

# Potencial de estoque e sequestro de carbono orgânico no solo sob pastagens no Brasil

## Potential stock and organic carbon sequestration in the soil under pasture in Brazil

Giovanna I. Bom de MEDEIROS [1](#); Thiago José FLORINDO [2](#); Clandio Favarini RUVIARO [3](#)

Recibido: 03/09/16 • Aprobado: 26/09/2016

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
  - [2. Revisão bibliográfica](#)
  - [3. Metodologia](#)
  - [4. Resultados e discussão](#)
  - [5. Considerações finais](#)
- [Referências](#)

#### RESUMO:

Por meio de uma revisão de literatura, esse artigo analisou as publicações sobre estoque e sequestro de carbono por pastagens, em diferentes condições de manejo e sistemas de produção, nos variados biomas existentes no Brasil. Os resultados apontam a carência de estudos em importantes regiões produtoras do país. Em relação aos resultados dos trabalhos analisados, destaca-se que a melhora do manejo em sistemas com pastagens, por meio de práticas como adubação, irrigação e rotação de culturas, ocasionaram aumento no potencial de estoque e sequestro de carbono, e em alguns casos, até mesmo com resultados melhores em comparação a vegetação nativa.

**Palavras-chave:** Gases do efeito estufa; mitigação; pecuária.

#### ABSTRACT:

Through a literature review, this article analyzed the publications on stock and carbon sequestration by grasslands in different conditions of management and production systems in different existing biomes in Brazil. The results show the lack of studies in major producing regions. About the results of the studies analyzed, it is emphasized that the improved management systems with pastures, through practices such as fertilization, irrigation and crop rotation, led to increased potential for stock and carbon sequestration, and in some cases, even better results compared to native vegetation.

**Keywords:** Greenhouse gases, mitigation, livestock.

## 1. Introdução

A mudança climática é o maior desafio ambiental que a humanidade tem de enfrentar e que está ameaçando o bem-estar das próximas gerações, ao mesmo tempo em que a fome ainda é

um problema persistente, que afeta mais de 900 milhões de pessoas em todo o mundo (GERBER et al., 2013). Atualmente, 24% das emissões de gases do efeito estufa (GEE) provêm do setor econômico AFOLU (Agriculture, Forestry, and Other Land Use), o qual desempenha papel central para a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável (IPCC, 2014). Ademais, do total das emissões de GEE do ano de 2014, 14% foram originados apenas da agricultura (IPCC, 2014).

O Brasil possui papel de destaque no setor agropecuário, liderando a produção e exportação de vários produtos e, de acordo com as projeções, até 2030, um terço dos produtos comercializados no mundo será originário do país (BRASIL, 2014). O aumento da demanda por alimentos e a evolução tecnológica incentivaram a expansão da fronteira agrícola, com atividades realizadas de maneira intensificada, independente e dissociada, entretanto, esse modelo de produção dominante no mundo tem mostrado sinais de saturação, em função da elevada necessidade por energia e recursos naturais que o caracteriza (BALBINO et al., 2011).

A preocupação quanto às consequências ambientais da produção agrícola gera a necessidade de novos conhecimentos sobre os impactos dessa atividade, para torná-los aceitáveis segundo os critérios de sustentabilidade (RUVIARO et al., 2012). Mesmo porque, os impactos negativos atribuídos à agricultura podem refletir negativamente para o próprio setor, devido a sua dependência das condições climáticas. Por isso a necessidade de ações de mitigação, cujo objetivo é o de refrear as alterações no clima por meio da intervenção humana, seja para reduzir ou evitar as emissões de gases do efeito estufa (IPCC, 2014).

Dentre as principais estratégias para a redução, estão a diminuição da queima de combustíveis fósseis, a minimização de desmatamentos e queimadas, o manejo adequado do solo e a maximização do sequestro de carbono no solo (BALBINO et al., 2011). Carvalho et al. (2010) destacam que mudanças no manejo e uso do solo podem resultar tanto efeito negativo como positivo no que se refere à emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. Assim, o estudo do impacto da adoção de diferentes sistemas de manejo é essencial na definição de melhores estratégias de uso do solo (RANGEL e SILVA, 2007).

Segundo Gerber et al. (2013), particularmente as regiões subdesenvolvidas, que são populosas e dependem diretamente das pastagens, a implementação de práticas para conservar e expandir os estoques de carbono constitui benefícios de mitigação, adaptação e desenvolvimento. Contudo, a discussão sobre o sequestro de carbono em pastagens está aquém do contexto da agricultura, silvicultura e florestas.

Nesse sentido, o objetivo deste artigo é realizar um levantamento na literatura científica sobre os estudos que avaliaram a capacidade do solo em promover o estoque e o sequestro de carbono orgânico em pastagens no Brasil, sob diferentes condições geológicas, climáticas e de produção.

---

## 2. Revisão bibliográfica

O ciclo do carbono é constituído pela interação de cinco compartimentos principais que o armazenam: oceânico, geológico, pedológico (solo), biótico (biomassa vegetal e animal) e atmosférico (LAL, 2004a). Dentre esses compartimentos, os oceanos abrigam as maiores reservas, mas no ecossistema terrestre, o acúmulo da substância ocorre predominantemente no solo, especialmente nas regiões de baixa temperatura e nas pradarias e campos das regiões temperadas (PEDRO, 2005).

Em ecossistemas não perturbados, a absorção de carbono por meio de fotossíntese excede as perdas de respiração e o balanço desse ciclo tende a ser positivo (GERBER et al., 2013). De modo semelhante, esses processos atuam sobre o balanço de carbono em pastagens, nos quais a biomassa, em sua maioria herbácea, representa um reservatório transitório em comparação a sistemas florestais, evidenciando o solo como o estoque de carbono dominante.

O reservatório pedológico é composto pela substância em sua forma inorgânica e orgânica, sendo esta última presente em maior proporção (LAL, 2004a). Contudo, a conversão do uso do

solo de ecossistemas naturais em agrícolas afeta a concentração e armazenamento de carbono orgânico do solo, dependendo da intensidade e profundidade da lavoura, tipo de solo, clima, dentre outros fatores (ZINN *et al.*, 2004).

O nível de carbono é essencial para melhorar a estrutura do solo e por consequência aumentar o rendimento das culturas, tornando-se necessário para um sistema agrícola sustentável (CERRI *et al.*, 2004; LAL, 2004b).

Ao contrário do carbono fóssil, as reservas de carbono do solo não são permanentes, podendo, em curto ou longo prazo, serem alteradas por meio de emissões para a atmosfera (PEDRO, 2005). Perturbações, tais como incêndios, secas, doenças ou consumo excessivo de forragem por pastagem, podem gerar perdas substanciais de carbono do solo e da vegetação (GERBER *et al.*, 2013).

Apesar de o compartimento atmosférico ser o que apresenta a menor quantidade de carbono armazenado, isso não diminui sua importância, considerando seus efeitos em um cenário de mudanças climáticas (LAL, 2004a). Desse modo, o solo, enquanto um importante compartimento de carbono exerce papel fundamental sobre a emissão de gases do efeito estufa e suas consequências (CARVALHO *et al.*, 2010).

A emissão de CO<sub>2</sub> do solo para a atmosfera ocorre principalmente pelos processos biológicos de decomposição de resíduos orgânicos e de respiração de organismos e sistema radicular das plantas (CARVALHO *et al.*, 2010). Esse efeito tem como condicionantes a temperatura do solo e da atmosfera, assim como a umidade do solo (DUIKER e LAL, 2000).

