

Da terra para o ar

Solos dedicados à agropecuária liberaram 1,4 bilhão de toneladas de carbono para a atmosfera nas últimas décadas no Brasil

MARCOS PIVETTA



A conversão de áreas de vegetação nativa em lavouras ou pastos no Brasil nas últimas décadas retornou à atmosfera 1,4 bilhão de toneladas de carbono que estavam armazenadas nas camadas de solo com até 30 centímetros (cm) de profundidade. A quantidade corresponde a ter despejado no ar, ao longo do período, 5,2 bilhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), principal gás do efeito estufa, que esquentam o clima global. Isso significa que essas camadas superficiais dos solos liberaram uma quantidade de carbono equivalente a pelo menos dois anos do total de emissões que ocorrem atualmente no país, levando-se em conta todos os processos e atividades envolvidos na produção de gases do efeito estufa.

Esses números fazem parte das principais conclusões de um amplo estudo nacional, coordenado por pesquisadores da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), publicado no final de janeiro de 2026 na revista científica *Nature Communications*. O artigo compilou e analisou dados de 272 trabalhos publicados nos últimos 30 anos e usou informações de 4.290 amostras de solo provenientes dos

seis biomas nacionais mantidas em um banco de dados. O valor calculado da emissão não inclui o carbono que volta para o ar devido à supressão da vegetação em si, que estava acima do solo. Ele abrange apenas a matéria orgânica com carbono (raízes mortas, restos de plantas e animais) acumulada nas camadas superficiais do solo.

Mais do que quantificar a perda de carbono do solo devido à conversão no uso da terra, o estudo indica o impacto de diferentes formas de exploração agropecuária. “A implementação de atividades agropecuárias em áreas que antes eram cobertas por vegetação nativa sempre faz o solo perder algum carbono”, explica o engenheiro ambiental João Villela, que faz estágio de pós-doutorado na Esalq e é o primeiro autor do estudo. “Mas algumas práticas levam a uma maior liberação desse elemento do que outras.”

Um dos objetivos do trabalho era determinar o peso de cada modalidade de uso da terra sobre a pegada de carbono deixada pelo solo nas grandes categorias de paisagens vegetais do país. Dessa forma, com base em dados obtidos em campo, é possível escolher por abordagens agrícolas que minimizem a perda de carbono ou até estimulem um leve aumento de retenção desse elemento (ver Pesquisa FAPESP nº 343).

Lavoura de soja em Rondonópolis, Mato Grosso: monocultura é a prática agrícola que mais provoca perda de carbono no solo

Mata Atlântica é o bioma brasileiro que mais tem carbono no solo por hectare

A monocultura é a modalidade agrícola que mais reduz o carbono no solo, seguida das formas tradicionais de preparo da terra para plantio, ambas com uma diminuição acima de 20%, de acordo com o artigo. Ao revolver o solo com arado e outros instrumentos para moldar a área de cultivo, o trabalho convencional de preparo da terra acaba favorecendo a liberação de parte do carbono retido abaixo da superfície. Não por acaso o plantio direto, que dispensa a aragem, libera para a atmosfera apenas metade do carbono no solo, que é emitido pela adoção da maneira usual de preparar a terra.

Os sistemas de agricultura integrada, que podem promover concomitantemente o plantio de culturas e a adoção da pecuária e da silvicultura numa área, são os que menos liberam o carbono do solo. Em relação a 1 hectare com vegetação nativa, o solo de áreas manejadas dessa forma apresenta uma redução de 8,6% em seu total de carbono. A adoção da rotação ou consorciação de culturas e até mesmo da pecuária em certos contextos é outra estratégia que minimiza as perdas de carbono no solo (*ver quadro abaixo*).

A liberação de carbono no solo pode mudar muito também em função do bioma em que ocorre a conversão de uma área de vegetação nativa para outras atividades. Quando a agropecuária se instala em uma antiga parcela de floresta da Mata Atlântica, o montante de carbono liberado para a atmosfera por hectare de solo desmatado é mais do que o dobro do que ocorre no Pantanal. A explicação para essa diferença é simples: a Mata Atlântica é o bioma nacional que, proporcionalmente, apresenta a maior quantidade de

carbono armazenado até 30 cm de profundidade do solo; o Pantanal é o que tem menos.

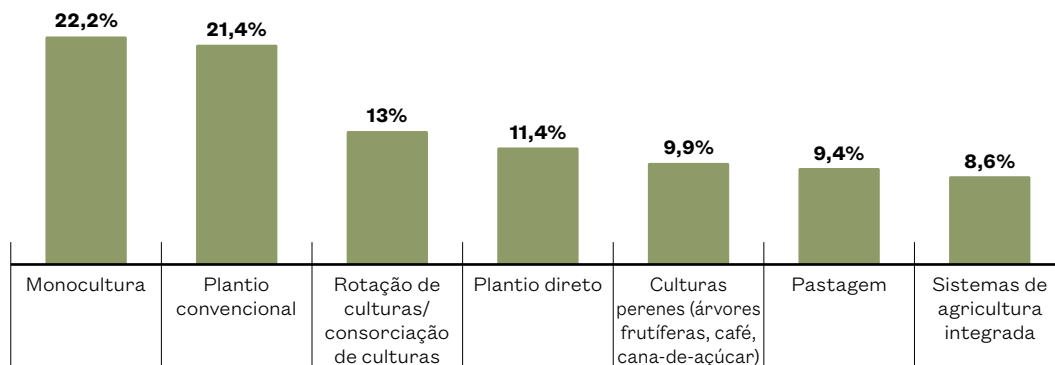
Segundo o estudo, na Mata Atlântica a troca da vegetação nativa pela monocultura diminui em 33% o montante desse elemento estocado nas camadas de até 30 cm de profundidade. No Pampa, a redução do valor é quase a mesma, 32,1%. Na Caatinga, é de 22,7%; na Amazônia, 17,4%; no Cerrado, 15,8%. Essa informação não existe para o Pantanal, onde não há dados representativos sobre áreas de monocultura, mas sim de pastagens para a pecuária. A título de comparação, a perda média de carbono no solo causada pela adoção da monocultura em todos os solos do país, independentemente do bioma, é de 22,2%.

