



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LUÍS FERNANDO SOUZA RIBEIRO

**INFLUÊNCIAS DA MUDANÇA DO USO DA TERRA NA AMAZÔNIA LEGAL
SOBRE O SEQUESTRO DE CARBONO NO SOLO: UMA REVISÃO**

BELÉM- PA

2025

LUÍS FERNANDO SOUZA RIBEIRO

**INFLUÊNCIAS DA MUDANÇA DO USO DA TERRA NA AMAZÔNIA LEGAL
SOBRE O SEQUESTRO DE CARBONO NO SOLO: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Graduado.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
Co-orientador: Dr. Jorge Cardoso de Azevedo.

BELÉM - PA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R484i Ribeiro, Luís Fernando Souza
 Influências da mudança do uso da terra na Amazônia Legal sobre o sequestro de carbono no solo: Uma revisão / Luís Fernando Souza Ribeiro. - 2025.
 30 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Agronomia, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2025.
 Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
 Coorientador: Prof. Dr. Jorge Cardoso de Azevedo.
1. Biblioteca. I. Silva, Thiago Carvalho da , *orient.* II. Título
-

LUÍS FERNANDO SOUZA RIBEIRO

**INFLUÊNCIAS DA MUDANÇA DO USO DA TERRA NA AMAZÔNIA LEGAL
SOBRE O SEQUESTRO DE CARBONO NO SOLO: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva

Coorientador: Dr. Jorge Cardoso de Azevedo.

Aprovado em: 26 de março de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Prof. Dr. Cândido Ferreira de Oliveira Neto
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

MSc. Lorena Maues Moraes
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Dedico este trabalho aos meus pais, Lia Cláudia e Vilmar Ribeiro, aos meus irmãos José Carlos e Mikael, os quais todos são minha base e meu porto seguro. Até aqui cheguei graças a vocês.

AGRADECIMENTOS

De início, agradeço a Deus e Nossa Senhora que sempre estiveram comigo nessa caminhada iluminando meus caminhos, gratidão. Aos meus pais, Lia Claudia Ribeiro o amor da minha vida, minha base, meu tudo, minha melhor amiga e Mãe, a Senhora é a mulher mais forte, inteligente, amável (Quem conhece sabe o coração brabo dessa mulher), uma leoa protetora com seus filhos, tenho muito orgulho de ser teu filho, te escolheria milhões de vezes como mãe, eu te amo. Vilmar Ribeiro, Pai, obrigado por ser esse homem trabalhador, exemplo de excelência, obrigado por sempre me incentivar a estudar, teus sermões (Muitos), o eu te amo é uma palavra que não usamos muito, mas suas ações mostram o teu amor por mim e muitas das vezes eu não conseguia enxergar, mas quero deixar aqui registrado que sou grato a Deus por ser teu filho, te amo. Aos meus irmãos, José Carlos e Mikael Ribeiro meus companheiros de viagem, amo vocês. A toda minha família, Vó Lia Souza, minha cunhada Keyane Carneiro, minha sobrinha Ana Alice Maria Ribeiro, tia Carol, tia Paty, meus primos, todos, amo vocês, nossa família é e sempre será tudo para mim. Maria José Bastos de Moraes (*In memoriam*), minha eterna bebê que está rezando por todos nós aí do céu, te amo.

Aos meus amigos de vida, Yasmim Nagat, Izabela Moraes, Fernanda Penner, Cardoso (*In memoriam*), Stella Rodrigues e Ana Bárbara Coelho obrigado por estarem comigo em todos os momentos da minha vida, todas as risadas, fases boas e ruins, nossas ligações são de vidas e sou grato a vocês, amo cada um. Falando, ainda, de amizades, ao entrar na UFRA eu tive a honra de conhecer pessoas que levarei comigo para a vida, amigos que se tornaram família, não posso deixar de falar da minha dupla, Victor Hugo Tavares, meu irmão que ganhei da Agronomia, obrigado por sempre ser a minha razão e loucuras nesses anos de curso, te amo muito, conte comigo sempre. Outra pessoa importante nessa caminhada foi Bruna Evellen Barbosa, uma zootecnista excelente, amiga, irmã (A nora dos sonhos da minha mãe rrs), obrigado por estar comigo em muitos momentos nesses anos, por segurar minha mão, te amo.

Ao meu grupo de amigos, “Gossip Girl and Gays”, Gisela Ramos, Adryele Borges, Giovanna Borges, Yan Matni, Marcelo (doze), Gean Navegantes, Alexandre Pereira (Furacão da CPI), Juliana Castro e Laura Lins, rir com vocês é um dos melhores remédios, amo cada um, obrigado por cada ensinamento e rolês. Ao meu outro grupo de amigos “Auê”, Pietro Reale, Arthur Masaaki, Klayver Moraes, Roberto Augusto Borges, Victor Tavares e Getúlio Hugo, obrigado por todos os dias se tornarem momentos inesquecíveis, cada um de vocês tem um lugar no meu coração, as piadas de 5 série, todas as nossas reuniões em que ríamos, brincávamos e, principalmente, aprendíamos juntos, cada um com sua especialidade e dedicação em ver o outro crescer e aprender, nunca lagar a mão de ninguém, juntos sempre. Amo vocês.

Ao meu grupo de estudos, minha família científica, GERFAM, onde aprendi a trabalhar em equipe, entendi que a ciência não se faz sozinha, sempre temos uns aos outros. Agradecer os meus docentes: Thiago Carvalho da Silva que eu perturbei desde o primeiro dia de aula em forragicultura, o Sr. é o exemplo de docente, e tenho orgulho de ser teu aluno, você tem um coração grande, uma empatia com todos ao teu redor, obrigado por tudo até os estresses (Foram muitos), mas hoje tenho um amigo que levo para a vida. o teu amor pela ciência, pelos animais, pela vida é você está no meu coração por sempre acreditar e ver algo em mim que ainda não consigo enxergar, você vê além, não consigo mensurar a minha gratidão a ti, desculpa por qualquer coisa, você foi quem me ensinou a andar de cavalo e isso está marcado na minha vida,

o teu amor pela ciência, pelos animais, pela vida são lindos e tua pureza é única, sou grato a você e Luana Azevedo, a maior fã da Beyoncé, amo vocês. Cristian Faturi, obrigado por todos os momentos de ensino na nutrição, viagens de fazenda, o sr é um exemplo de professor, obrigado por tudo. Aníbal Coutinho do Rêgo, obrigado por confiar no meu trabalho e ter me acolhido no ESO, foi um momento muito especial e importante na minha caminhada, gratidão.

Aos meus amigos do GERFAM, não posso terminar sem agradecer vocês por todas as escalas de laboratório, campo, FEIGA (Essas eram as melhores), vocês foram importantes na minha vivência e aprendi com cada um, principalmente aos pós-graduandos: Caroline Santa Rosa Oliveira, Aluizio Oliveira, Francy Lima, Juliana Pitirini, João Galego, Dennis Carlos, vocês me mostraram o amor pela ciência, vocês são a razão pelo qual hoje quero buscar mais o ensino, meus agradecimentos sempre. Eu não posso deixar de falar de Isadora Matos, minha mãe científica, minha parceira de laboratório, quem me ouvia e me aconselhava a ser sempre o melhor, minha amiga de vida, você é um exemplo que levo comigo, obrigado por ser essa mulher incrível que tenho a honra de chamar de amiga, se um dia eu for 1% do profissional que és eu serei grato demais. Obrigado a todos que estiveram na minha caminhada acadêmica, lembrarei eternamente de cada um Lilian Rodrigues, Maria Luiza Brito, Tamirys Marcelina, Arthur Quemel, Profa. Joanne Morais, Profa. Leila Sobral e Prof. Fernando Tavares. Gratidão, Deus.