A temperatura do solo é o fator determinante de taxa primária de processos microbianos, por isso, um aumento dessa variável corresponde a uma taxa de mineralização maior, gerando uma diminuição do estoque de carbono (LAL, 2004a). Por outro lado, esse processo encontra maior resistência em ambientes de temperatura inferiores (DALIAS *et al.*, 2001). O declínio da reserva de carbono tem um efeito adverso sobre a estrutura do solo, podendo ocasionar o aumento da susceptibilidade à formação de crostas, compactação, escoamento superficial e erosão (LAL, 2004a).

Perturbações antrópicas podem agravar a emissão de gás carbônico pelo solo, como o desmatamento, queima de biomassa, aração, drenagem de zonas úmidas, agricultura extensiva ou itinerante (LAL, 2004a). Como exemplo, a mobilização do solo, quando realizada com frequência, gera um incremento da oxidação biológica do carbono orgânico em dióxido de carbono, resultando em um aumento da concentração desse gás na atmosfera (REICOSKY *et al.*, 1999).

O uso e manejo inadequado do solo, além de contribuir para o efeito estufa, geram impactos negativos à sua sustentabilidade por conta da degradação da matéria orgânica, prejudicando seus atributos físicos e químicos, bem como sua biodiversidade (CARVALHO *et al.*, 2010). Por outro lado, mudanças nas práticas de manejo, que visam à manutenção ou até mesmo o acúmulo de carbono no solo, podem atenuar os efeitos do aquecimento global (GERBER *et al.*, 2013).

Em um solo sob vegetação natural, o estoque de carbono é determinado pelo balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização (SCHOLES *et al.*, 1997), cujos processos já foram mencionados.

Já o sequestro de carbono é definido como a remoção de gás carbônico da atmosfera pelas plantas e o seu armazenamento como matéria orgânica do solo (LAL, 2004a). Essa fixação deve impedir que esse seja devolvido imediatamente, por meio de uma gestão criteriosa de práticas recomendadas; já que agricultura envolve a manipulação antropogênica de carbono através da captação, fixação, emissão e transferência entre as diferentes reservas (LAL, 2008b).

O sequestro de carbono pelo solo ocorre por meio de três principais processos, sendo eles, a humificação, agregação e sedimentação; ao passo que os processos responsáveis pelas emissões são aerossol, decomposição, volatilização e lixiviação (PEDRO, 2005). Dentre as

ações que influenciam na retenção e captação de CO<sub>2</sub>, Gerber et al., 2013 cita práticas de gestão que propiciam conjuntamente o aumento da produtividade do sistema. Dentre elas estão: o manejo do pastejo; a semeadura de espécies mais adaptadas ao ambiente; a utilização de irrigação, fertilizantes e matéria orgânica, para melhorar os saldos de água e nitrogênio; restauração de áreas degradadas; e a integração de gramíneas em rotação de culturas, para reduzir a perturbação do solo.

De modo geral, a taxa de sequestro irá variar de acordo com a adoção de tecnologias, assim como dependerá da textura e estrutura do solo, precipitação, temperatura, sistema de produção, e manejo do solo (LAL, 2004b).

Vários autores procuraram identificar variações nas taxas de estoque e de sequestro de carbono em diferentes contextos no Brasil. A eficiência do sistema produtivo é ordenadamente superior em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e plantio direto (PD), em relação ao convencional (AMADO *et al.*, 2001; BAYER *et al.*, 2004; CERRI *et al.*, 2004; LOSS *et al.*, 2010; BALBINO *et al.*, 2011; LOSS *et al.*, 2011).

Por conta do interesse em se conhecer o potencial de captura e armazenamento do carbono nos diferentes sistemas de uso do solo, tornou-se necessária a sua quantificação em distintas frações da matéria orgânica do solo (LOSS *et al.*, 2010).

A mensuração é feita em base volumétrica para uma determinada profundidade do solo e geralmente é expressa em Mg C hectare<sup>-1</sup>, sendo que 1 megagrama equivale a 1 tonelada métrica (PEDRO, 2005).

Segundo a LAL (2004b), os métodos de análise estão bem estabelecidos e podem ser facilmente aplicados com alta precisão. No entanto, a variedade de fatores que influenciam na reserva de carbono resulta em uma heterogeneidade que torna difícil quantificar as variações nos estoques ao longo do tempo. Soma-se a isso, a lentidão das alterações nos estoques de matéria orgânica e os curtos períodos dos experimentos (BAYER *et al.*, 2000).

Especialmente no Brasil, devido sua diversidade agrícola, estimativas precisas sobre mudanças no sequestro de carbono podem ser um importante recurso para um melhor ordenamento do território, assim como para a avaliação das emissões, sob a ótica econômica, política e ambiental (ZINN *et al.*, 2004).

---

### **3. Metodologia**

Essa pesquisa foi realizada por meio de uma revisão de literatura sobre artigos publicados que avaliassem o estoque de carbono orgânico total (COT) em pastagens, entre os anos de 2004 a 2014 no Brasil. Para tal, foram utilizados os mecanismos de busca da Web of Science e Periódicos Capes. Somente foram incluídos aqueles que continham dados que permitissem a análise.

Os artigos foram classificados em três grupos de acordo com o tipo do estudo realizado, sendo: Comparação de estoques de COT em diferentes sistemas de produção, comparação de estoques de COT entre pastagens e vegetação nativa e avaliação de estoques de COT em apenas um sistema de produção.

Posteriormente, os grupos foram analisados em tabelas separadas, ordenados a partir das publicações mais recentes, apresentando dados dos estudos realizados em relação ao bioma, Unidade Federativa, título, principais resultados, ano e autores.

