

## **Estoque de Carbono em Sistemas Agroflorestais no Cerrado: Uma Revisão Cienciométrica**

### **Carbon Storage in Cerrado Agroforestry Systems: A Scientometric Review**

Maria Tereza S. C. Chaveira<sup>1</sup>  
Mallú de Mendonça Barros<sup>2</sup>  
Francine Neves Calil<sup>3</sup>

#### **Resumo**

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) integram culturas agrícolas, florestais e/ou animais, otimizando o uso da terra e promovendo a sustentabilidade, contribuindo para a mitigação do efeito estufa ao garantir o estoque de carbono no solo e na biomassa. No Cerrado brasileiro, um bioma em constante perda de biodiversidade, os sistemas integrados são uma alternativa, para garantir a produtividade, biodiversidade e compensar as consequências do seu desmatamento. Esta pesquisa teve como objetivo identificar as principais abordagens e tendências das pesquisas nacionais e internacionais sobre a importância dos SAFs no estoque de carbono no Cerrado. Por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL) com abordagem cienciométrica, analisaram-se palavras-chave e resumos de publicações científicas. Os cinco termos mais recorrentes foram: *soil, carbon, systems, solo e crop*.

**Palavras-chave:** Sistemas integrados. Cerrado. Sistemas agroflorestais.

#### **Abstract**

*Agroforestry systems (SAF) integrate forestry, agricultural crops and livestock, optimizing land use and promoting sustainability, contributing to the mitigation of the greenhouse effect by guaranteeing carbon stocks in the soil and in biomass. In Brazil, the Savannah, a biome in constant loss of biodiversity, integrated systems are an alternative to guarantee productivity, biodiversity and compensate for the consequences of deforestation. The aim of this research was to identify the main approaches and trends in national and international research into the importance of SAFs for carbon stocks in the Savannah. Through a systematic literature review (SLR) with a scientometric approach, keywords and abstracts of scientific publications were analyzed. The five most recurrent terms were: soil, carbon, systems, soil and crop.*

**Keywords:** *Integrated systems. Savannah. Agroforestry systems.*

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/1112597133194115>.

<sup>2</sup> Administradora. Doutora em Agronegócio. Mestre em Conservação e Preservação do Cerrado. Pós-graduada em políticas públicas. Docente Universitária. Servidora pública da Agência Municipal de Meio Ambiente (AMMA/Goiânia)

<http://lattes.cnpq.br/5694875693173557>

<sup>3</sup>Engenheira Florestal (UFMS, 2000); Mestre em Engenharia Florestal (UFMS, 2003). Doutora em Engenharia Florestal (UFMS, 2008). Docente na graduação UFG/ Engenharia Florestal, e Programa de Pós-Graduação em Agronomia e do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio <http://lattes.cnpq.br/2520537051838618>

## Introdução

Em 2020, o Brasil foi classificado como um dos cinco países que apresentam uma parte significativa da área florestal mundial, de acordo com dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2020). Isso significa que o país é um importante *player* mundial no que tange as ações em prol da mitigação das consequências das mudanças climáticas causadas em parte pela emissão de gases do efeito estufa (GEE), sobretudo ao se considerar a avaliação das fontes de emissão de GEE oriundas da adoção de práticas mais resilientes quanto ao uso de terra inclusive pela agropecuária, majorando os indicadores que colocam destaque a posição do Brasil como um dos maiores detentores de áreas florestais do mundo (BRASIL, 2025).

Conforme Geraque (2023), o país assistiu a uma diminuição dos índices da mudança de uso de terra, em 2023, todavia verificou desmatamento no bioma amazônico, e, no Cerrado, perdeu parte considerável de área nativa, e as estimativas apontam que há menos de 50% de vegetação remanescente, que tem sido destinada ao uso principalmente em áreas de monocultura e pastagem.

Diante desse cenário, verifica-se o aumento progressivo de pesquisas que desenvolvem e/ou aprimoram técnicas voltadas a agricultura de baixo impacto, em especial visando o sequestro de carbono e estoque seja no solo ou na biomassa (AWZY et. al., 2020).

Nessa situação, o presente estudo tem como objetivo realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar principais abordagens e tendências do desenvolvimento de pesquisas nacionais e internacionais que abrangem a evolução das informações sobre a importância dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) que considerem, inclusive, o bioma Cerrado ou ainda que abordem a temática quanto ao estoque de carbono no solo e em forma de biomassa; apresentar um esquema, a partir de uma análise cienciométrica, dos principais *hotspots*, ou seja, dos principais pontos quentes e, portanto, em destaque e comum às pesquisas resultantes desta análise que considerou a identificação de artigos com base na temática SAF, a partir das principais palavras-chave e resumos utilizados pelos pesquisadores.