Luís Fernando Souza Ribeiro

RESUMO

A mudança no uso da terra impacta diretamente os estoques de C e emissão de GEEs para a atmosfera. Práticas de manejo sustentáveis apresentam grandes potenciais de mitigação desses GEEs e favorecer o estoque de C no solo. Compreender essas ações promove efeitos positivos no âmbito climático global e principalmente, no bioma Amazônia. Com isso, objetivou-se analisar o comportamento do estoque de carbono em diferentes usos da terra na Amazônia Legal, por meio de uma revisão bibliográfica. Para tal, foram considerados artigos, livros, revistas, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses que abordassem o tema proposto. Os trabalhos foram filtrados e agrupados de acordo com os seguintes critérios: ano de publicação, país, estado, tipo de solo, tipo de clima, uso da terra (Floresta, agricultura (soja, milho, dendê, seringueira e mandioca), pastagens, sistemas agroflorestais (SAF/Integração lavoura pecuária e floresta - ILPF/Integração pecuária e floresta - IPF), histórico da área, profundidade de coleta, método de cálculo para o estoque de carbono, teor de carbono, densidade do solo, teor de argila, as palavras chaves de cada trabalho. De posse dos dados foi calculado o estoque de carbono no solo para as camadas de 0-30 cm e 0-100 cm. O estoque de carbono na floresta foi de 112,046 Mg/ha, seguido do sistema agroflorestal (saf/ilpf/ipf) com 113, 221 Mg/ha em latossolos, na camada de 0-100 cm. Os sistemas de agricultura e pastagem apresentam impactos semelhantes no balanço de carbono do solo. De acordo com os dados analisados, a agricultura demonstrou um sequestro de carbono de aproximadamente 0,9912 Mg/ha.ano, enquanto as pastagens apresentaram um valor muito próximo, de 0,9965 Mg/ha/ano. Desta forma, conclui-se que os diferentes sistemas de uso da terra influenciam no estoque de carbono do solo, especificamente em latossolos, onde a presença arbórea e o plantio direto favorecem a retenção de C. Logo, a agricultura e pastagem demonstraram balanço positivo de carbono, atuando como reservatórios e auxiliando na mitigação dos GEEs. A adoção de práticas conservacionistas é essencial para a sustentabilidade ambiental, e estudos futuros devem aprimorar metodologias para quantificação do estoque de carbono e emissões atmosféricas.

Palavras-chave: Estoque de carbono; Gases de efeito estufa; Práticas Conservacionistas.

ABSTRACT

Land-use change directly impacts carbon stocks and greenhouse gas (GHG) emissions into the atmosphere. Sustainable management practices have great potential for mitigating these GHGs and promoting carbon storage in the soil. Understanding these actions fosters positive effects on the global climate, particularly in the Amazon biome. This study aimed to analyze the behavior of carbon stock under different land uses in the Legal Amazon through a literature review. To achieve this, articles, books, journals, undergraduate theses, dissertations, and doctoral theses addressing the proposed topic were considered. The studies were filtered and grouped according to the following criteria: year of publication, country, state, soil type, climate type, land use (forest, agriculture—soybean, corn, oil palm, rubber tree, and cassava—pastures, agroforestry systems (AFS/Crop-Livestock-Forest Integration—CLFI/Livestock-Forest Integration—LFI), land-use history, sampling depth, calculation method for carbon stock, carbon content, soil density, clay content, and keywords of each study. Based on the collected data, soil carbon stocks were calculated for the 0–30 cm and 0–100 cm layers. The carbon stock in the forest was 112.046 Mg/ha, followed by the agroforestry system (AFS/CLFI/LFI) with 113.221 Mg/ha in Oxisols at a depth of 0–100 cm. Agricultural and pasture systems showed similar impacts on soil carbon balance. According to the analyzed data, agriculture demonstrated a carbon sequestration rate of approximately 0.9912 Mg/ha/year, while pastures had a very similar value of 0.9965 Mg/ha/year. Thus, it is concluded that different land-use systems influence soil carbon stocks, particularly in Oxisols, where tree cover and no-tillage practices favor carbon retention. Therefore, agriculture and pasture systems exhibited a positive carbon balance, acting as reservoirs and aiding in GHG mitigation. The adoption of conservation practices is essential for environmental sustainability, and future studies should refine methodologies for quantifying carbon stocks and atmospheric emissions.

Keywords: Carbon stock; Conservation practices; Greenhouse gases.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Emissões de gases de diferentes setores.	13
Figura 2. Mudança de uso da terra e emissões de CO ₂	13
Figura 3. Classificação climática da Amazônia, segundo Koppen (1936).....	14
Figura 4. Estimativas de estoque de carbono na matéria orgânica do solo na Amazônia Legal (0 – 30 cm).....	15
Figura 5. Tipos de solos encontrados na revisão.	21
Figura 6. Tipos de clima encontrados na revisão.	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Carbono
ILPF	Integração Lavoura Pecuária e Floresta
IPF	Integração Pecuária e Floresta
SAF	Sistema Agroflorestal
GEE	Gases do efeito estufa
COS	Carbono orgânico do solo
Pg	Petagrama
Mg	Megagrama

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Aquecimento global	12
2.2	Amazônia Legal.....	14
2.3	Diferentes sistemas e formas de manejo podem influenciar no sequestro de C e o armazenamento no solo?	16
2.4	Manejo e uso da terra, mudança no uso da terra.	17
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
6	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

As ações humanas têm aumentado as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, com destaque para o dióxido de carbono (CO₂) (Maia *et al.*, 2022). Devido o potencial brasileiro de emitir carbono e influenciar o clima através da mudança de uso da terra e floresta, o Brasil através de políticas buscou desenvolver e aplicar legislações ambientais nos estados do país. Nesse sentido, vem se destacando como um dos principais países que busca mitigar esses GEE, porém ainda é o sétimo maior emissor do planeta (Artaxo, 2022), emissões majoritariamente oriundas do desmatamento (Seeg, 2025). Desde 2016, com a assinatura do Acordo de Paris, o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de GEE em 43% até 2030, bem como a recuperar áreas de pastagens degradadas (Artaxo, 2022) e diminuir o desmatamento. Nesse contexto, diversas estratégias de mitigação têm sido testadas em diferentes setores, demonstrando um grande potencial para a redução das emissões de GEE no país.

No caso da Amazônia, os sistemas agropecuários praticados apresentam diferenças significativas em relação aos manejos e às aplicações no solo. Ademais, observa-se que sistemas de baixa intensificação, como pastagens degradadas, tendem a causar maiores emissões de CO₂ equivalente (eq.) (Dias-Filho, 2011). Por outro lado, práticas de manejo sustentável, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), pastagens intensificadas e/ou recuperadas, apresentam potencial para mitigar essas perdas e promover a recuperação dos estoques de carbono (Cerri *et al.*, 2009; Oliveira, 2022). Nesse sentido, compreender os impactos do manejo das pastagens sobre os estoques de carbono orgânico do solo (COS) é fundamental para aprimorar as práticas de uso da terra. Essa prática promove efeitos positivos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, assim como na matéria orgânica do solo (MOS) e nos estoques de carbono.

Além disso, as taxas de variação do COS são influenciadas por diversos fatores, tais como o tipo de solo, as condições edafoclimáticas e a vegetação original antes da introdução das pastagens (Maia *et al.*, 2013). Portanto, objetivou-se analisar o comportamento do estoque de carbono em diferentes usos da terra, como sistemas agrícolas, tipo de pastagens e sistemas agroflorestais, na região da Amazônia Legal. Além disso, analisar como os trabalhos seguem na pesquisa do tema, as padronizações de análises e levantamento de dados da região amazônica. Diante desse contexto, compreender as consequências dos diferentes sistemas

agropecuários e as particularidades de cada sistemas tais como: tipos de agriculturas, formas de manejar as pastagens, ou a degradação delas, são de extrema importância para compreender os estoques de carbono para a construção de políticas públicas e a implementação de ações práticas sustentáveis no Brasil. Com isso, o estoque de carbono se comporta igualmente nos sistemas e tipos de solos diferentes dentro da Amazônia Legal?