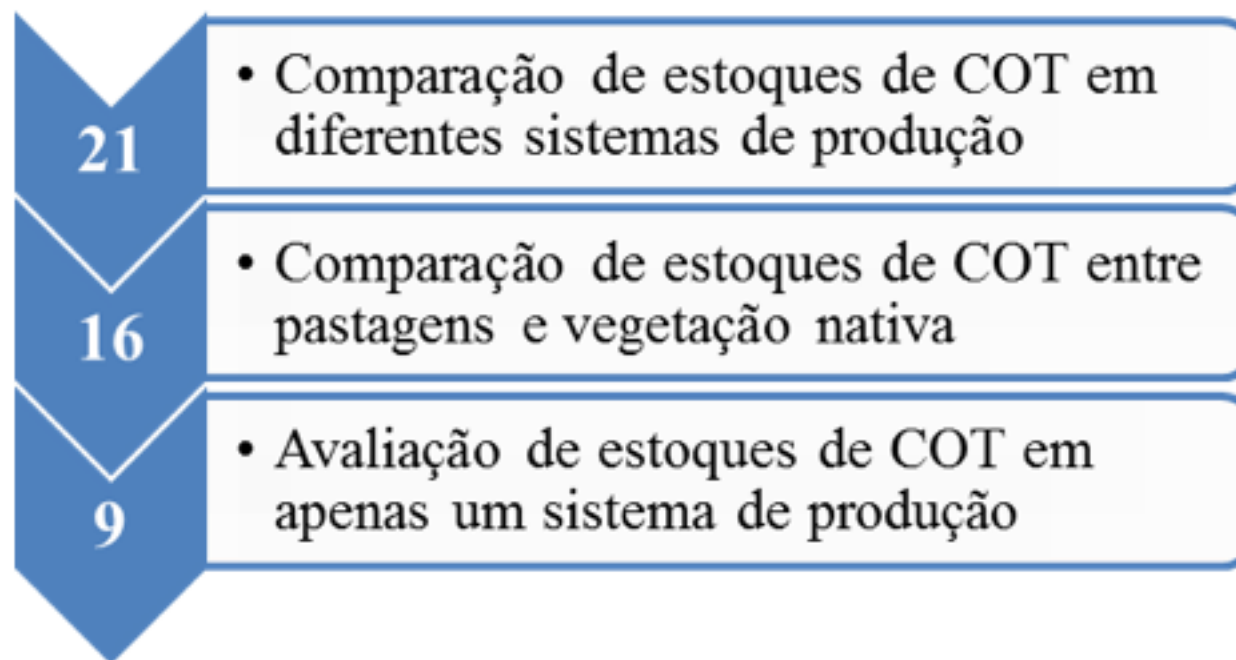
---

### **4. Resultados e discussão**

A pesquisa bibliográfica constatou uma grande diversidade quanto ao desenvolvimento e conclusões dos estudos avaliados, condicionada a grande variedade de fatores da agricultura brasileira que impactam nos sistemas de produção, como aspectos tecnológicos, climáticos e características biofísicas dos solos. De acordo com o levantamento realizado, 46 artigos quantificaram o estoque de carbono total (COT) em pastagens entre os anos de 2004 a 2014,

os quais foram classificados de acordo com seu objetivo (Figura 1).

As diferentes características das regiões brasileiras proporcionam uma grande diversidade entre os sistemas de produção, que permitem uma maior adequação a cada região, principalmente quanto à produtividade e custo de produção. Nesse contexto, 21 estudos fizeram comparações em diferentes sistemas produtivos praticados na mesma região, evidenciando os sistemas com maior potencial de agregação de COT no solo. Dentre esses sistemas, destacam-se os consórcios de ILP e ILPF.



**Figura 1:** Fluxograma referente à classificação dos artigos analisados.

**Fonte:** Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

As Tabelas 1, 2 e 3 classificam os artigos de acordo com o objetivo do estudo, apresentam dados sobre a Unidade Federativa e bioma no qual foram realizados, título, tipo de pastagem avaliada, conclusão, ano de publicação e seus respectivos autores. Em sua maioria, os estudos realizados em apenas um sistema de produção, utilizaram outros métodos de análise paralelamente ao cálculo do COT, evidenciando características químicas, físicas e biológicas dos solos analisados.

Tabela 1: Comparação de estoques de COT em diferentes sistemas de produção

UF	Bioma	Título	Pastagem avaliada	Conclusão	Ano	Autores
MS	Cerrado	Physical quality of an oxisol under na integrated crop-livestock-forest system in the brazilian cerrado	Brachiara brizantha cv piatã	A mudança de uso do solo a partir da vegetação nativa para ILP ou ILPF diminuiu o carbono orgânico e o estoque de carbono orgânico no solo.	2014	De Sousa Neto <i>et al.</i>
MS	Mata atlântica	Stocks of carbon, total nitrogen and humic substances in soil under different cropping systems	Brachiaria decumbens	A substituição do sistema SPD pelo SPC resultou em perdas no COT e C das substancias húmicas no solo em apenas três anos de adoção, principalmente na profundidade de 0-10 cm, todavia, quando substituído pelo	2013	Ramos <i>et al.</i>

				eucalipto proporcionou aumento do estoque de C em frações mais ativas.		
GO	Cerrado	Carbon and nitrogen content and stock in no-tillage and crop-livestock integration systems in the cerrado of Goias state, Brazil	Brachiaria ruziziensis	A soma dos estoques até uma profundidade de 100 cm para COT e 40 cm para nitrogênio foi maior no sistema de ILP, quando comparado com o plantio direto	2012	Loss <i>et al.</i>
GO	Cerrado	Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano	Brachiaria decumbens	A área de SPD com 20 anos apresentou maiores valores de C e N em relação ao Cerrado. As análises de <sup>13</sup> C demonstraram que as leguminosas estão contribuindo de forma significativa para a composição da matéria orgânica nas áreas sob SPD.	2012	Guareschi, R. F.; Pereira, M. G.; Perin, A.
RS	Pampa	Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola	Campo nativo, Digitaria decumbens (Pangola), Lablab e Guandu	A Pangola, que apresentou os maiores índices de agregação do solo, teve o estoque de C inferior ao desses sistemas, enfatizando a ação positiva do sistema radicular denso na recuperação da agregação do solo.	2011	Vezzani, F. e Mielniczuk, J.
ES	Mata atlântica	Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em argissolo sob eucalipto e pastagem	Brachiaria brizantha	O solo de eucalipto plantado em linha e entrelinha teve estoques de C e N na biomassa microbiana semelhante àquele cultivado com pastagem.	2011	Pegoraro <i>et al.</i>
RS	Pampa	Densidade, agregação e frações de carbono de um argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo	Pastagem nativa	O índice de manejo de carbono demonstra que as maiores ofertas de forragem (12 e 16 %) proporcionam melhor qualidade ao sistema em pastagem natural, ao passo que na menor oferta (4 %) o sistema está perdendo qualidade e comprometendo a sustentabilidade – demonstrado pela redução substancial desse índice.	2011	Conte <i>et al.</i>

GO	Cerrado	Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system	Brachiaria brizantha marandú	O sistema de ILP melhorou os parâmetros biológicos e imobilizou carbono no solo, em comparação à pastagem degradada.	2011	Muniz <i>et al.</i>
SC	Mata atlântica	Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops	Aveia preta, azevém	O consórcio cobertura proporciona maior quantidade de biomassa para o sistema e, conseqüentemente, maior acúmulo de COT e particulado na camada superficial do solo	2011	Balbinot Junior <i>et al.</i>
MS	Cerrado	Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária	Brachiaria decumbens	As menores taxas de acúmulo e os menores estoques de C no solo foram observados nos sistemas apenas com lavouras anuais, enquanto os maiores valores foram registrados nos sistemas com pastagens.	2011	Salton <i>et al.</i>
MG	Cerrado	Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais	Brachiaria brizantha, crotalaria	O cultivo em sistema de plantio direto do milho com braquiária aumenta a agregação do solo e o carbono dos agregados quando comparado ao sistema de milho com crotalária	2010	Coutinho <i>et al.</i>
MT	Cerrado	Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em neossolo quartzarênico sob uso agrícola	Brachiaria Uruchola decumbens	Houve redução das quantidades de fração leve livre e dos teores de C à profundidade 0–5 cm, nas áreas com plantio de soja e pastagem. Sendo necessária a adoção de sistemas agrícolas que promovam aporte adequado de resíduos para a manutenção ou incremento da matéria orgânica do solo.	2010	Frazão <i>et al.</i>
GO, MT, RO	Cerrado e Amazônia	Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil c stocks in Brazil	Brachiaria decumbens e brachiaria brizantha	A magnitude da acumulação de C no solo depende de fatores como os tipos de culturas, a condições climáticas e da quantidade de tempo que a área está sob ILP	2010	Carvalho <i>et al.</i>
SC	Mata atlântica	Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração	Azevém pastejado	A transição de pastagem nativa pastejada para o ILP, pecuária no sistema de plantio direto preserva melhor a qualidade física do solo	2009	Costa <i>et al.</i>