Por fim, como expectativas deste artigo, pretende-se verificar as principais abordagens das pesquisas SAFs por ser uma reconhecida estratégia aplicada diante da capacidade de sequestrar carbono da atmosfera e armazená-lo na biomassa das árvores e no solo, além de implicar na redução das emissões de GEEs ao diminuir a necessidade de desmatamento e ao promover práticas agrícolas mais sustentáveis.

## Sistemas Agroflorestais (SAFs): Conceito, características e benefícios na mitigação de emissões de GEE e no sequestro de carbono

Os sistemas que integram mais de uma cultura são vistos como uma forma de otimizar o uso de terra, dentre esses, o sistema agroflorestal que já é amplamente difundido em países tropicais é uma ótima alternativa para garantir a produtividade ao

mesmo tempo que promove serviços ecossistêmicos, como o estoque de carbono (ALEXANDER et. al., 2025).

A tecnologia que remonta aos Sistemas Agroflorestais (reconhecidos e chamados de SAFs) define os modelos de uso da terra que a partir da integração de árvores, cultivos agrícolas e, em alguns casos, animais, em uma mesma área, de forma simultânea ou sequencial. Ou seja, trata-se de um modelo que visa promover a sustentabilidade ambiental, econômica e social, além de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

Em outras palavras, os SAFs, detém grande relevância socioambiental, pois são vistos por muitos pesquisadores como uma imitação do ambiente natural, a partir da consorciação de várias espécies dentro de uma área, aumentando a diversidade do ecossistema (...) e são desenhados a partir das dinâmicas de cada região, em que a construção de um sistema agroflorestal deve ser embasado na cultura e necessidades daqueles que irão trabalhar com o manejo do sistema no dia-a-dia (DA SILVA, 2022), além de ser um modelo de uso da terra que integra árvores, cultivos agrícolas e, em alguns casos, animais, em uma mesma área, de forma simultânea ou sequencial.

Nesse contexto e dentre os benefícios deste tipo de tecnologia, verificam-se, ainda a ciclagem de nutrientes, supressão de processos erosivos, melhoramento da infiltração da água no solo e grande sequestro e estocagem de carbono pela biomassa vegetal (AGOSTINHO et. al., 2018) e, portanto, o que reforça os estudos acerca da temática e se destacam como serviços ambientais produzidos pelos sistemas agroflorestais.

Somado a isso, a cienciométrica insere contribuições quanto a cientificidade técnica, ou seja, detém relevância acadêmica por nortear quanto ao delineamento de pesquisas e, por conseguinte, dar direcionamento às estratégias de desenvolvimento científico, ao criar métricas e indicadores deferindo as atuais lacunas, tendências e padrões, tornando cenário científico esquematizável (FILIPPI et. al., 2019).

## Metodologia

Assim sendo, como procedimento metodológico, esta pesquisa realizou uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), com base no protocolo internacional de Cronin, et. al. (2008), mediante os critérios metodológicos preconizados por Filippi et. al. (2019), ou seja, mediante a adoção e definição de cinco etapas, sendo elas:

- (i) **Formulação da questão problema da pesquisa** – Quantas publicações nacionais e internacionais existem que abordam estoque de carbono em sistemas agroflorestais no Cerrado?
- (ii) **Definição da Base de dados e critérios de inclusão e exclusão na busca por publicações**
  - a. Base de dados para RSL: Portal de Periódicos da CAPES – mediante uso da Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) - que é uma federação de identidade que reúne instituições de ensino e pesquisa brasileiras. Por ser a plataforma mais usada por pesquisadores brasileiros e indexar outros volumes de base de dados nacionais e internacionais em um mesmo ambiente científico;
  - b. Adoção da 1ª palavra-chave e idioma para busca de publicações: inglês; *integrated system*;

- c. Critério de inclusão: Operadores Booleanos de buscas; Utilização dos Operadores Booleanos para 2º refinamento da pesquisa: AND; OR – direcionamento desses critérios para atendimento dos objetivos propostos na pesquisa, ou seja, identificação de publicações que abordavam temas relacionados a “Carbon” AND “Cerrado”; OR “sistemas agroflorestais” AND “Cerrado” AND “Carbono”;
- d. Critério de inclusão a partir da 2ª rodada de refinamento: artigos. Critério de exclusão: resumos e capítulos de livros; Critério de inclusão: Recorte temporal a partir da primeira publicação disponível no banco de dados até a produção mais recente (2011 a 2025), considerando-se que o marco histórico, ou seja, as duas primeiras publicações acerca da temática, ambas de 2011, publicadas pela editora Embrapa Informação Tecnológica em sua revista Pesquisa Agropecuária Brasileira desenvolvidas por Muniz et. al (2011) e Carvalho et. al. (2011)