2 REVISÃO DE LITERATURA

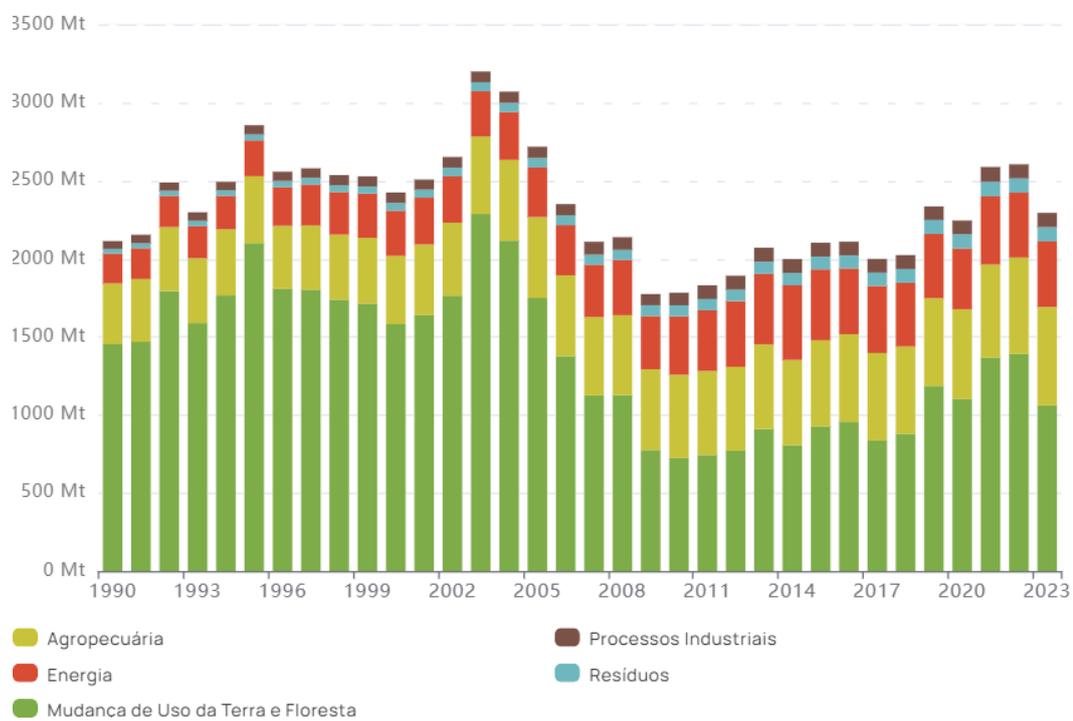
2.1 Aquecimento global

O aquecimento global é um fenômeno caracterizado pelo aumento da temperatura média global acima da era pré-industrial. Atualmente, com as reuniões climáticas, o foco tem sido em limitar esse aquecimento global em até +1,5 C° ao que era na era pré-industrial. A ação antrópica é uma das principais responsáveis por esse fenômeno, tendo, nas últimas décadas, intensificado a emissão de gases de efeito estufa (GEEs), especialmente devido a queima de combustíveis fósseis (IPCC, 2021). Além disso, os países abaixo da linha do equador possuem um alto número de desmatamento, mudanças no uso da terra e queimadas, os quais são o foco de maior preocupação na atualidade. Arelado a isso, o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) são os principais gases que contribuem para o aumento da concentração atmosférica de GEEs, influenciando diretamente as mudanças climáticas (IPCC, 2022).

Diversas estratégias de mitigação têm sido testadas em diferentes setores, demonstrando um grande potencial para a redução das emissões de GEEs no país. Essas estratégias incluem a adoção de eficiência energética, a ampliação do uso de fontes renováveis de energia, desenvolvimento de técnicas para uma agropecuária de baixo carbono, transportes mais ecológicos e a captura de metano em projetos de saneamento básico (como aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto). Juntamente com o reflorestamento de espécies nativas e de crescimento rápido (La Rovere, 2016).

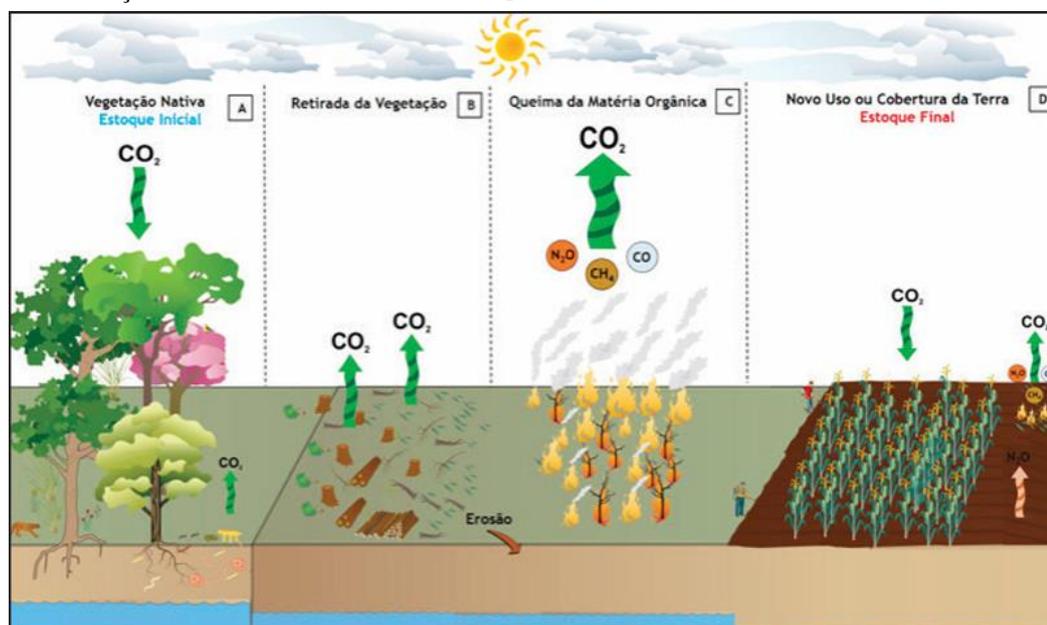
No Brasil, a emissão de GEEs ocorre de forma significativa em setores de produção de energia e agropecuária. Além disso, o setor de mudanças no uso da terra e florestas é o principal emissor de GEEs nos últimos anos (Figura 1). Essas ações afetam todos os biomas do país, incluindo a Amazônia (Lapola *et al*, 2013) e as queimadas e desmatamentos alteram as características físico-químicas do solo (Figura 2), intensificando as emissões de GEEs (Neto *et al.*, 2021). Entre os principais gases emitidos, o dióxido de carbono se destaca por estar intimamente relacionado à vegetação nativa, que atua como um reservatório natural de carbono.

Figura 1. Emissões de gases de diferentes



Fonte: SEEG, 2025

Figura 2. Mudança de uso da terra e emissões de CO₂



Fonte: Quintão et al., 2021

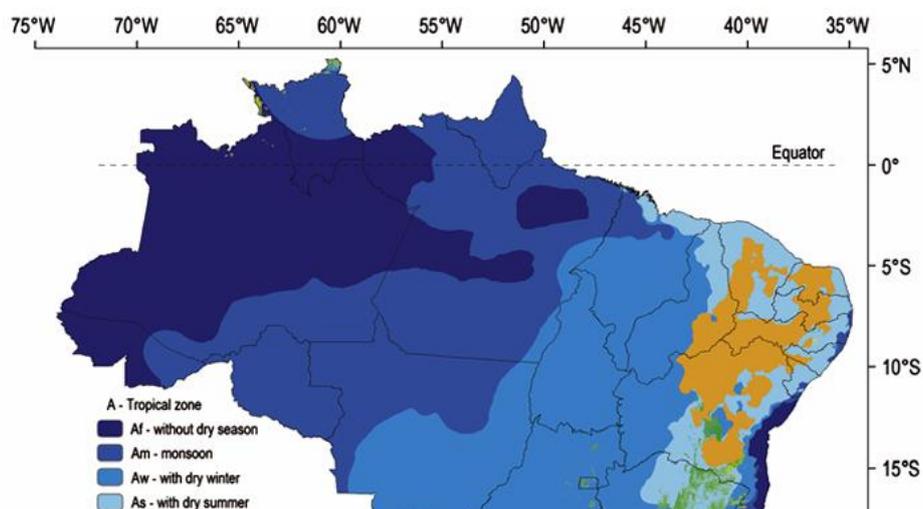
O bioma amazônico é o maior do Brasil e se caracteriza por sua vasta biodiversidade de fauna e flora, sendo também um dos maiores sumidouros de carbono do país (Mello & Artaxo, 2017). O solo amazônico abriga um dos maiores reservatórios de carbono do planeta, armazenando entre 55% e 60% de sua massa na forma de carbono (C). Em escala global, estima-se que existam entre 1.300 e 1.500 Pg de C nos primeiros 100 cm do solo (Jackson *et al.*, 2017).