		agricultura-pecuária		em relação ao preparo convencional, e o preparo reduzido tem desempenho intermediário.		
RS	Pampa	Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo	Aveia preta e azevém	Intensidades de pastejo moderadas (20 e 40 cm de altura do pasto) promoveram aumento nos estoques de CO total, CO particulado, NT e N na matéria orgânica particulada no solo, semelhante ao plantio direto sem pastejo.	2009	Souza <i>et al.</i>
RS	Pampa	Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto	Aveia preta e azevém	Os estoques de COT não foram influenciados pelas intensidades de pastejo, porém os estoques de C orgânico particulado foram menores na área com maior intensidade de pastejo.	2008	Souza <i>et al.</i>
MG	Mata atlântica	Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas	Brachiaria brizantha	A pastagem exclusiva foi o ambiente de pior qualidade, onde houve interação entre agricultura e cultivo forrageiro, a qualidade do ambiente edáfico foi superior ao de monocultivo, quer seja com milho ou pastagem exclusiva.	2008	Jakelaitis <i>et al.</i>
RS	Pampa	Soil organic carbon budget under crop-livestock Integration in southern Brazil	Campo nativo, aveia preta e azevém	O maior intervalo entre pastejos, durante o inverno, associado à utilização do milho no verão contribuiu para maiores adições de resíduos vegetais e acúmulo de C orgânico no solo.	2008	Nicoloso <i>et al.</i>
MG	Mata atlântica	Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um latossolo vermelho sob diferentes manejos	Tifton 85	O sistema convencional apresentou os menores índices de agregação. O uso da gramínea perene tifton foi o tratamento que promoveu a melhor recuperação da estabilidade de agregados em água.	2005	Wendling <i>et al.</i>
GO	Cerrado	Estoque de carbono e nitrogênio e formas de	Brachiaria decumbens	Não houve diferença significativa nos teores e no estoque de C e N totais do solo, embora o plantio	2004	D'Andréa <i>et al.</i>



nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo

convencional de longa duração tenha apresentado variações negativas no estoque de C em relação ao cerrado nativo até 20 cm de profundidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2: Comparação de estoques de COT entre pastagens e vegetação nativa

UF	Bioma	Título	Pastagem avaliada	Conclusão	Ano	Autores
RS	Mata atlântica	Chemical composition and stocks of soil organic matter in a south brazilian oxisol under pasture	Pastagem nativa	Entre os ambientes, pastagem nativa em solo calcariado e adubado apresentou maiores estoques de C e de N no solo e nas frações leves, apresentando uma alternativa sustentável para sequestrar carbono em comparação com as práticas de queima da vegetação em sistemas de pastagens nativas no sul do Brasil.	2013	Santana <i>et al.</i>
MS	Cerrado	Agregação e resistência à penetração de um latossolo vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária	Brachiaria decumbens, panicum maximum	Os teores de COT foram maiores na vegetação de Cerrado; especificamente na profundidade de 5–10 cm. Houve correlação positiva entre os teores de COT e DMP de agregados e porosidade total do solo e negativa entre COT e Ds do solo.	2012	Schiavo e Colodro
GO	Cerrado	Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado	Brachiaria decumbes	A agregação do solo sob pastagem é semelhante à do cerrado, embora com menores teores de carbono.	2012	Costa Junior <i>et al.</i>
RJ	Mata atlântica	Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do Paraíba do Sul	Brachiaria decumbens	Observou-se que, em ambas as épocas, a floresta secundária em estado médio de sucessão e o pasto estiveram associados ao COT e à maioria das variáveis biológicas, ao contrário dos sistemas agrícolas.	2012	Silva <i>et al.</i>

MG	Cerrado	Comparação do estoque de carbono estimado em pastagens e vegetação nativa e cerrado	Brachiaria brizanta	A pastagem melhorada para a camada de 0 a 20 cm apresentou estoque de carbono superior do que o cerrado e pastagem degradada, concluindo que pastagens bem estabelecidas e manejadas, podem contribuir no aumento da taxa de sequestro de carbono pelo solo.	2012	Santos, J. e Rosa, R.
RS	Mata atlântica	Soil organic matter in fire-affected pastures and in an araucaria forest in south-brazilian leptosols	Pastagem nativa	O maior estoque de C em todas as profundidades e as frações físicas foi verificado na mata de Araucária. A pastagem nativa sem queima apresentou o menor estoque de C e N do solo na profundidade de 5–15 cm, associado ao cessar fogo e à maior densidade de pastejo.	2012	Potes <i>et al.</i>
GO	Cerrado	Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária	Brachiaria ruziziensis,	O SPD-ILP promoveu aumentos nos índices de agregação do solo (0–5 e 5–10 cm), nos teores de MOL (5–10 cm), COT e N (0–5 cm) e na formação de agregados estáveis em água (5–10 cm), em comparação ao SPD, sem brachiaria.	2011	Loss <i>et al.</i>
AC	Amazônia	Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma amazônico	Brachiaria brizantha	Houve incremento nos estoques de C do solo e nos valores de $\delta^{13}C$ do solo com o tempo de utilização da pastagem, em ambas as sucessões. A porcentagem de C derivado de pastagem foi expressiva na camada superficial do sistema com 20 anos de uso, com proporções que chegaram a 70% do C total.	2011	Araújo <i>et al.</i>
RS	Pampa	Carbono e nitrogênio de um argissolo vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa	Brachiaria brizantha, pensacola e trevo	Maiores concentrações de COT, de N e foram verificadas na camada superficial, sendo estas favorecidas pela adição de resíduos vegetais e pela minimização das operações de revolvimento do solo.	2011	Pillon <i>et al.</i>

DF	Cerrado	Compartimentos de carbono em latossolo vermelho sob cultivo de eucalipto e fitofisionomias de Cerrado	Brachiaria brizantha marandu	Em ambas as camadas de solo, observaram-se maiores estoques de COT e de C nos compartimentos, nas áreas sob Cerrado denso e Cerrado, comparativamente àquelas cultivadas com eucalipto; houve recuperação dos estoques de C em todos os compartimentos, com o aumento do tempo de cultivo do eucalipto.	2011	Neto <i>et al.</i>
MS	Pantanal	Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal	Uruchola decumbens e pastagem nativa	As pastagens cultivadas e nativas, sob pastejo contínuo, não são capazes de acumular mais carbono no solo do que os ecossistemas naturais.	2010	Cardoso <i>et al.</i>
BA	Mata atlântica	Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia	Brachiaria brizantha cv. Marandu	Não houve diferença significativa para os estoques de C do solo, entre os ambientes de mata, pasto degradado e pasto produtivo, com diferentes idades de uso e nas diferentes camadas de solo avaliadas.	2009	Costa <i>et al.</i>
MG	Cerrado	Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha - MG	Pastagem	O cultivo do eucalipto não reduziu o estoque de C e N da biomassa microbiana do solo em comparação com a do Cerrado e pastagem, e proporcionou incremento nas quantidades de C e N na matéria orgânica leve (MOL), o que contribuiu para o aumento da MOS.	2009	Pulrolnik <i>et al.</i>
MS	Pantanal	Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no pantanal	Pastagem nativa e brachiaria decumbens	A substituição da floresta nativa por pastagem cultivada promoveu redução nos teores de COT, Cmic e qMIC e elevação da respiração basal; o sistema de pastejo contínuo em pastagem nativa promoveu redução nos teores de COT e no Cmic.	2009	Cardoso <i>et al.</i>
BA	Mata atlântica	Características químicas e físicas de um solo sob floresta,	Brachiaria decumbens	Foram encontradas correlações significativas entre o COT e atributos químicos (10-20 cm)	2006	Barreto <i>et al.</i>

		sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia		apenas na área sob pastejo.		
MG	Cerrado	Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais	Brachiaria brizantha marandu	Houve diferença significativa nos teores e no estoque de carbono dos sistemas avaliados em relação ao cerrado nativo. No sistema agrossilvopastoril, foi observada uma tendência de aumento do estoque de carbono com o passar dos anos, demonstrando a eficiência do sistema em manter ou até mesmo aumentar o estoque de carbono orgânico ao longo dos anos.	2004	Das Neves <i>et al.</i>