### (iii) Análise Cienciométrica

- a) Diante da coleta de dados, o tratamento dos dados obtidos como resultado da RSL ocorreu mediante uso dos *softwares Microsoft Excel* e processamento utilizou os softwares estatísticos R e Iramuteq;
- b) Elaboração dos *clusters* e esquema com as forças (*hotspots*) de termos mais utilizados pelos pesquisadores a partir das palavras-chave e resumos.

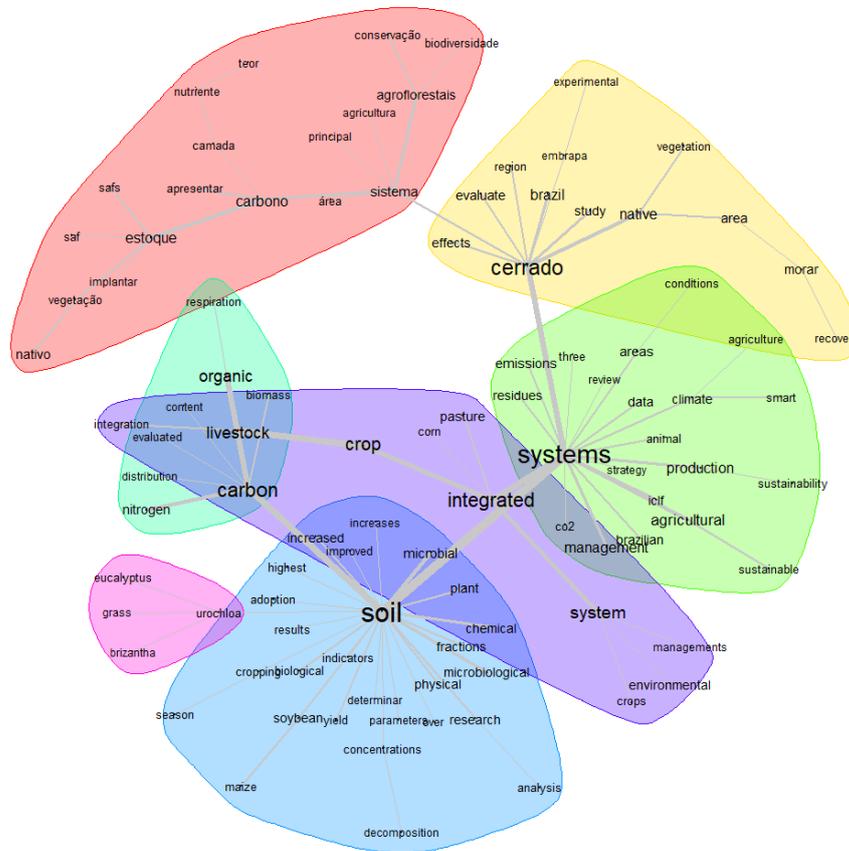
(iv) **Responder ao problema de pesquisa** – Quais os 5 termos mais comumente utilizados em palavras-chave e em resumos em pesquisas que se dedicam à Sistemas Agroflorestais (SAFs), tanto em revistas e periódicos nacionais e internacionais ao abordarem o delineamento temático com base em “estoque de carbono”, “sistemas agroflorestais” e “Cerrado”?

Diante disso, com a adoção da 1ª palavra-chave *integrated system como input* de busca verificou-se o *output*: artigos, resenha totalizando – 26. 830 publicações a partir de 1962 a 2025, sendo os 5 recursos mais publicados: artigos (23.722), capítulos de livros (1.524), revisões (1.126), cartas (211) e editoriais (152). Em mais de 25 idiomas com destaque inglês, espanhol, francês, português e alemão. Após o refinamento com a adoção de critérios de inclusão e exclusão, apontados na metodologia, obteve-se um output de 23 artigos, 1 resenha e 1 revisão, em idiomas inglês e português, dos quais os acessos eram: 15 abertos e 10 fechados.

## Resultados

Para maior interpretação dos achados cienciométricos, considerando-se os recursos estatísticos quali-quantitativos desta pesquisa, e de modo a elevar seu potencial acadêmico, a presente pesquisa de RSL identificou os principais argumentos utilizados em palavras-chave e resumos introdutórios das pesquisas, como pode-se verificar na análise de similitude, mediante a construção de clusters de conexões entre os dados analisados, conforme figura 1.