No entanto, mudanças no uso da terra, dependendo do manejo e da cultura adotada, podem levar à queima de biomassa, resultando em perdas significativas nos estoques de carbono e impulsionando as emissões de CO₂ para a atmosfera (Midwood *et al.*, 2021). Essas alterações nos ecossistemas têm contribuído para o aumento da temperatura média na região amazônica entre os anos de 2013 a 2023 (IPCC, 2021; Brandão, 2024).

2.2 Amazônia Legal

A Amazônia Legal ocupa aproximadamente 59% do território brasileiro, abrangendo toda a região Norte e 775 municípios, incluindo partes dos estados de Mato Grosso, Maranhão e Goiás. Essa região compreende nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Maranhão e parte do Mato Grosso. Os limites dessa área resultam de aspectos políticos, sociais e econômicos compartilhados entre os estados (Imazon, 2009). Além disso, a Amazônia Legal abriga 67% das florestas tropicais do planeta e contém cerca de 20% da água doce superficial do mundo. O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, inclui os tipos Am, Af e Aw (Figura 3) (Alvares, 2013).

Figura 3. Classificação climática da Amazônia, segundo Köppen (1936)

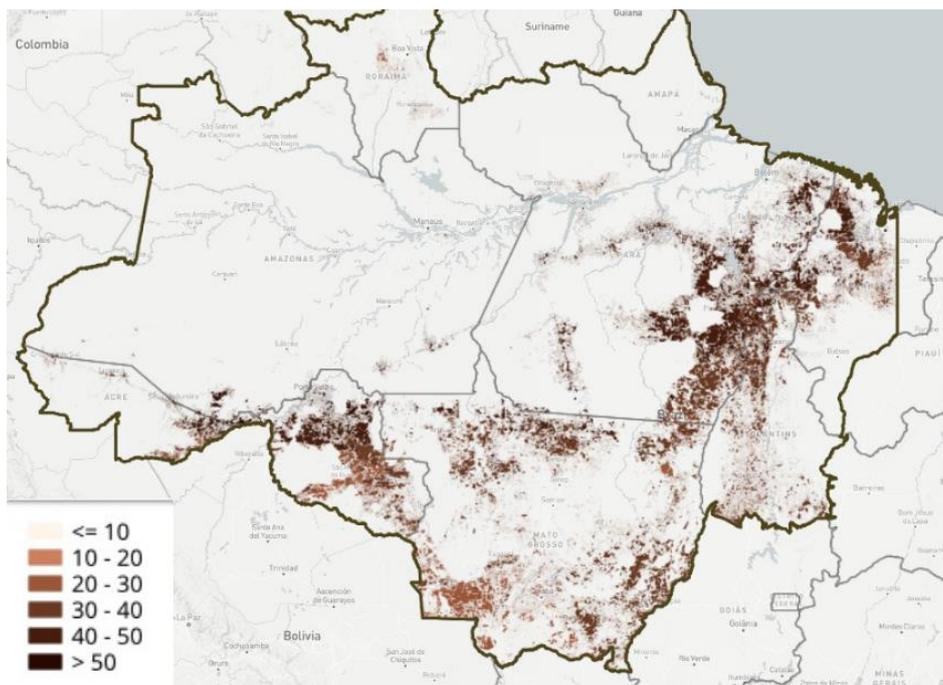


Fonte: Alvares et al., 2013

Os solos da Amazônia são predominantemente classificados como Argissolos e Latossolos. A baixa fertilidade desses solos deve-se aos reduzidos teores de nutrientes, incluindo a matéria orgânica do solo (MOS) e minerais, além da limitada capacidade de troca catiônica (CTC). Por essas características, são considerados altamente intemperizados (Soares, 2022). O solo, por sua vez, é um sistema dinâmico, caracterizado pela intensa troca de energia e matéria com o meio ambiente, processo que está diretamente relacionado ao clima, à cobertura vegetal e a fatores bióticos e abióticos.

A matéria orgânica do solo (MOS) é formada pela decomposição de resíduos de origem animal e vegetal, sendo a principal fonte de carbono total e nutrientes presentes no solo (Figura 4). A manutenção dos estoques de carbono no ambiente está associada as entradas e saídas desse elemento no ciclo global (Lal *et al.*, 2004) e possui relação com estabilidade dessa matéria orgânica e perturbação desse sistema. Nesse contexto, o desmatamento, as mudanças no uso da terra e os impactos das mudanças climáticas contribuem para a liberação gradual do carbono armazenado no solo para a atmosfera (IPCC, 2007).

Figura 4. Estimativas de estoque de carbono na matéria orgânica do solo na Amazônia Legal (0 – 30 cm).



Fonte: Lapig UFG, 2025.

A diversidade geológica da Amazônia, aliada às variações de clima e relevo, resulta em uma ampla variedade de classes de solos, cada uma com diferentes capacidades de armazenamento de carbono (Dixon *et al.*, 1994). Além disso, o tipo de uso e manejo do solo pode influenciar significativamente sua capacidade de retenção de carbono.

2.3 Diferentes sistemas e formas de manejo podem influenciar no sequestro de C e o armazenamento no solo?

Os solos possuem elevada relevância no ciclo biogeoquímico do carbono, pois armazenam cerca de quatro vezes mais carbono do que a biomassa vegetal (Lal, 2018). Dessa forma, os estoques de carbono orgânico no solo (COS), em diferentes tipos de manejo de pastagens (degradada, nominal, intensificada e recuperada) nos biomas brasileiros, foram avaliados por Oliveira *et al.* (2022) e apresentaram uma variação de 4% a 15% na camada de 0 a 30 cm, entre os anos de 5 e 30, quando comparados com a vegetação nativa. Entretanto, Damian *et al.* (2021) avaliaram a alteração dos estoques de COS na porção leste da Amazônia e observaram que a conversão da vegetação nativa para pastagem e área de cultivo agrícola ocasionou perdas de 74% e 86% no COS, respectivamente. Nesse contexto, as formas de manejo, a forma de conversão da floresta, são fundamentais para a estabilidade do estoque de COS do solo.

No Brasil, culturas de exportação, como a soja, aumentaram sua produção na última década, causando mudanças substanciais no uso da terra na Amazônia brasileira (Barona *et al.*, 2010; Brown *et al.*, 2005; Fearnside, 2001), nas lavouras, o carbono orgânico é constantemente colhido e removido do sistema de produção (Anderson-Teixeira *et al.*, 2009). Nesse contexto, o sistema de plantio direto surge como uma alternativa promissora para manter os níveis de carbono no solo (Maia *et al.*, 2022). A introdução desse sistema em áreas anteriormente ocupadas por cultivo convencional e pastagem promoveu um aumento de 17% no estoque de COS nas camadas superiores do solo (0-30 cm), após 20 anos de implantação. Com isso, estima-se que aproximadamente 70% do COS em escala global seja proveniente de pastagens (LAL, 2018).