Tabela 3: Avaliação de estoques de COT em apenas um sistema de produção

UF	Bioma	Título	Pastagem avaliada	Conclusão	Ano	Autores
TO	Amazônico	Dependência espacial em levantamentos do estoque de carbono em áreas de pastagens de brachiaria brizantha cv. Marandu	Brachiaria brizantha cv. Marandu	Área de pastagem de Brachiaria marandu com grau médio de degradação apresenta coeficientes de variação altos entre os valores estoque de carbono; o que comprometeu a modelagem espacial que também pode ter ocorrido devido ao baixo número de amostras realizadas (n=36).	2012	Silva Neto <i>et al.</i>
MG	Cerrado	Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em latossolo vermelho sob pastagem em região de cerrado	Não informado	Apesar da baixa capacidade de reserva destes microagregados, eles tornam-se um compartimento de alta estabilidade, com maior eficiência na função de preservar nutrientes, frente à degradação física e ao intemperismo e lixiviação.	2011	Burak <i>et al.</i>
MS	Cerrado	Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária	Urochloa brizantha	Houve acúmulo no estoque de COT da camada 0-30 cm, bem como aumento no estoque de C e N nas frações lábeis e recalcitrantes da	2011	Silva <i>et al.</i>

				MOS.		
SP	Mata atlântica	Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de floresta atlântica	Brachiaria spp	Apesar do grande potencial de sequestro de carbono dos sistemas agroflorestais, há necessidade de melhorias em suas práticas de silvicultura.	2011	Froufe <i>et al.</i>
GO	Cerrado	Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo	Não informado	Os manejos promoveram alterações na densidade do solo, volume total de poros, macroporos e resistência do solo à penetração no Neossolo e no Latossolo, havendo pequena variação nos atributos químicos nos dois solos.	2009	Carneiro <i>et al.</i>
PE	Caatinga	Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco	Pastagem nativa	As áreas de fruticultura e pastagem apresentaram o menor teor de COT.	2009	Corrêa <i>et al.</i>
MS	Cerrado	Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul	Brachiaria decumbens	Foi observada estreita relação entre a estabilidade dos agregados e o teor de C no solo. A formação de macroagregados parece estar relacionada à presença de raízes, que são mais abundantes sob pastagem de gramíneas.	2008	Salton <i>et al.</i>
SP	Mata atlântica	Soil carbon and nitrogen in pasture soil reforested with eucalyptus and guachapele	Panicum maximum	Mais de 40 % do C do solo sob o plantio misto foram estimados como sendo derivados das árvores, enquanto nos plantios puros de eucalipto e guachapele, a contribuição do C das árvores ficou em 19 e 27 %, respectivamente. A presença da leguminosa no plantio consorciado aumenta os estoques de C e N do solo.	2008	Balheiro <i>et al.</i>
MG	Mata atlântica	Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo	Brachiaria decumbens	O estoque de carbono orgânico na área de eucalipto foi maior do que o	2007	Rangel <i>et al.</i>

	submetido a diferentes sistemas de uso e manejo		determinado na área de mata. A maior parte (> 90 %) do CO está associada à fração pesada da MOS.	
--	---	--	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores através dos artigos analisados.

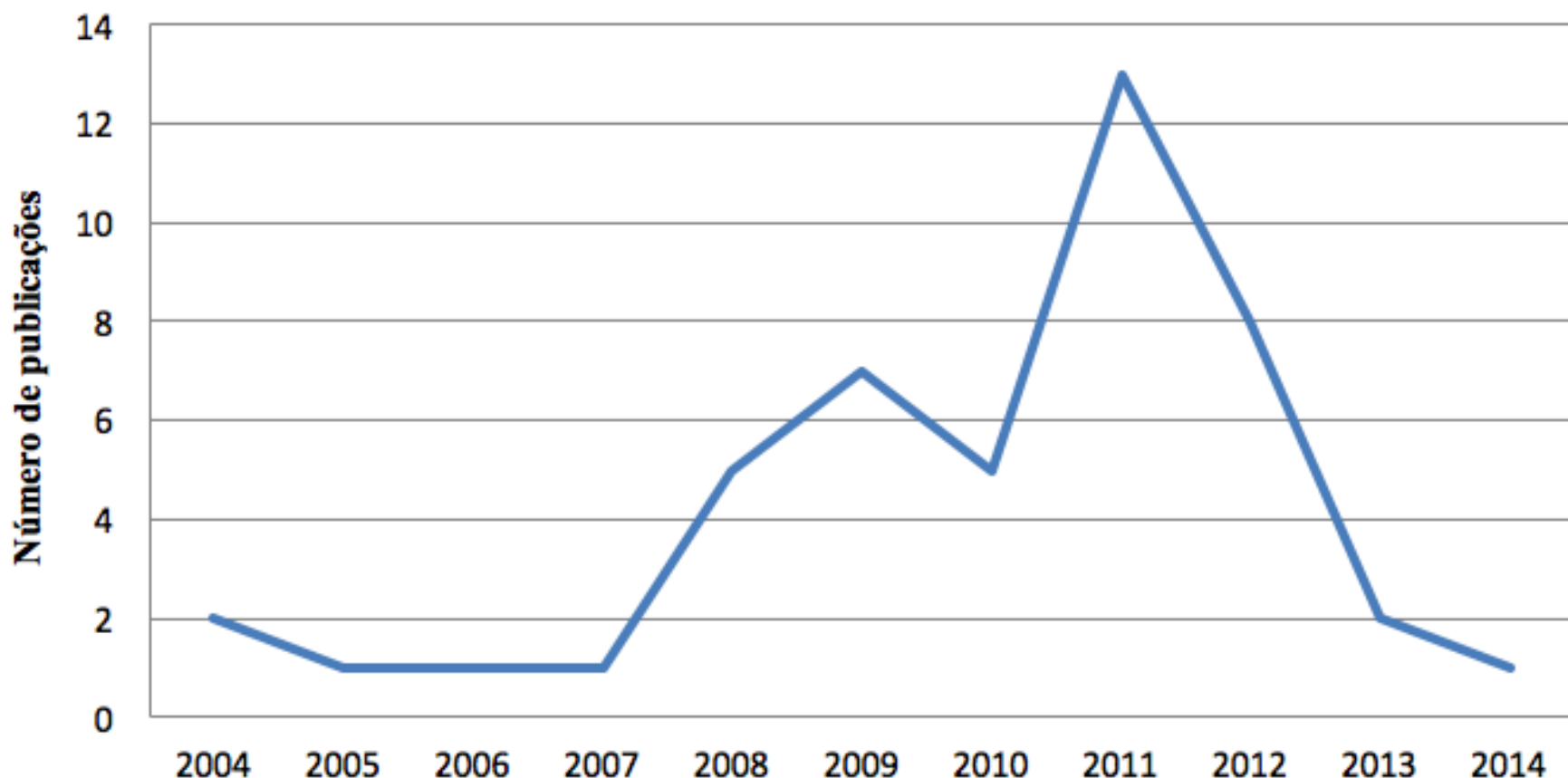
Na maioria dos trabalhos, a pastagem é utilizada como padrão de referência sobre outros tipos de produção, os quais complementaram suas análises com outras abordagens, quantificando outros aspectos relacionados ao uso do solo. A maioria desses teve como foco o bioma Cerrado, o que pode ser explicado pelo grande incremento na produção de grãos nesse bioma na última década, os quais promoveram mudanças no padrão de uso do solo.