A dificuldade de medir o carbono no solo tende a ser maior do que o que fica armazenado na própria vegetação, acima da superfície. Não é possível, por exemplo, estimar por satélite quanto há desse elemento nas camadas de terra. É preciso analisar amostras de solo de cada região, proveniente de diferentes formas de exploração econômica (monocultura, pecuária, sistemas integrados).

“O carbono no solo é dinâmico e derivado de uma série de interações que ocorrem com as plantas, animais e a atmosfera”, comenta o

A pegada da agropecuária

A conversão de uma área com vegetação nativa diminui a quantidade de carbono no solo. Veja quanto é a redução de acordo com as formas de cultivo ou pastagem



FONTE: VILLELA, J. M. ET AL. NATURE COMMUNICATIONS. 2026

Abaixo das veredas

Solo de vegetação de áreas úmidas do Cerrado tem 1.200 toneladas de carbono por hectare

Fisionomia típica de áreas do Cerrado, marcadas por vegetação arbustivo-herbácea e solos saturados de água e de matéria orgânica, as veredas e os campos úmidos armazenam um enorme estoque de carbono abaixo da superfície. Estudo de pesquisadores brasileiros e do exterior, aceito para publicação no periódico *New Phytologist*, estima que a camada de solo dessas formações, que pode chegar a 4 metros de profundidade, abriga 1.200 toneladas de carbono por hectare. “É cerca de oito vezes mais carbono por hectare do que o encontrado na biomassa aérea da floresta amazônica”, compara a bióloga Larissa Verona, autora principal do estudo, que defendeu em 2024 dissertação de mestrado sobre o tema no Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (IB-Unicamp) financiado por bolsa da FAPESP.

As veredas, imortalizadas na obra mais conhecida do escritor João Guimarães Rosa (1908-1967), são um tipo de turfeira, um ecossistema de áreas alagadiças



Área de veredas no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, no nordeste de Goiás

e pantanosas rico em carbono que, devido às condições locais com pouco oxigênio, decompõe muito lentamente a matéria orgânica ali depositada. Cerca de 3% das superfícies terrestres globais abrigam turfeiras, a maioria em zonas de clima frio e boreal do hemisfério Norte. Elas armazenam mais de 30% de todo o carbono dos solos do planeta.

Verona e seus colaboradores analisaram amostras de solo de veredas e campos úmidos em sete pontos do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, no nordeste de Goiás. Segundo o estudo, o carbono

no solo desses locais tem se acumulado durante os últimos 20 mil anos. A extensão das veredas e dos campos úmidos no Cerrado chega a 16,7 milhões de hectares, cerca de dois terços da área do estado de São Paulo. “Esses ecossistemas são altamente vulneráveis às mudanças climáticas e a alterações no uso da terra”, comenta a bióloga. O avanço da agropecuária sobre áreas de vegetação nativa, o aumento da temperatura e a redução de chuvas tendem a elevar as emissões de carbono provenientes dos solos de turfeira, como as veredas, segundo os pesquisadores.

engenheiro-agrônomo Carlos Eduardo Cerri, coordenador do trabalho e do Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical (CCarbon-USP), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) apoiados pela FAPESP. “Sua quantidade e estabilidade são condicionadas a vários fatores, como o tipo de vegetação, a textura, atributos físicos e químicos do solo, a diversidade e a atividade dos organismos ali presentes, o tempo de decomposição do material orgânico aportado e as características do clima, sobretudo temperatura e precipitação.”

“Há poucos anos, o carbono no solo passou a ser estudado de forma mais sistemática no Brasil”, diz o engenheiro-agrônomo Alessandro Samuel-Rosa, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), um dos coordenadores

do MapBiomass Solo, que não participou do estudo dos colegas da USP. A iniciativa é promovida por uma rede de 70 entidades de pesquisa da sociedade civil, universidades e empresas de tecnologia e teve início em 2023. Um dos principais objetivos da empreitada é a produção anual de mapas com a distribuição de carbono no solo em todo o território nacional. Segundo estimativas do projeto, havia em 2024 cerca de 37,5 bilhões de toneladas de carbono orgânico estocadas nas camadas com até 30 cm de profundidade dos solos do país. “Em média, cada hectare tinha 44,1 toneladas de carbono no solo”, informa Samuel-Rosa. ●

O projeto e o artigo científico consultados para esta reportagem estão listados na versão on-line.