Ademais, as taxas de mudança do COS variam conforme o tipo de solo, as condições edafoclimáticas e o tipo de vegetação presente antes da implementação da pastagem (Maia *et al.*, 2013), ou da agricultura. Dessa forma, a compreensão dos efeitos causados pelo manejo das pastagens e os diferentes sistemas agrícolas sobre os estoques de COS do solo, são crucias para

o aprimoramento das técnicas de manejo das mudanças de uso da terra, impactando positivamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a matéria orgânica do solo (MOS) e os estoques de COS. Tais conhecimentos permitem o desenvolvimento de modelos de sistemas conservacionistas, com o objetivo de garantir a sustentabilidade ambiental, aumentar os estoques de COS e mitigar os gases de efeito estufa (Zeferino *et al.*, 2021).

2.4 Manejo e uso da terra, mudança no uso da terra.

A mudança no uso da terra induzida antropicamente é um fator que está atrelado a áreas desmatadas e queimadas na floresta amazônica. A atuação humana altera, diretamente, o ciclo do carbono (SPA, 2021) e com isso a prática agropecuária, quando aplicada, de forma incorreta, pode trazer um crescimento exponencial de áreas degradadas (Domingues; Bermann, 2012). No entanto, em uma conversão de floresta para pasto bem manejada e/ou boas práticas agrícolas, o armazenamento de C no solo pode ter um crescimento linear com o passar dos anos, chegando a valores próximos aos iniciais anteriores a conversão da mata nativa (Santos *et al.*, 2018), ou até mesmo superá-los.

A implantação de sistemas agrícolas possui estoques de C baixos por motivos de preparo do solo com maquinários e a não cobertura do solo em períodos de entre safra (Dalal *et al.*, 2021). Esses sistemas, se não bem manejados, são fontes de C para atmosfera, tendo uma baixa entrada de carbono no solo, com menos materiais como parte aérea, serrapilheira, raízes e caras descobertos do solo. (Abreu *et al.*, 2024; Azevedo *et al.*, 2024). Além disso, o uso de mecanização inadequada na conversão do uso da terra, o solo passa a ter uma alta densidade, o qual prejudica, diretamente, as trocas gasosas e infiltração no perfil do solo.

Nesse sentido, as mudanças no uso da terra alteram parâmetros físicos e químicos do solo, os quais podem prejudicar na dinâmica dos macros e micronutrientes. Essa diferença de manejo dos sistemas, em alguns casos, como a queima da matéria orgânica acima do solo, leva perdas do armazenamento de C aumentando as emissões de CO₂ para a atmosfera (Andrew *et al.*, 2021). Ademais, o bom manejo das áreas pode trazer benefícios para o solo, planta e, principalmente, na mitigação dos gases no efeito estufa na região amazônica, atrelado à busca de melhorar ecologicamente o uso da terra na região.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho apresenta um estudo de revisão bibliográfica, em bancos de dados na internet

e bibliotecas públicas online. A escolha do estudo variou de artigos, livros, revistas, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses que possuíam a discussão do tema. Para fazer esse levantamento de dados foram utilizadas as plataformas: Periódicos CAPES, Google Scholar (Google acadêmico) e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Nessas plataformas de pesquisa foram usadas palavras chaves como: Estoque de carbono, uso da terra, estoque de carbono na Amazônia e mudança no uso da terra na Amazônia, também foram usados para pesquisa termos em inglês: stock carbon amazon, stock carbon e land use change.

A escolha dos trabalhos passou por uma avaliação de inclusão ou exclusão de resultados presentes nos mesmos. Após a triagem foram analisados outros pontos importantes como: Ano de publicação, país, estado, tipo de solo, tipo de clima, uso da terra (Floresta, agricultura (soja, milho, dendê, seringueira e mandioca), pastagens, sistemas agroflorestais (SAF/Integração lavoura pecuária e floresta - ILPF/Integração pecuária e floresta - IPF), histórico da área, profundidade de coleta, método de cálculo para o estoque de carbono, teor de carbono, densidade do solo, teor de argila, as palavras chaves de cada trabalho e, principalmente, estoque de carbono calculado.

Os dados foram organizados e analisados com base em critérios previamente definidos, garantindo a consistência da revisão. Após a leitura e observação dos dados foram colocados em planilha no *Microsoft Excel* todos os pontos a serem discutidos, totalizando 45 trabalhos levantados sobre o respectivo tema (Tabela 1). No qual, dentro do total, somente 16 trabalhos tiveram a disponibilização de alguns dados como: Teor de C, densidade, argila, tipo de solo, profundidade e uso da terra, permitindo o reprocessamento dos estoque de carbono e taxas de emissão para as camadas de 0 – 30 cm e 0 – 100 cm.

Os dados de estoque de carbono em cada profundidade foram definidos a partir da multiplicação do teor de C e a densidade do solo. Teve a correção de C para a mesma massa do solo de referência, no caso, foi a floresta em 30 e 100 cm. Com isso, o cálculo de estoque de C foi subtraído o conteúdo de C presente no peso extra do solo nas camadas profundas, conforme Sisti *et al.*, (2004) conforme a equação 1:

Equação 1

$$Y_s = \sum_{*+1}^{n>1} CT^+ + [MTn - (\sum_{*+1}^n MT^+ - \sum_{*+1}^1 MS^+)] CTn$$

Onde: Y_s é o estoque total de C ou N ($Mg\ ha^{-1}$) no solo em uma profundidade equivalente a mesma massa de solo que no perfil de referência (floresta em 30 e 100 cm de profundidade); $\sum_{*+1}^{n>1} CT^+$ é a soma da concentração ($Mg\ ha^{-1}$) de C ou N da camada superficial

até a penúltima camada nos perfis de tratamento (pasto ou agricultura); MT_n é a massa de solo na camada mais profunda nos perfis de tratamento; $\sum_{i=1}^n MT_i$ é a soma da massa do solo (Mg ha⁻¹) nas camadas 1 (0 a 5 cm, superfície) a n (maior profundidade) no perfil do tratamento (pasto ou agricultura); $\sum_{i=1}^n MS_i$ é a soma da massa do solo (Mg ha⁻¹) nas camadas 1 (0 a 5 cm, superfície) a n (maior profundidade) no perfil de solo de referência (floresta); e CT_n é a concentração de C ou N (Mg ha⁻¹) nas camadas mais profunda do perfil de tratamento (pasto, agricultura ou sistema agroflorestal).

Tabela 1. Total de estudos avaliados.

Quantidade de Estudos	Categorias de uso da terra	Recalculados
45	29	16

Nesse sentido, do total de trabalhos avaliados e recalculados 8 usaram até 30 cm de profundidade nas suas análises e outros 8 usaram até 100 cm. Logo, foram feitos cálculos dos estoques de C do solo em 30 cm e 100 cm, para os sistemas que descreveram o ano de conversão da floresta, a taxa de emissão e ou sequestro de C foi calculada. Os trabalhos que não divulgaram os seus dados para que pudesse ser recalculado, foram analisados outros dados como o tipo de solo, clima, região, se disponibilizou o histórico da área e o sistema de plantio trabalhado.