A mudança dos estoques de COT no solo resultantes da conversão de áreas de vegetação nativa para produção foram observadas em 16 estudos, contudo, apresentando grande diversidade entre os resultados. Assim, De Souza Neto et al. (2014) comparando o sequestro de COT em áreas de vegetação nativa (cerrado) e áreas de integração lavoura-pecuária, concluíram que o potencial de sequestro da área nativa é superior ao sistema integrado de produção. Diferentemente, Guareschi, Pereira e Perin (2012) concluíram que a integração lavoura-pecuária proporciona um potencial de retenção de COT no solo superior às áreas nativas de cerrado.

Essas variações nos resultados são explicadas por diferentes condições edafoclimáticas, mesmo estando inseridas no mesmo Bioma. Fatores como textura do solo, precipitação, manejo, influenciam diretamente no potencial de sequestro de carbono. De acordo com Carvalho et al. (2010), a magnitude da acumulação de C no solo depende de fatores como os tipos de culturas, as condições climáticas e da quantidade de tempo que a área está sob integração de lavoura-pecuária.

Em áreas de pastagens, Costa Junior et al. (2012) concluíram que o potencial de sequestro é semelhante ao de áreas nativas de Cerrado. No entanto, a altura de pastejo e o manejo podem proporcionar condições que maximizem o sequestro de carbono. Souza et al. (2009) concluíram que controlando a intensidade de pastejo, entre uma altura de 20 a 40 centímetros resultou em um aumento do potencial de sequestro de carbono no solo e nitrogênio, com aumento de matéria orgânica. Já Santos e Rosa (2012), destacam que as pastagens melhoradas apresentaram um potencial de sequestro de COT superior a pastagens degradadas e ao cerrado, podendo contribuir para o aumento da taxa de sequestro de carbono.

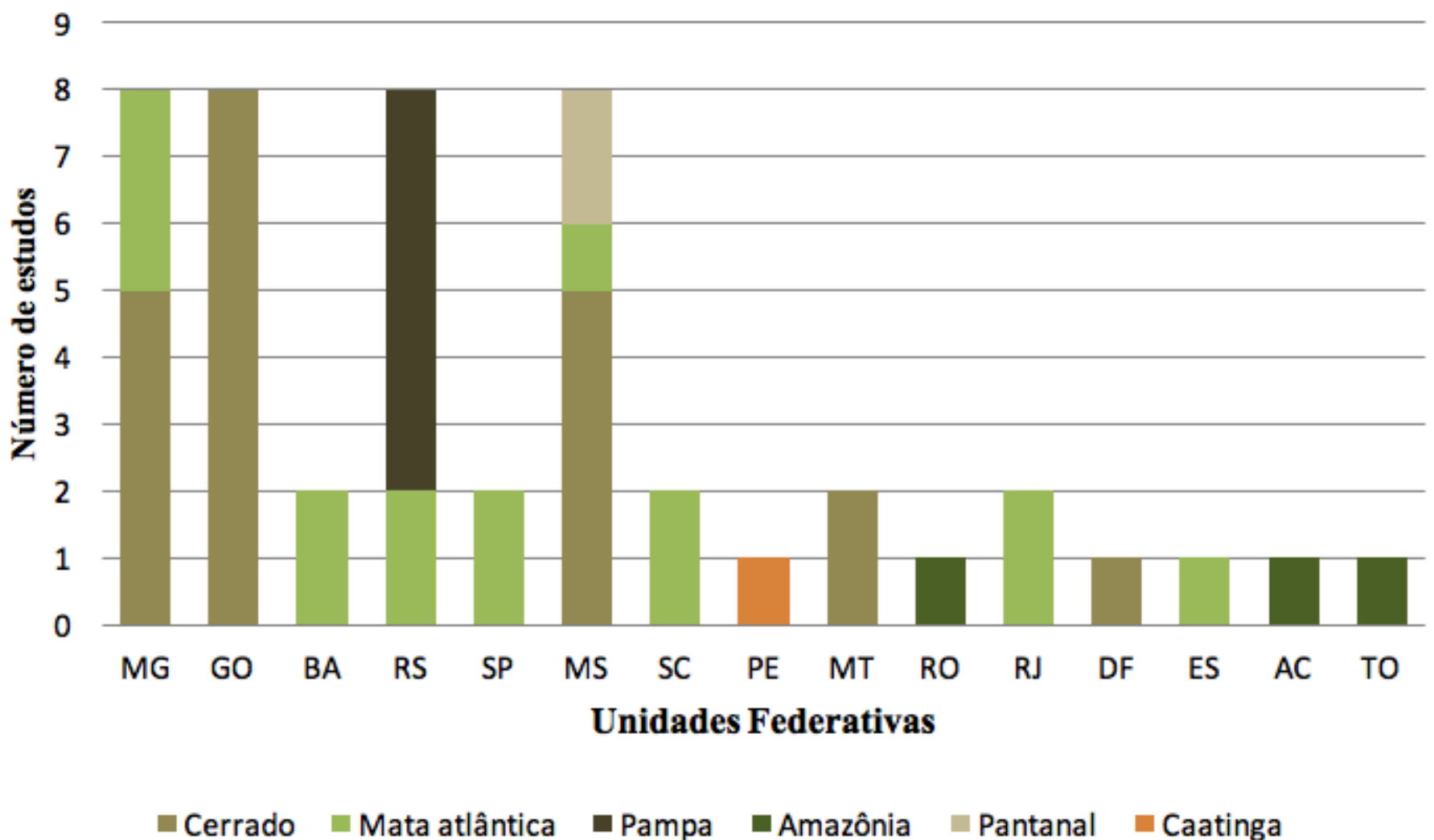
A Figura 2 mostra que o número de publicações sobre estudos que calcularam a quantidade de COT no solo em áreas de pastagens obtiveram um aumento proporcional a partir do ano de 2007, que pode ser explicado pelo momento em que os governos e opinião pública exigiram mais transparência sobre os impactos ambientais relacionados às atividades industriais, devido aos resultados de pesquisas realizadas pelo *International Panel on Climate Change* (IPCC) e *United Nations Climate Change Conference* (COP) (RUVIARO et al, 2012). Contudo, nota-se uma queda das publicações a partir de 2011, finalizando em apenas uma publicação em 2014.



**Figura 2:** Evolução das publicações avaliando o estoque de carbono orgânico no solo entre 2004 e 2014.  
Fonte: Elaborado pelos autores através de dados da pesquisa.

