo a pecuária responsável por quase dois terços do total de CO₂, CH₄ e N₂O juntos. As emissões de N₂O, provenientes de fertilizantes sintéticos, pesticidas e herbicidas, contribuem com quase 13% do total de GEE emitidos, enquanto as emissões de CH₄, provenientes da produção global de arroz, são responsáveis por 10% do total.

Não houve, a nível mundial, muitas políticas eficazes para reduzir a emissão de GEE provenientes das atividades agropecuárias. Nesse contexto, os produtores agropecuários precisam começar a pensar em medidas efetivas para reduzir as contribuições que dão para as mudanças climáticas no planeta. Isso pode ser alcançado através de práticas agropecuárias sustentáveis. Em que pese a produção agrícola ser, sem dúvida, parte do problema climático, ela pode vir a ser parte da solução.

3. BENEFÍCIOS DA AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

3.1. SEQUESTRO DE CARBONO

A agricultura de baixo carbono desempenha um importante papel no sequestro do carbono atmosférico. O CO₂ é fixado e utilizado pelas culturas por meio da fotossíntese e armazenado como compostos orgânicos na biomassa de raízes, caules, folhas, flores, frutos, sementes e solos. As plantas cultivadas das áreas agrícolas retêm uma quantidade significativa do carbono mundial. Entretanto, são os solos o maior sumidouro terrestre de carbono do planeta, com uma ampla capacidade de sequestrar esse elemento, dependendo do clima, do tipo de solo, do tipo de cultivo ou da cobertura vegetal.

De acordo com Pomponi et al. (2020), as atividades agrícolas e florestais 12% do total das emissões de carbono dos setores de transporte, de energia e da indústria. No entanto, os agricultores e silvicultores poderiam aumentar esse patamar, introduzindo a agricultura regenerativa, aumentando a eficiência no uso da terra, otimizando a ciclagem de nutrientes, promovendo a biodiversidade e modernizando as práticas de cultivo e manejo do solo.

O sequestro de carbono beneficia inúmeras indústrias, que podem muito bem compensarem governos e corporações com o financiamento de projetos que promovam o desenvolvimento da agricultura de baixo carbono (Wu et al., 2023).

3.2. PROTEÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS E DO MEIO AMBIENTE

- Melhorando a estrutura e a vitalidade do solo, fica mais difícil ocorrer erosão, protegendo os cursos naturais de água e os ecossistemas nativos dos resíduos de agrotóxicos e fertilizantes solúveis;
- Diminuindo o uso de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, há uma proteção dos recursos hídricos acima (cursos naturais de água) e abaixo do solo (aquíferos naturais). Ocorre poluição dos aquíferos quando produtos de natureza química entram num sistema sem recarga. Dessa forma, deve-se haver um gerenciamento correto dos nutrientes que são supridos às plantas, porque, quando contaminados, os aquíferos ficam difíceis de correção;
- Ao melhorar a retenção de água e a drenagem do solo com sistemas de cultivo de baixa intensidade, como plantio direto e cultivo mínimo, há melhoria na sustentabilidade dos recursos naturais;
- Os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade natural podem ser melhorados por meio de práticas agrícolas que incluam diversificação de culturas (consórcio, rotação, sistemas agroflorestais e integração lavoura-pecuária-floresta), redução do uso de nutrientes (bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos), crescimento da comunidade microbiana do solo (adubação com esterco, compostos orgânicos, biofertilizantes e bokashis) e proteção do habitat da vida selvagem (florestamento e reflorestamento); e
- A qualidade do ar nas cidades circunvizinhas aos locais de produção agrícola pode ser significativamente melhorada quando os agricultores usam menos fertilizantes e agrotóxicos e utilizam biocombustíveis renováveis para a operação de veículos e máquinas ao invés de derivados do petróleo.