**Figura 1: Análise de Similitude dos resumos científicos: principais termos usados nas pesquisas sobre SAF's (Ano Referência: 2011-2025)**



Fonte: Dados da Pesquisa. Elaborado pelas autoras (2025).

Conforme figura 1, verifica-se o encadeamento grafo, por força da frequência de termos utilizados nas pesquisas científicas relacionadas ao termo *integrated system*. O encadeamento, também chamado de grafo de similitude, destaca os *hotspots* das principais abrangências das pesquisas associadas a temática SAF's. Isto é, 7 são as áreas concentração principais no tocante às pesquisas sobre sistemas agroflorestais, o que destaca que os agrupamentos específicos e decorrentes das áreas mais pesquisadas a partir de termos principais, como: System, soil, integrated, carbon, Cerrado, o gênero dos componentes vegetais mais utilizados (Eucalyptus et Urochloa) tipo de eucalipto Urochloa e carbono. Isso se deve pelo fato de muitos estudos contemplarem solo, sim, trata-se os artigos têm contemplado as sementes da gramínea com vistas do carbono no solo.

Isso significa que a figura 1, com o gráfico de similitude, demonstrou a representação visual da análise de dados, resultados da RSL, e, portanto, os agrupamentos representados por nós (*hotspots*), e as arestas (as conexões entre elas) fortalecida pela representação dos pesos e das espessuras das linhas pela frequência de utilização dos termos encontrados nos 25 artigos revisados. Ou seja, quanto maior a similaridade, mais forte (ou mais espessa) é a conexão, diante disso, verifica-se em destaque dos termos também em *wordclouds* (nuvem de palavras), conforme figura 2.



Infere-se da figura 3, acima, que a *wordcloud* (nuvem de palavras) é uma representação visual de texto onde as palavras são exibidas em tamanhos proporcionais à sua frequência ou importância no conjunto de dados analisado. Em outras palavras, tem-se àquelas que aparecem com mais frequência são destacadas em tamanhos maiores, enquanto palavras menos frequentes aparecem menores e, numa confecção de artigo, a partir da RSL poderiam ser omitidas ou descartadas quanto a utilização da praxe do uso desses termos. Todavia, àqueles em maior destaque evidenciam quais termos têm maior relevância, entre 2011-2025, para os autores da temática SAF, nesse período e, portanto, precisam ser consideradas para fins citação, utilização e buscas nas bases de dados.

Por fim, uso dos termos acima alinhou-se com o que prevê a literatura, considerando-se a motivação de muitos estudos acerca da intensificação do efeito estufa, isto é, da viabilidade de se utilizar manejos mais sustentáveis e que consigam armazenar carbono orgânico na forma de biomassa e da decomposição de matéria orgânica por ação de microrganismos (BRITO, 2018) e que os sistemas integrados, em sistemas agroflorestais, comparado a outros arranjos agrícolas como a pastagem e lavoura, apresentam protagonismo ao avaliar a manutenção da qualidade do solo em diferentes profundidades, se aproximando ao observado em áreas de vegetação nativa (ROSA, 2020).

## Considerações Finais

Diante da relevância da temática dos sistemas agroflorestais, torna-se tão importante a compreensão das áreas correlatas que se somam como ponto de partida para pesquisas específicas acerca da temática SAF, uma vez que a ciencimétrica direciona à artigos para abordagens e estratégias específicas como, por exemplo, da porosidade do solo e das características dos sistemas estudados no Brasil. Assim sendo, o objetivo desta pesquisa foi atendido, visto que se realizou uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e identificou-se as principais abordagens e tendências do desenvolvimento de pesquisas nacionais e internacionais que abrangem a evolução das informações sobre a importância dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) que consideraram também o bioma Cerrado e o estoque de carbono no solo. Além de apresentar um esquema grafo de uma análise ciencimétrica, dos principais *hotspots*, e, portanto, com ênfase nas principais palavras-chave e termos aplicados aos resumos utilizados pelos pesquisadores. Por fim, respondeu-se à questão problema: Quais os 5 termos mais comumente utilizados em palavras-chave e em resumos em pesquisas que se dedicam à Sistemas Agroflorestais (SAFs), tanto em revistas e periódicos nacionais e internacionais ao abordarem o delineamento temático com base em “estoque de carbono”, “sistemas agroflorestais” e “Cerrado”? São eles: *soil, carbon, systems, solo, crop*. Mas apontou a RSL uma tendência para pesquisas que concomitante avaliaram ou abordaram também: *organic, integrated, livestock, sustainability, intensification, agriculture, quality, stocks*, qualidade. Em suma, a pesquisa da RSL apresentou a correlação entre frequência de termos e áreas de aplicação dos SAFs dos termos e critérios metodológicos mais adotados pelos pesquisadores acerca da temática. Isto é, que os pesquisadores consideram aspectos de relevância econômica e social, da produção agrícola e da pecuária no Cerrado brasileiro e da relação do tema amplamente associado ao desmatamento e uma tecnologia que visa o manejo adequado numa mesma área.