Os biomas com maiores concentrações de estudos foram o Cerrado e a Mata atlântica, justificada pela abrangência geográfica e representatividade econômica de sua produção agrícola. Poucos estudos foram aplicados nos biomas Pantanal, Caatinga e Amazônia, que pode ser devido a sua localização geográfica, a existência de poucos institutos de pesquisa nessas regiões e a baixa representatividade econômica da pecuária na Caatinga.

Observou-se que a maioria dos estudos avalia as Unidades Federativas (UF) detentoras dos maiores rebanhos bovinos brasileiros, com exceção dos estados de Mato Grosso e Pará, que são de expressiva representatividade na pecuária nacional e alvo de apenas um estudo (Figura 3). O conhecimento da dinâmica do solo dessas regiões, uma vez que possui diferentes condições edafoclimáticas são extremamente necessários para a elaboração de estratégias que possibilitem maximizar o sequestro de COT no solo, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa.



**Figura 3:** Artigos analisados divididos por Unidades Federativas e Biomas brasileiros.  
 Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

## 5. Considerações finais

Considerando a importância do ciclo do carbono para as mudanças climáticas, é necessária maior profundidade de estudos acerca da mensuração de impacto de atividades perturbadoras do solo, assim como das práticas que possibilitam estratégias de mitigação, pelo incremento do estoque e o sequestro de carbono.

No Brasil, a maior carência de estudos é na Região Norte, em especial os estados de Mato Grosso e Pará. Quanto aos elementos de pesquisa, reforça-se a relevância de pesquisas que analisem o sistema de ILPF, assim como a utilização de outros tipos de pastagens comumente utilizadas, tais como: *panicum maximum*, *brachiaria brizantha cv xaraés*, *brachiaria humidicola*.

Como contribuição da literatura científica analisada, destaca-se que a melhora do manejo em sistemas com pastagens, por meio de práticas como adubação, irrigação e rotação de culturas, ocasionaram aumento no potencial de estoque e sequestro de carbono, e em alguns casos, até mesmo com resultados melhores em comparação a vegetação nativa.

## Referências

- Alcântara Neto, F., Leite, L. F. C., Arnhold, E., Maciel, G. A., & Carneiro, F. V. (2011). Compartimentos de carbono em Latossolo Vermelho sob cultivo de eucalipto e fitofisionomias de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(03), 849-856.
- Amado, T. J. C., Bayer, C., Eltz, F. L. F., & Brum, A. C. R. (2001). Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Bras. Ci. Solo*, 25(1), 189-197.
- Araújo, E. A., Ker, J. C., de Sá Mendonça, E., da SILVA, I. R., & Oliveira, E. K. (2010). Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas



do solo no bioma Amazônico. *Acta amazônica*, 41(1).

Balbino, L. C., Cordeiro, L. A. M., Porfírio-da-Silva, V., Moraes, A. D., Martínez, G. B., Alvarenga, R. C., ... & Galerani, P. R. (2011). Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10), 0-0.

Balbinot Junior, A. A., Veiga, M. D., Moraes, A. D., Pelissari, A., Mafra, Á. L., & Piccola, C. D. (2011). Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10), 1357-1363.

Balieiro, F. D. C., Pereira, M. G., Alves, B. J. R., Resende, A. S. D., & Franco, A. A. (2008). Soil carbon and nitrogen in pasture soil reforested with eucalyptus and guachapele. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(3), 1253-1260.

Barreto, A. C., Lima, F. H. S., dos Santos Freire, M. B. G., Araújo, Q. R., & Freire, F. J. (2006). Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. *Revista Caatinga*, 19(4).

Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., & Pavinato, A. (2004). Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(7), 677-683.

Bayer, C., Mielniczuk, J., & Martin-Neto, L. (2000). Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24(3), 599-607.

Brasil. 2014. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. *Exportações do agronegócio atingem quase US\$ 100 bilhões em 2013*. 2014a. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/01/exportacoes-do-agronegocio-atingem-quase-uss-100-bilhoes-em-2013>. Acesso em: 15 de maio de 2016.

Burak d. L. *Et al.* (2011). Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em latossolo vermelho sob pastagem em região de cerrado. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia*, v. 41, n. 2, p. 229-241, abr./jun.

Cardoso, E. L., Silva, M. L. N., Moreira, F. D. S., & Curi, N. (2009). Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(6), 631-637.

Cardoso, E. L., Silva, M. L. N., Silva, C. A., Curi, N., & Freitas, D. D. (2010). Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(9), 1028-1035.

Carneiro, M. A. C., Souza, E. D., Reis, E. F., Pereira, H. S., & Azevedo, W. R. (2009). Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo.

Carvalho, J. L. N., Avanzi, J. C., Silva, M. L. N., Mello, C. R. D., & Cerri, C. E. P. (2010). Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(2), 277-290.

Carvalho, J. L. N., Raucci, G. S., Cerri, C. E. P., Bernoux, M., Feigl, B. J., Wruck, F. J., & Cerri, C. C. (2010). Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil and Tillage Research*, 110(1), 175-186.

Cerri, C. C., Bernoux, M., Cerri, C. E. P., & Feller, C. (2004). Carbon cycling and sequestration opportunities in South America: the case of Brazil. *Soil Use and Management*, 20(2), 248-254.

Conte, O., WESP, C. D. L., Anghinoni, I., CARVALHO, P. D. F., Levien, R., & Nabinger, C. (2011). Densidade, agregação e frações de carbono de um argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2), 579-587.

Cordeiro, F. C., Pereira, M. G., Dos Anjos, L. H. C., Zonta, E., Loss, A., & Staffanto, J. B. (2010). Atributos edáficos em pastagens da região noroeste do estado do Rio de Janeiro. *Comunicata*

*Scientiae*, 1(2), 106.

Corrêa, R. M., Freire, M. B. G. S., Ferreira, R. L. C., Freire, F. J., Pessoa, L. G. M., Miranda, M. A., & Melo, D. V. M. D. (2009). Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(02), 305-314.

Costa Junior, C., Píccolo, M. D. C., Siqueira Neto, M., Camargo, P. B. D., Cerri, C. C., & Bernoux, M. (2012). Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no Bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(4), 1311-1322.

Costa, O. V., Cantarutti, R. B., Fontes, L. E. F., COSTA, L. D., Nacif, P. G. S., & Farias, J. C. (2009). Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(5), 1137-1145.

Coutinho, F. S., Loss, A., Pereira, M. G., Junior, D. J. R., & Torres, J. L. R. (2010). Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. *Comunicata Scientiae*, 1(2), 100.

D'Andréa, A. F., Silva, M. L. N., Curi, N., & Guilherme, L. R. G. (2004). Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39(2), 179-186.

Da Costa, A., Albuquerque, J. A., Mafra, Á. L., & da Silva, F. R. (2009). Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(2), 235-244.

Da Silva Neto, S. P., dos SANTOS, A. C., de Lima Leite, R. L., Dim, V. P., das Neves Neto, D. N., & da Cruz, R. S. (2012). Inclusão da dependência espacial em levantamentos do estoque de carbono em áreas de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Acta Amazonica*, 42(4).

Dalias, P., Anderson, J. M., Bottner, P., & Coûteaux, M. M. (2001). Long-term effects of temperature on carbon mineralisation processes. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(7), 1049-1057.

Das Neves, C. M. N., Silva, M. L. N., Curi, N., Macedo, R. L. G., & Tokura, A. M. (2004). Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais.