4. DESAFIOS PARA UMA AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

4.1. ADOÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO

Um dos maiores desafios da agricultura moderna é fazer com que agricultores, silvicultores e pecuaristas adotem e implementem estratégias de baixo carbono. Embora existam inúmeros benefícios em mudar para um sistema desse tipo, esses benefícios geralmente só se manifestam a longo prazo – tornando difícil convencer os produtores a mudar para sistemas atualizados de produção agropecuária.

Os governos podem ajudar agricultores, silvicultores e pecuaristas a garantir uma transição tranquila para um sistema de baixo carbono, oferecendo subsídios financeiros e tecnológicos que cubram as perdas iniciais desse período de mudança. Países de todo mundo se comprometeram a reduzir sua pegada de carbono e as emissões gerais de gases de efeito estufa através de acordos internacionais estabelecidos, como o Protocolo de Kyoto (1997) e o Acordo de Paris (2015). Uma das estratégias mais eficazes acordadas está a introdução do comércio de carbono. Embora o subsídio de indústrias que emitem grandes quantidades de carbono para a atmosfera seja indiscutivelmente uma tática bem-sucedida, os subsídios para levar o setor agropecuário ao mesmo fim ainda são tímidos.

A compensação na redução da produtividade agrícola nos primeiros anos de diversificação de cultivos e custos iniciais com tecnologias que diminuam a emissão de carbono para a atmosfera, deixam os agricultores menos hesitantes na mudança para um sistema de baixo carbono. Como a agricultura é responsável por menos de 20% das emissões globais de GEE, é mais do que sensato a introdução de subsídios no setor.

4.2. MONITORAMENTO DO PROGRESSO

É importante o desenvolvimento de técnicas de mensuração do aumento da produtividade agrícola, do nível de proteção dos recursos naturais e da quantidade de serviços ecossistêmicos gerais advindos da agricultura de baixo carbono. Embora tais benefícios sejam inegáveis, na maioria das vezes fica difícil monitorar o progresso de forma consistente, com tomada de variáveis e análises estatísticas, uma vez que a maioria dos benefícios da agricultura de baixo carbono só se manifesta à longo prazo.

5. OS QUATRO PILARES DA AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

5.1. MANEJO DE NUTRIENTES

O manejo dos nutrientes é uma prática essencial para agricultores, silvicultores e pecuaristas que buscam reduzir a pegada de carbono ou fazer a transição para um sistema de baixo carbono. Os nutrientes essenciais contribuem para o sequestro de carbono, aumentando a produção de biomassa e melhorando a relação carbono:nitrogênio (C:N) do solo. A melhor maneira de aumentar o sequestro de carbono nos sistemas agrícolas é com a utilização de insumos orgânicos, como cobertura morta, cobertura viva, compostos orgânicos e biofertilizantes. Esses insumos contêm os nutrientes que as plantas precisam numa proporção equilibrada. A utilização de fertilizantes minerais pode levar ao aumento da emissão de GEE, particularmente de N₂O.

Quando manejados corretamente, os nutrientes podem reduzir a decomposição geral de compostos de carbono estáveis do solo, aumentando a população microbiana e, conseqüentemente, a fixação de carbono atmosférico. O aumento da biomassa por meio de uma maior produtividade dos cultivos (parte aérea e sistema radicular) aumenta a resistência e a estabilidade dos solos, prevenindo a erosão, que arrasta cargas significativas de carbono nos sistemas naturais.

O sequestro de carbono pelo solo compensa quase 10% das emissões globais de GEE (Yadav et al., 2009). Entretanto, com o manejo adequado de nutrientes, esse valor pode aumentar significativamente, contribuindo para a sustentabilidade da agricultura.

5.2. MANEJO DE ANIMAIS

A pecuária é responsável por quase 15% das emissões globais de GEE. Dessa porcentagem, a pecuária de corte participa com quase 50% (Wiesner et al., 2022). A maior parte dessas emissões são provenientes das indústrias de rações, da digestão dos animais e dos estercos. Práticas pecuárias modernas e sustentáveis são alternativas que têm grande potencial para diminuir esses índices de emissões de GEE.