Foi observado umas limitações metodológicas no levantamento de dados e estudos do assunto discutido. A heterogeneidade dos trabalhos com figuras, tabelas e gráficos dificultou a coleta e leitura de dados como Teor de C, estoque de C, teor de argila, densidade e profundidades. A experiência de pesquisar também foi uma limitação a qual no decorrer do estudo foi vencido e aprimorado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

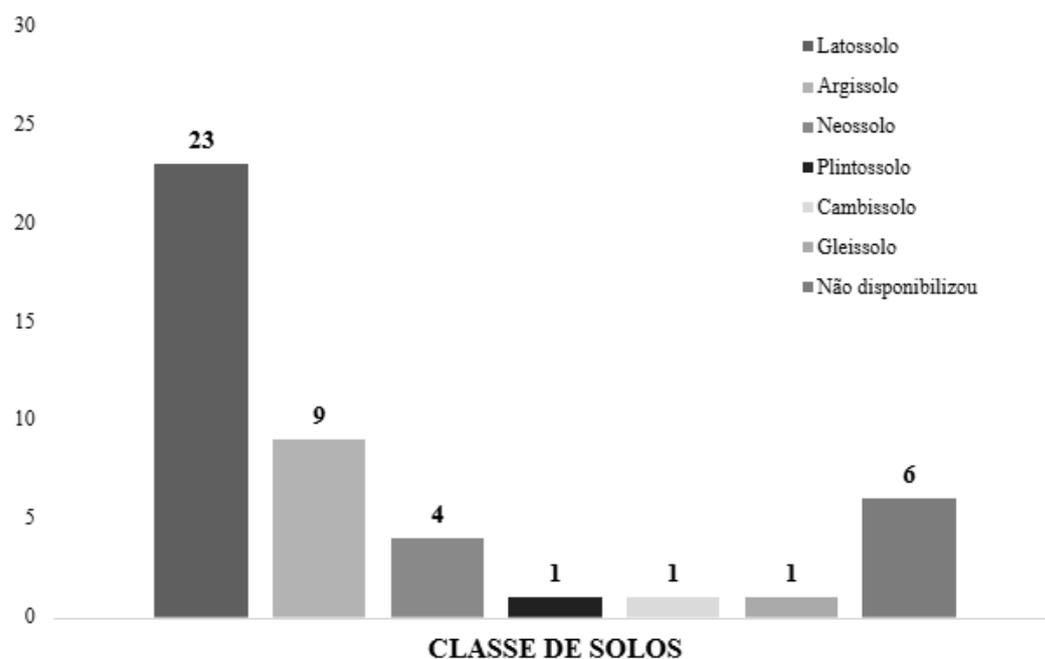
A compilação de dados mostrou variação nos tipos de solos presentes na Amazônia Legal, tipos de clima, os quais também tiveram uma variação dentro da região, mostrando que o bioma amazônico é vasto em sua área e rico em biodiversidade de fauna e flora (Tabela 2).

Tabela 2. Estudos utilizados para avaliar a mudança no uso da terra na Amazônia legal, de acordo com o tipo de solo e clima.

Estudos	Localização	Tipos de solos	Clima
SOLIMON et al, 2009	Acre - AC	Latossolo	Am
CHAVES, S., 2018	Pará - PA	Latossolo	Am
FRAZÃO, <i>et al.</i> , 2013	Pará - PA	Latossolo	Af
BELIZÁRIO, M., 2008	Mato Grosso - MT	Latossolo	Am
DAMIAN, <i>et al.</i> , 2021	Pará - PA	Latossolo	Am
DE SOUZA, <i>et al.</i> , 2013	Pará - PA	Latossolo	Af
ARAÚJO, <i>et al.</i> , 2011	Acre -AC	Latossolo	-
ATAIDES, <i>et al.</i> , 2022	Rondônia - RO	Latossolo	Am
CHAVES, S., 2014	Pará - PA	Latossolo	Am
SANQUETTA, <i>et al.</i> , 2022	Rondônia - RO	Latossolo	Am
RITTL, <i>et al.</i> , 2017	Rondônia - RO	Latossolo	Aw
DE SOUZA, <i>et al.</i> , 2024	Pará - PA	Latossolo	Am
AZEVEDO, <i>et al.</i> , 2024	Pará- PA	Latossolo	Am
PAES, <i>et al.</i> , 2024	Pará - PA	Latossolo	Am
ARAÚJO, <i>et al.</i> , 2023	Rondônia - RO	Latossolo	Am
CONCEIÇÃO, <i>et al.</i> , 2017	Mato Grosso -MT	Latossolo	-
FARIA, <i>et al.</i> , 2023	Mato Grosso -MT	Latossolo	Aw
DE SOUZA, <i>et al.</i> , 2023	Pará -PA	Latossolo	-
DUARTE, M., 2023	Pará -PA	Latossolo	Af
CHAGAS, <i>et al.</i> , 2021	Pará - PA	Latossolo	Am
FLORENCE, <i>et al.</i> , 2021	Mato Grosso -MT	Latossolo	Aw
OLIVEIRA, J., 2023	Pará -PA	Latossolo	Aw
BORTOLO, L., 2024	Tocantins - TO	Latossolo	Aw
BONAMICO, M., 2017	Pará - PA	Argissolo	Am
DESJARDINS, <i>et al.</i> , 2004	Amazonas - AM	Argissolo	-
CERRI, <i>et al.</i> , 2004	Rondônia - RO	Argissolo	Af
CERRI, <i>et al.</i> , 2003	Rondônia - RO	Argissolo	Af
PRAZERES, <i>et al.</i> , 2017	Rondônia -RO	Argissolo	Am
SOARES, <i>et al.</i> , 2018	Amazonas -AM	Argissolo	Am
SOARES, <i>et al.</i> , 2023	Amazonas -AM	Argissolo	Am
LIMA. <i>et al.</i> , 2024	Amazonas -AM	Argissolo	Am
DE ALMEIDA, <i>et al.</i> , 2024	Amazonas - AM	Argissolo	Am
SIMON, C., 2023	Amazonas - AM	Neossolo	Am
LUTOSA FILHO, <i>et al.</i> , 2024	Tocantis -TO	Neossolo	Aw
PANTOJA, <i>et al.</i> , 2024	Pará - PA	Neossolo	Am
RAMOS, <i>et al.</i> , 2023	Maranhão - MA	Neossolo	Aw
DE MORAES, <i>et al.</i> , 2023	Maranhão -MA	Plintossolo	Aw
CAMPOS, <i>et al.</i> , 2016	Amazonas -AM	Cambissolo	Am
DOS SANTOS, <i>et al.</i> , 2018	Maranhão - MA	Gleissolo	-
SILVA, <i>et al.</i> , 2023	Amazonas -AM	-	Am
BASTOS, <i>et al.</i> , 2021	Rondônia - RO	-	Aw
DA SILVA, <i>et al.</i> , 2023	Pará - PA	-	Am
ZEFERINO, <i>et al.</i> , 2023	Tocantins -TO	-	Aw

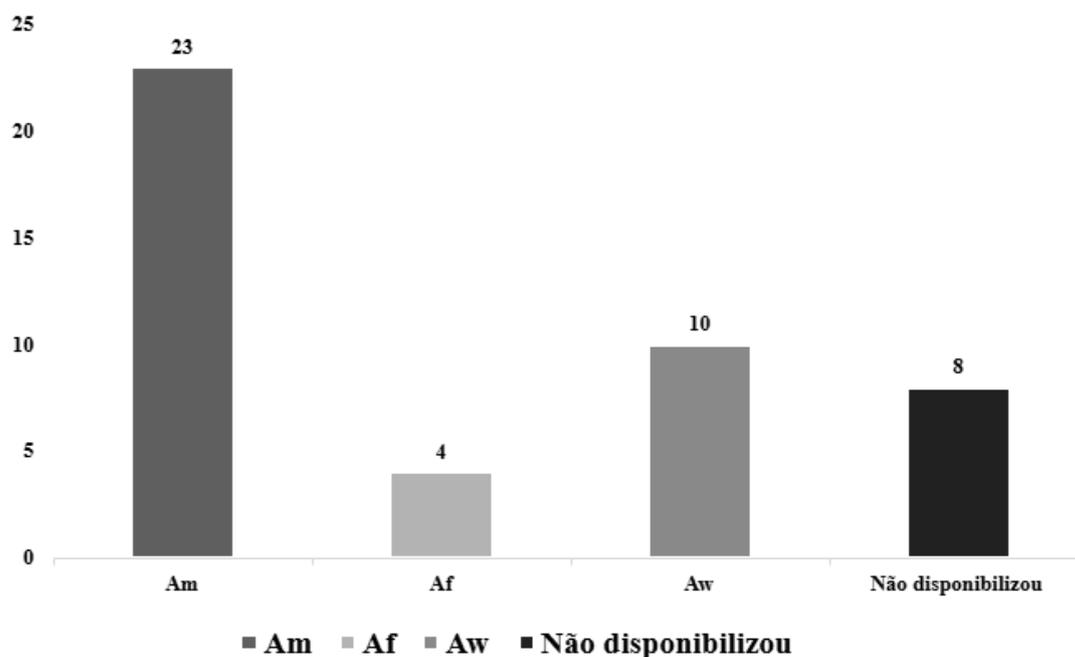
Foram encontrados no levantamento de dados 23 trabalhos que analisaram em latossolo, 9 em argissolo, sendo esses dois os predominantes na Amazônia Legal, além disso, 6 trabalhos não disponibilizaram o tipo de solo (Figura 5).