## Referências

- AGOSTINHO, P. R.; NASCIMENTO, J.S.; PADOVAN, P.S. SOARES, J.A. B.; PADOVAN, M.P. **Potencialidades, Avanços e Desafios Envolvendo Sistemas Agroflorestais Biodiversos e Famílias Assentadas no Município de Dourados, Mato Grosso do Sul.** Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – V. 13, N. 2, dez. 2018. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/2099/2179> Acesso: 03 Mar. 2025.
- ALEXANDER, L.; MANSON, S.; JAIN, V.; SETIAWAN, I. M.; SADNYANA, M. D.; SYIRAZI, M.; WIBOWO, Z. A.; SUKMADEWI, D. K.T.; CAMPERA, M. **The Interplay Between Carbon Storage, Productivity, and Native Tree Density of Agroforestry Systems.** *Land*, v. 14, n. 2, p. 344–344, 8 fev. 2025. DOI: 10.3390/land14020344
- AWZY, S.; OSMAN, A. I.; DORAN, J.; ROONEY, D. W. **Strategies for Mitigation of Climate change: a Review.** *Environmental Chemistry Letters*, v. 18, n. 18, p. 2069–2094, 30 jul. 2020. Disponível em: <https://pure.qub.ac.uk/en/publications/strategies-for-mitigation-of-climate-change-a-review> Acesso: 03 mar.2025.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **O Brasil no enfrentamento à mudança do clima.** Brasília, DF: MMA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima> Acesso: 22 fev. 25.
- BRITO, M. R.; SIQUEIRA, F. L. T.; SOUSA, I. J. A.; SOUSA, R. N. **ESTOQUE DE Carbono No Solo Sob Diferentes Condições De Cerrado.** DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 5, n. Especial, p. 114–124, 31 out. 2018.
- CARVALHO, A. M.; SOUZA, L. L. P.; GUIMARAES JUNIOR, R.; ALVES, P. C. A. C.; VIVALDI, L. J. **Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1200–1205, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000012>
- CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. **Undertaking a literature review: a step-by-step approach.** *British Journal of Nursing*, v. 17, n. 1, p. 38-43, 2008.
- DA SILVA, A.F.S. **Transição Agroecológica: proposta de desenho de um sistema agroflorestal (SAF) para uma área com escassez de água.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ecologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro. 2022 Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/bd331b92-e6c4-4ab8-b0fa-f51385795d97/content> Acesso: 24 mar.2025.
- FILIPPI, A. C, G; GUARNIERI, P.; CUNHA, C. A. **Condomínios Rurais: revisão sistemática da literatura internacional.** *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 27, n. 3, 1 out. 2019. Disponível em:

[https://www.revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/ESA27-3\\_04\\_condominios\\_rurais](https://www.revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/ESA27-3_04_condominios_rurais) Acesso: 22 fev. 2025.

GERAQUE, E. **O Cerrado em seu momento mais difícil.** Jornal UNESP, São Paulo, 1 nov. 2023. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2023/10/26/o-cerrado-em-seu-momento-mais-dificil/>. Acesso: 22 fev. 2025.

IPCC - **Painel intergovernamental sobre Mudanças climáticas.** Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/relatorio-executivo-08-07-web.pdf> . Relatório 2020. Acesso: 11.mai.2025.

MUNIZ, L. C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B.F.; CANTANHE, I. S. L.; MACHADO, P. L. O. A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. S. **Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 10, p. 1262–1268, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000021>

ROSA, V. A.; SOARES NETO, J. P. **Atributos Físicos e Estoque de Carbono em Sistemas Agroflorestais nos Cerrados do Oeste da Bahia.** Revista Brasileira de Geografia Física, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 2660–2671, 2020. DOI: 10.26848/rbgf.v12.7.p2660-2671. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/239457> . Acesso em: 03 mar. 2025.