Duiker, S. W., & Lal, R. (2000). Carbon budget study using CO<sub>2</sub> flux measurements from a no till system in central Ohio. *Soil and Tillage Research*, 54(1), 21-30.

Frazão, L. A., SANTANA, I., CAMPOS, D., Feigl, B. J., & Cerri, C. C. (2010). Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(10), 1198-1204.

Froufe, L. C. M., Rachwal, M. F. G., & Seoane, C. E. S. (2011). Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. *Pesq Flor Bras*, 31, 143-54.

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Guareschi, R. F., Pereira, M. G., & Perin, A. (2012). Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 36(3), 909-920.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. 2014. *Mitigation of Climate Change*.

Jakelaitis, A., Silva, A. D., Santos, J. D., & Vivian, R. (2008). Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38(2), 118-127.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *science*, 304(5677), 1623-1627.

- Lal, R. (2004b). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1), 1-22.
- Loss, A., Pereira, M. G., Anjos, L. H. C., Giacomo, S. G., & Perin, A. (2011). Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10), 1269-1276.
- Loss, A., Pereira, M. G., Perin, A., & dos Anjos, L. H. C. (2012). Carbon and nitrogen content and stock in no-tillage and crop-livestock integration systems in the Cerrado of Goiás State, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 4(8), 96.
- Loss, A., Pereira, M. G., Schultz, N., Anjos, L. H. C. D., & Silva, E. M. R. D. (2010). Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. *Bragantia*, 68(4), 913-922.
- Muniz, L. C., Madari, B. E., Trovo, J. B. D. F., Cantanhêde, I. S. D. L., Machado, P. L. O. D. A., Cobucci, T., & França, A. F. D. S. (2011). Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10), 1262-1268.
- Nicoloso, R. D. S., Lovato, T., Amado, T. J. C., Bayer, C., & LanzaNova, M. E. (2008). Soil organic carbon budget under crop-livestock integration in southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(6), 2425-2433.
- Pedro, L. D. A. (2005). Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Quim. Nova*, 28(2), 329-334.
- Pegoraro, R. F., da Silva, I. R., de Novais, R. F., de Barros, N. F., Fonseca, S., & Dambroz, C. S. (2011). Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em Argissolo sob eucalipto e pastagem. *Ciência Florestal*, 21(2), 261-273.
- Pillon, C. N., Santos, D. C. D., Lima, C. L. R. D., & Antunes, L. O. (2011). Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. *Ciência Rural*, 41(3), 447-453.
- Potes, M. D. L., Dick, D. P., Santana, G. S., Tomazi, M., & Bayer, C. (2012). Soil organic matter in fire-affected pastures and in an Araucaria forest in South-Brazilian Leptosols. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(5), 707-715.
- Pulrolnik, K., BARROS, N. D., Silva, I. R., Novais, R. F., & Brandani, C. B. (2009). Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha-MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(5), 1125-1136.
- Ramos, D. D., da Silva, E. F., Ensinas, S. C., de Souza, N. H., Potrich, D. C., de Freitas, M. E., ... & do Carmo Vieira, M. (2013). Stocks of carbon, total nitrogen and humic substances in soil under different cropping systems. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(5), 2219-2228.
- Rangel, O. J. P., & Silva, C. A. (2007). Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(6), 1609-1623.
- Reicosky, D. C., Reeves, D. W., Prior, S. A., Runion, G. B., Rogers, H. H., & Raper, R. L. (1999). Effects of residue management and controlled traffic on carbon dioxide and water loss. *Soil and Tillage Research*, 52(3), 153-165.
- Rosendo, J. S., & Rosa, R. (2012). Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de Cerrado/Comparison of the estimated C stock in pastures and native Cerrado vegetation. *Revista Sociedade & Natureza*, 24(2)
- Ruviaro, C. F., Gianezini, M., Brandão, F. S., Winck, C. A., & Dewes, H. (2012). Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. *Journal of Cleaner Production*, 28, 9-24.
- Salton, J. C., Mielniczuk, J., Bayer, C., Boeni, M., Conceição, P. C., Fabrício, A. C., ... & Broch, D. L. (2008). Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista brasileira de ciência do solo. Campinas. Vol. 32, n. 1 (jan./fev. 2008), p.*

- Salton, J. C., Mielniczuk, J., Bayer, C., Fabrício, A. C., Macedo, M. C. D. M., & Broch, D. L. (2011). Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira: 1977. Brasília. Vol. 46, n. 10 (out. 2011), p. 1349-1356.*
- Santana, G. S., Dick, D. P., Tomazi, M., Bayer, C., & Jacques, A. V. (2013). Chemical composition and stocks of soil organic matter in a south Brazilian oxisol under pasture. *Journal of the Brazilian Chemical Society, 24(5), 821-829.*
- Schiavo, J. A., & Colodro, G. (2012). Agregação e resistência a penetração de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Bragantia, 71(3), 406-412.*
- Scholes, M. C., Powlson, D., & Tian, G. (1997). Input control of organic matter dynamics. *Geoderma, 79(1), 25-47.*
- Silva, C. F. D., Pereira, M. G., Miguel, D. L., Feitoria, J. C. F., Loss, A., Menezes, C. E. G., & Silva, E. M. R. D. (2012). Total organic carbon, microbial biomass and soil enzyme activity areas of agriculture, forestry and grassland in the middle Valley of Paraíba do Sul River (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36(6), 1680-1689.*
- Silva, E. D., Lourente, E. P. R., Marchetti, M. E., Mercante, F. M., Ferreira, A. K. T., & Fujii, G. C. (2011). Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46(10), 1321-1331.*
- Sousa Neto, E. L. D., Andrioli, I., Almeida, R. G. D., Macedo, M. C. M., & Lal, R. (2014). Physical quality of an Oxisol under an integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38(2), 608-618.*
- Souza, E. D. D., Costa, S. E. V. G. D. A., Anghinoni, I., Carvalho, P. C. D. F., Andrighetti, M. H., & Cao, E. G. (2009). Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista brasileira de ciência do solo. Campinas. Vol. 33, n. 6 (nov./dez. 2009), p. 1829-1836.*
- Souza, E. D. D., Costa, S. E. V. G. D. A., Lima, C. V. S. D., Anghinoni, I., Meurer, E. J., & Carvalho, P. C. D. F. (2008). Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. *Revista brasileira de ciencia do solo. Campinas. Vol. 32, n. 3 (maio/jun. 2008), p. 1273-1282.*
- Vezzani, F. M., & Mielniczuk, J. (2011). Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Bras. Ci. Solo, 35, 213-223.*
- Wendling, B., Jucksch, I., MENDONÇA, E. D. S., & Neves, J. C. L. (2005). Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40(5), 487-494.*
- Zinn, Y. L., Lal, R., & Resck, D. V. (2005). Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. *Soil and Tillage Research, 84(1), 28-40.*

---

1. Graduada em Administração (UFGD), Mestre em Agronegócios (UFGD), Doutoranda em Agronegócios (UFRGS). E-mail: [gisabelle.medeiros@gmail.com](mailto:gisabelle.medeiros@gmail.com)

2. Graduado em Administração (UFGD), Mestre em Agronegócios (UFGD), Doutorando em Agronegócios (UFRGS). E-mail: [tjflorindo@gmail.com](mailto:tjflorindo@gmail.com)

3. Doutor em Agronegócios (UFRGS), Professor do programa de Pós-graduação em Agronegócios, UFGD. E-mail: [clandioruviaro@ufgd.edu](mailto:clandioruviaro@ufgd.edu)

---