Figura 5. Tipos de solos encontrados em trabalhos sobre mudança no uso da terra na Amazônia legal



Houve uma variação de clima na região, segundo a classificação de Köppen, Am, Aw e Af estão presentes em toda a extensão da Amazônia Legal. Com suas definições e singularidades de cada estado e região, foram encontrados 23 trabalhos os quais atuaram no clima Am, 10 no clima Aw, 4 no Af e 8 trabalhos não disponibilizaram a classificação do local de coletas. Este fato dificultou na avaliação espacial completa do clima na região estudada, e na padronização de trabalhos e pesquisas da área (Figura 6).

Figura 6. Tipos de clima encontrados em trabalhos sobre mudança no uso da terra na Amazônia legal



Além da variação climática, os diferentes sistemas de uso da terra possuem singularidades no estoque de C no solo. No latossolo, o estoque de carbono, na floresta, após a correção na camada de 0 -100 cm foi de 112,046 Mg/há, seguido do sistema agroflorestal (saf/ilpf/ipf) com 113, 221 Mg/há (Tabela 3). O qual mostra que a presença arbórea contribui, significativamente, para o estoque de C no solo e na biomassa acima do solo, como a serrapilheira seguindo naturalmente a ciclagem no ambiente.

Seller, 2017, identificou que a matéria orgânica no solo, em sua maioria está interligada com o acúmulo e decomposição de folhas no solo. Além disso, a granulometria do solo relaciona-se com o estoque de carbono no solo (Cerri, 2004). Ademais, o latossolo é um tipo de solo predominantemente intemperizado, o qual pode ser profundo em regiões tropicais, além de apresentar baixa saturação por base e baixo pH, classificando como solo ácido (EMBRAPA, 2018). Como também, existem agentes estabilizadores de C no solo, como os óxidos, hidróxidos de Fe e Al, os quais seguram o C no solo (Bay; Contrufo, 2022).

Tabela 3. Estoque de carbono (C) nas profundidades 0 – 30 e 0 – 100 cm em trabalhos sobre mudança no uso da terra na Amazônia legal

Solos	cm	Sistema Agroflorestal (SAF/ILPF/IPF)			
		Floresta	Agricultura	Pastagem	
		<i>Estoque de C média (Mg/ha) ± desvio padrão</i>			
Latossolo	0 - 30	54,51 ± 23,17	38,37 ± 22,34	55,83 ± 19,99	59,20 ± 0,37
	0 - 100	112,05 ± 72,53	59,63 ± 35,44	107,64 ± 56,69	113,22 ± 7,48
Argissolo	0 - 30	74,94 ± 90,92	-	95,40 ± 105,58	-
	0 - 100	-	-	-	-
Gleissolo	0 - 30	24,17	26,11 ± 4,03	20,66	-
	0 - 100	43,42	47,37 ± 8,18	41,98	-
Plintossolo	0 - 30	24,98	-	24,53 ± 3,54	-
	0 - 100	56,90	-	54,43 ± 6,86	-
Neossolo	0 - 30	7,13	4,98	6,67	-
	0 - 100	-	-	-	-

A emissão e o sequestro de carbono na atmosfera estão diretamente relacionados ao tipo de solo, sendo fatores essenciais na avaliação do impacto ambiental de diferentes sistemas de uso da terra. A quantificação dos gases liberados para a atmosfera permite analisar se determinado sistema agrícola ou pecuário está contribuindo para a mitigação dos gases de efeito estufa (GEEs) ou, ao contrário, intensificando sua liberação (Silva, 2012).

Nesse contexto, ao avaliar o comportamento da classe de solo latossolo, observa-se que os sistemas de agricultura e pastagem apresentam impactos semelhantes no balanço de carbono do solo. De acordo com os dados analisados, a agricultura demonstrou uma emissão de carbono de aproximadamente 0,9912 Mg/ha/ano, enquanto as pastagens apresentaram um valor muito próximo, de 0,9965 Mg/ha/ano. Esses valores indicam que ambos os sistemas estão contribuindo para a liberação de carbono na atmosfera, os quais podem estar sofrendo interferências as quais emitem GEEs (Oliveira, 2022).

O sequestro de carbono na agricultura no gleissolo pode ser atribuído, em grande parte, ao uso do sistema de plantio direto. Esse método conservacionista promove a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo, evitando a sua exposição direta aos agentes climáticos e reduzindo a decomposição rápida da matéria orgânica. Como consequência, há um aumento no teor de carbono presente no solo, tornando essa prática uma alternativa sustentável e eficaz na mitigação dos gases de efeito estufa, conforme apontado por Jerke et al. (2012).

No que diz respeito às pastagens, estudos indicam que pastagens bem manejadas possuem um estoque de carbono significativamente maior no solo, conforme demonstrado por Dias-Filho (2011). Esse acúmulo ocorre devido a fatores como a alta produção de biomassa radicular, que contribui para a deposição de matéria orgânica no solo, e a estabilidade proporcionada pela presença contínua de cobertura vegetal. Além disso, o comprimento e a profundidade das raízes desempenham um papel fundamental nesse processo, pois permitem a incorporação e a estabilização do carbono nas camadas superficiais e mais profundas do solo. Esse fenômeno, descrito por Kalbitz (2005) e Bello (2021), resulta na retenção prolongada do carbono no solo, reduzindo sua liberação para a atmosfera e fortalecendo a capacidade dos solos de atuarem como sumidouros de carbono em longo prazo.

Dessa forma, tanto o sistema de plantio direto na agricultura quanto o manejo adequado das pastagens se apresentam como estratégias eficazes para aumentar o sequestro de carbono e minimizar as emissões de GEEs, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a mitigação das mudanças climáticas.

Tabela 4. Índices de taxa de emissão ou sequestro de carbono em trabalhos sobre mudança no uso da terra na Amazônia legal

<i>Solos</i>	<i>cm</i>	SISTEMA AGROFLORESTAL*		
		Agricultura	Pastagem	
Latossolo	0 - 30	0,991 ± 0,009	0,997 ± 0,021	0,981
	0 - 100	0,988 ± 0,013	0,988 ± 0,017	0,991
Argissolo	0 - 30	-	1,01 ± 0,008	-
	0 - 100	-	-	-
Gleissolo	0 - 30	1,015 ± 0,034	0,971	-
	0 - 100	1,017 ± 0,039	0,993	-
Plintossolo	0 - 30	-	0,991 ± 0,033	-
	0 - 100	-	0,985 ± 0,029	-
Neossolo	0 - 30	-	-	-
	0 - 100	-	-	-

*(Sistema Agroflorestal/Integração lavoura pecuária floresta/Integração pecuária floresta)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança no uso da terra influencia o estoque de carbono do solo, principalmente em latossolos, onde observamos a maior proporção de trabalhos publicados. Nesses solos, os sistemas agroflorestais apresentam o maior aporte de carbono no solo. A agricultura e pastagem demonstram balanço positivo de carbono, atuando como reservatórios e auxiliando na mitigação dos GEEs.