Destarte a pecuária ser uma atividade demasiadamente contribuinte para as emissões globais de GEE, são poucos os pecuaristas que sabem que poderiam muito bem usar os seus rebanhos para sequestrar carbono atmosférico, compensando os efeitos deletérios das emissões provenientes da criação dos seus animais.

Os pecuaristas podem restaurar a vitalidade e a produtividade do solo, transformar o pastoreio em um ecossistema equilibrado e melhorar a resiliência por meio de um manejo adequado. Uma das práticas consiste em implementar, manter e melhorar o sistema de tratamento de dejetos e resíduos oriundos da produção animal para geração de biofertilizante, biogás e energia elétrica. Além de aumentar a renda dos pecuaristas, tal prática ainda contribui para a redução de GEE e a sustentabilidade do sistema. Muitas outras práticas agrícolas contribuem para uma pecuária de baixo carbono: recuperação de pastagens degradadas, interação lavoura-pecuária-floresta (ILPF), sistema de plantio direto (SPD) e fixação biológica de nitrogênio (FBN).

5.3. MANEJO DO SOLO E DAS PASTAGENS

Quase 40% dos solos do mundo são utilizados para o cultivo de plantas, incluindo pastagens (Sims et al., 2014), o que faz da agricultura e da pecuária atividades fundamentais para atingir metas globais em relação ao sequestro de carbono da atmosfera. Durante anos, persistiu-se a ideia, entre os agricultores, que o preparo convencional do solo aumentaria a produtividade das culturas; melhoraria as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo; e traria benefícios ecossistêmicos. Entretanto, o plantio direto e o cultivo mínimo têm trazido mais benefícios ambientais ao solo à longo prazo (Law e Gallagher, 2018). O manejo do solo com cultivo conservacionista, ao minimizar a perturbação do solo, sequestra mais carbono.

A biomassa microbiana é um dos melhores indicadores da vitalidade, da estrutura e da retenção de nutrientes do solo. Quando os agricultores usam métodos convencionais de preparo do solo, as comunidades microbianas são destruídas e, com elas, os efeitos benéficos. Por outro lado, ao implementar culturas de cobertura em sistema de preparo conservacionista, os agricultores podem aumentar o carbono orgânico e melhorar a estrutura do solo, para conseqüentemente melhorarem a infiltração de água, a drenagem e a disponibilidade de nutrientes às plantas. Também há redução na erosão e na perda de carbono para a atmosfera.

5.4. ENERGIA RENOVÁVEL

A energia renovável desempenha um papel significativo na produção agrícola. Hoje, quase 40% dos agricultores do planeta utilizam biocombustíveis, energia solar, energia eólica e energia geotérmica para aprimorar suas operações e reduzir sua pegada de carbono (Hickel e Hallegatte, 2020). Com os avanços tecnológicos em alta no setor de energias

renováveis, os agricultores podem utilizar os recursos renováveis a preços acessíveis, e espera-se uma tendência de crescimento nos próximos anos (Kumar et al., 2023).

a) Biocombustíveis

Seja direta ou indiretamente, a maioria dos agricultores atua na produção de energia renovável. Cana-de-açúcar, soja, girassol, milho e babaçu são algumas das culturas utilizadas na produção de biocombustíveis, reduzindo o uso global de combustíveis fósseis. Agricultores, silvicultores e pecuaristas que utilizam biocombustíveis estão contribuindo para a redução da pegada de carbono.

b) Energia Solar

Os produtores rurais podem utilizar energia solar em diversas operações como, por exemplo, em iluminação, carregamento de baterias, bombeamento de água, acionamento de pequenos motores e alimentação de cercas elétricas. A pecuária também é uma atividade em que a utilização da energia solar traz muitos benefícios. A bovinocultura leiteira, por exemplo, usa uma quantidade muito significativa de energia no resfriamento do leite e na esterilização de equipamentos. Ao usar sistemas solares ao invés de combustíveis fósseis, os produtores de laticínios têm em mão uma ferramenta para reduzir substancialmente o consumo de energias não renováveis.