Ressalta-se que as práticas de manejo adotadas em cada sistema de uso da terra quem irão determinar se o balanço será negativo (emissão) ou positivo (fixação). A adoção de práticas conservacionistas é essencial para a sustentabilidade ambiental, e estudos futuros devem aprimorar metodologias para quantificação do estoque de carbono e emissões atmosféricas.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, Natan Lima et al. Mudanças de uso da terra e emissão de gases de efeito estufa: uma explanação sobre os principais drivers de emissão. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, p. 77646E, 2024.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013
- ANDREW JM, Kirsten DH, Tirha G, David E, Melanie DJ. Storage of soil carbon as particulate and mineral associated organic matter in irrigated woody perennial crops. *Geoderma*, 2021;403:115185. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115185>
- ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil: a construção de uma sociedade minimamente sustentável requer esforços da sociedade com colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas. **Ciência e Cultura**, v. 74, n. 4, p. 01-14, 2022.
- AZEVEDO, Jorge Cardoso de et al. Effects of Agricultural Expansion on Soil Carbon and Nitrogen Stocks in the Amazon Deforestation Arc. **Soil Systems**, v. 8, n. 1, p. 25, 2024.
- BAI, Y.; COTRUFO, M. F. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, v. 377, n. 6606, p. 603–608, 2022.
- BELLO, Ozias Cunha et al. Biomassa radicular e carbono orgânico do solo em formações florestais na mesorregião sul da Amazônia. **Revista Árvore**, v. 45, p. e4537, 2021.
- BRANDÃO, Diego Oliveira; ARIEIRA, Julia; NOBRE, Carlos A. Impactos das mudanças climáticas na sociobioeconomia da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 38, n. 112, p. 249-270, 2024.
- CERRI, Carlos Eduardo P. et al. Modelagem de mudanças na matéria orgânica do solo na conversão de floresta amazônica para pastagem com o modelo Century. *Global Change Biology*, v. 10, n. 5, p. 815-832, 2004.
- DALAL RC, Thornton CM, Allen DE, Owens JS, Kopittke PM. Long-term land use change in Australia from native forest decreases all fractions of soil organic carbon, including resistant organic carbon, for cropping but not sown pasture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2021;311:107326. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107326>
- DAMIAN, J. M.; DURIGAN, M. R.; CHERUBIN, M. R.; MAIA, S. M. F.; OGLE, S. M.; CAMARGO, P. B.; FERREIRA, J. N.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CERRI, C. E. P. Deforestation and land use change mediate soil carbon changes in the Eastern Brazilian Amazon. 2021 Regional Environmental <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01796-w>.
- DAMIAN, J. M.; MATOS, E. S.; PEDREIRA, B. C.; CARVALHO, P. C. F.; PREMAZZI, L, M.; CERRI, C. E. P. Intensification and diversification of pasturelands in Brazil: Patterns and driving factors in the soil carbon stocks. *Catena*, v.220, p.106750, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106750>.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 243-252, 2011.

Dixon, R.K.; Brown, S.; Houghton, R.A.; Solomon, A.M.; Trexler, M.C.; Wisniewski, J. 1994. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. *Science*, 263:185-190.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente & Sociedade*, v.15, n.2, p.1 -22, 2012.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF (Brasil): Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018.

IMAZON. A Amazônia em números. 2009. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/a-amazonia-em-numeros/amp/>. Acesso em: 12 fev. 2025

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change 2021: the physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

IPCC. 2007. *Climate Change: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. WMO/UNEP, 18 p.

IPCC, 2022. *Sixth Assessment Report AR6 Climate Change, 2022. Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/working-group/wg3/>. Acessado 03 março de 2025.

JACKSON, Robert B. et al. The ecology of soil carbon: pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 48, n. 1, p. 419-445, 2017.

JERKE, Caroline; SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de; GOEDERT, Wenceslau J. Distribuição do carbono orgânico em Latossolo sob manejada adubação fosfatada em plantio direto no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 442-448, 2012.

Kalbitz, K.; Schwesig, D.; Rethemeyer, J.; Matzner, E. (2005) Stabilization of dissolved organic matter by sorption to the mineral soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 37, n. 7, p. 1319–1331.

LA ROVERE, Emilio Lebre et al. *Implicações Econômicas E Sociais De Cenários De Mitigação De Gases De Efeito Estufa No Brasil Até 2030 Sumário Técnico*. 2016.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, Amsterdam, v. 123, n. 1-2, p. 1-22.

LAL, R. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. *Global Change Biology*, v.24, n.8, p.3285–3301, 2018. <https://doi.org/10.1111/gcb.14054>.

Lapola, D.M., Martinelli, L.a., Peres, C.a., Ometto, J.P.H.B., Ferreira, M.E., Nobre, C.a., Aguiar, A.P.D., Bustamante, M.M.C., Cardoso, M.F., Costa, M.H., Joly, C.a., Leite, C.C., Moutinho, P., Sampaio, G., Strassburg, B.B.N., Vieira, I.C.G., 2013. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nat. Clim. Chang.* 4, 27–35.

LOCATELLI, J. L., SANTOS, R. S., CHERUBIN, M. R., CERRI, C. E. P. Changes in soil organic matter fractions induced by cropland and pasture expansion in Brazil's new agricultural frontier. *Geoderma Regional*, <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00474>.

MAIA, S. M. F.; OGLE, S. M.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma*, v.149, p.84- 91, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.11.023>.

MAIA, S. M. F.; CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; LAL, R.; BERNOUX, M.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. C. Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. *Soil & Tillage Research*, v.133, p.75-84, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.06.002>.

MAIA, S. M. F.; MEDEIROS, A. S.; SANTOS, T. C.; LYRA, G. B.; LAL, R.; ASSAD, E. D.; CERRI, C. E. P. Potential of no-till agriculture as a nature-based solution for climate change mitigation in Brazil. *Soil and Tillage Research*, v.220, p.105368, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105368>.

MIDWOOD, Andrew J. et al. Storage of soil carbon as particulate and mineral associated organic matter in irrigated woody perennial crops. ***Geoderma***, v. 403, p. 115185, 2021.

NETO, Benedito Silva. Limitação da emissão de gases de efeito estufa, desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise prospectiva. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 4, out/dez, p. 5-26, 2021.

OLIVEIRA, D. C.; MAIA, S. M. F.; FREITAS, R. C. A.; CERRI, C. E. P. Changes in soil carbon and soil carbon sequestration potential under different types of pasture management in Brazil. *Regional Environmental Change*, v.22, p.87, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01945-9>.

QUINTÃO, José Maurício B. et al. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. ***Ciência e Cultura***, v. 73, n. 1, p. 18-24, 2021.

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 17 mar. 2025.

SANTOS CA, Rezende CP, Pinheiro ÉFM, Pereira JM, Alves BJR, Urquiaga S, Boddey RM. Changes in soil carbon stocks after land-use change from native vegetation to pastures in the Atlantic forest region of Brazil. *Geoderma*. 2019;337:94-401. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.045>

SILVA, B.B. Estimativa de sequestro de carbono por sensoriamento remoto. In: GALVÍNCIO, J.D. (Ed.). *Mudanças climáticas e modelo ambientais: caracterização e aplicações*. Recife,

BRA: Editora Universitária da UFPE, 2012. p. 51-70.

SOARES, Ricardo et al. Determinação dos Estoques de Carbono e Nitrogênio nas Frações Físicas da Matéria Orgânica em Solos Antrópicos (Terra Preta de Índio) e Não Antrópicos da Amazônia Central. *Revista Virtual de Química*, v. 14, n. 2, 2022.

SPA. Amazon Assessment Report 2021. [s.l.] UN Sustainable Development Solutions Network (SDSN), 2021.

ZEFERINO, L. B.; LUSTOSA FILHO, J. F.; SANTOS, A. C.; CERRI, C. E. P.; OLIVEIRA, T. S. Simulation of changes in C and N stocks with land use and cover in Amazon Forest Cerrado transition environment. *Geoderma*, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.11538>.