c) Energia Eólica

A energia eólica é extremamente útil nas operações agrícolas em locais com boa disponibilidade de ventos. No passado, as turbinas eólicas eram extremamente onerosas, limitando a instalação nas áreas de pequenos produtores. Entretanto, esse quadro vem mudando. Hoje em dia, pequenas turbinas eólicas são uma opção vantajosa para as operações agrícolas de pequenas propriedades, variando em tamanho para atender às necessidades específicas de cada unidade agrícola. À medida que a tecnologia e a inovação avançam, podemos esperar maior número de agricultores utilizando energia eólica – com o fito de, eventualmente, se tornarem totalmente autossuficientes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquanto algumas operações agrícolas da produção convencional de alimentos, fibras e energia podem contribuir para o aumento dos GEE na atmosfera, a própria agricultura tem potencial para reverter tal processo, se feita em moldes ecológicos. Operações como adubação orgânica, adubação verde, plantio direto, cultivo mínimo, associação e rotação de culturas contribuem para o aumento do sequestro de carbono pelo solo. Nessa perspectiva, instituições de pesquisa devem focar em práticas com impacto mínimo ao meio ambiente, ajudando no desenho de sistemas sustentáveis de produção agropecuária. Agricultura orgânica, agricultura biológica, agricultura natural, agricultura biodinâmica, agricultura sintrópica, integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta são exemplos de sistemas de baixo carbono.

REFERÊNCIAS

- [1] HICKEL, J.; HALLEGATTE, S. Can we live within environmental limits and still reduce poverty? Degrowth or decoupling? **Climate Change Policy and Economics**, v. 40, e12584, 2020.
- [2] KUMAR, C. M. S.; SINGH, S.; GUPTA, M. K.; NIMDEO, Y. M.; RAUSHAN, R.; DEORANKAR, A. V.; KUMAR, T. M. A.; ROUT, P. K.; CHANOTIYA, C. S.; PAKHALE, V. D.; NANNAWARE, A. D. Solar energy: A promising renewable source for meeting energy demand in Indian agriculture applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 55, e102905, 2023.
- [3] LAW, J. J.; GALLAGHER, R. S. Seed distribution and invertebrate seed predation in no-till and minimum-till maize systems. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 6, p. 2488-2495, 2018.
- [4] PIVETTA, M. Produção de gases de efeito estufa cresce 1,3% no mundo, mas cai 12% no Brasil. **Pesquisa Fapesp**, ed. 346, 2024. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/producao-de-gases-de-efeito-estufa-cresce-13-no-mundo-mas-cai-12-no-brasil/>. Acesso em: 14 de junho de 2025.
- [5] POMPONI, F.; HART, J.; AREHART, J. H.; D'AMICO, B. Buildings as a global carbon sink? A reality check on feasibility limits. **One Earth**, v. 3, p. 157-161.
- [6] SIMS, J. T.; MA, L.; OENEMA, O.; DOU, Z.; ZHANG, F. S. Advances and challenges for nutrient management in China in the 21st century. *Journal of Environmental Quality*, v. 42, p. 947-950, 2014.
- [7] WIESNER, S.; DESAI, A. R.; DUFF, A. J.; METZGER, S.; STOY, P. C. Quantifying the natural climate solution potential of agricultural systems by combining Eddy covariance and remote sensing. *JGR Biogeosciences*, v. 127, e2022JG006895, 2022.
- [8] WU, X.; LÜ, Y.; ZHANG, J.; LU, N.; JIANG, W.; FU, B. Adapting ecosystem restoration for sustainable development in a changing world. **The Innovation**, v. 4, n. 1, e100375.
- [9] YADAV, V.; MALANSON, G. P.; BEKELE, E.; LANT, C. Modeling watershed-scale sequestration of soil organic carbon for carbon credit programs. **Applied Geography**, v. 29, n. 4, p. 488-500, 2009.