

INTEGRANDO O PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA) AOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs): TÉCNICAS DE REVISÃO DE ESCOPO SOBRE UM CAMINHO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NO BRASIL

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e a degradação dos ecossistemas têm se intensificado, comprometendo os serviços ecossistêmicos (SE) essenciais para o bem-estar humano. Entre 2019 e 2022, o Brasil registrou um aumento alarmante do desmatamento, queimadas e degradação em seus principais biomas, impactando severamente serviços como a regulação do clima e da água, especialmente nas comunidades mais vulneráveis. Reconhecer a essencialidade dos SE é um primeiro passo para implementar ações concretas. No entanto, desenvolver instrumentos de política ambiental que enfrentem esses desafios é complexo, exigindo soluções que abordem as causas fundamentais da degradação ambiental.

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as alterações do uso e cobertura da terra é uma das principais causas das mudanças climáticas. Na Amazônia brasileira, essas alterações estão diretamente ligadas ao desmatamento para conversão de florestas em áreas agrícolas e pastagens, resultando na liberação de dióxido de carbono (CO₂), o que contribui diretamente para o aquecimento global.

Diante desse cenário, surgem questionamentos essenciais a respeito desta constatação. Com o aumento iminente da temperatura global e suas consequências diretas e indiretas sobre o planeta, como podemos repensar o futuro das terras cultiváveis no contexto das mudanças climáticas? Quais tecnológicas atualmente disponíveis são viáveis e adaptáveis à realidade brasileira e global? Seria possível conciliar a produção agrícola com a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais? Como vislumbrar uma agricultura realmente sustentável? Quais abordagens, mecanismos e ferramentas podem viabilizar uma transição adequada, que atenda às metas globais de redução das emissões de gases de efeito estufa? Seria possível integrar áreas cultiváveis e florestadas, superando a tradicional dicotomia entre agricultura e floresta? E, sobretudo, como maximizar os benefícios dessa integração para promover uma agricultura mais resiliente e sustentável?

Este artigo, desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas, busca contribuir para essa reflexão. Nosso objetivo é aprofundar a compreensão sobre a integração de instrumentos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) com a adoção de Sistemas Agroflorestais (SAFs) biodiversos no Brasil, analisando casos já estudados. Para isso, utilizamos uma abordagem metodológica de revisão de escopo (*scoping review*), com o intuito de mapear a produção científica atual e identificar possíveis lacunas de conhecimento.

2 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs)

A crescente preocupação ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas de produção que conciliem eficiência produtiva com baixo custo e capacidade de sequestrar e armazenar carbono. Entre essas alternativas, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) se destacam como uma abordagem promissora, especialmente para a agricultura familiar.

Os SAFs são caracterizados pela integração de espécies florestais com cultivos agrícolas e/ou criações animais, conforme definido pelo Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF). Eles abrangem uma vasta gama de arranjos produtivos que promovem a combinação de árvores e lavouras em um mesmo espaço, resultando em benefícios sociais, econômicos e ecológicos (MICCOLIS *et al.*, 2016).

Os SAFs podem ser divididos em categorias simples, como os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, e complexos, como os sistemas agroflorestais biodiversos ou sucessionais, que visam imitar a sucessão ecológica dos ecossistemas naturais locais (MICCOLIS *et al.*, 2016; MARTINELLI, 2020). A literatura sobre SAFs destaca múltiplos benefícios, como o aumento da biodiversidade (BHAGWAT *et al.*, 2008; JOSE, 2012), conservação da fertilidade do solo (MAIA *et al.*, 2006; PEREIRA, 2022), estocagem de carbono (CARVALHO *et al.*, 2014), ciclagem de nutrientes (GAMA-RODRIGUES, 2011) e manutenção dos recursos hídricos (BARGUÉS TOBELLA *et al.*, 2014). Além disso, os SAFs contribuem para a segurança alimentar e nutricional (WALDRON *et al.*, 2017; ALVES *et al.*, 2019; DUFFY *et al.*, 2021), promovem o controle biológico de pragas (COELHO *et al.*, 2017; SOUZA; CASTILHO, 2022), diversificam a produção agrícola (STEENBOCK *et al.*, 2013) e aumentam a resiliência dos sistemas produtivos (SOUZA; PIÑA-RODRIGUES, 2013).

Entre as categorias de SAFs, os sistemas biodiversos se destacam por sua complexidade e maior capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos (SE) e promover a restauração ecológica (SANTOS; CROUZEILLES; SANSEVERO, 2019; MARCONI; ARMENGOT, 2020; MARQUES; GRELLE, 2021). Os SAFs biodiversos, com sua estrutura multiestratificada que simula florestas nativas, promovem maior resiliência ambiental e produtiva ao longo do tempo, reduzindo gradativamente a necessidade de insumos externos. Assim, são capazes de integrar produção agrícola e conservação ambiental, sendo uma alternativa interessante para a sustentabilidade agrícola frente às exigências globais de redução das emissões de gases de efeito estufa.

No Brasil, o Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) identifica os SAFs como uma alternativa dentro do contexto de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Nesse cenário, a aplicação de metodologias para o levantamento de biomassa e carbono nos SAFs, especialmente na agricultura familiar, torna-se cada vez mais urgente. Contudo, um dos principais desafios para a adoção em larga escala dos SAFs é a falta de investimento, considerando os custos de oportunidade e de manutenção das áreas preservadas.

3 PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA)

Desde o final da década de 1990, o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) tem sido amplamente utilizado como uma estratégia em países latino-americanos para financiar a conservação ambiental. Este instrumento se baseia na compensação financeira de atividades humanas que promovem a conservação, manutenção e restauração de ecossistemas, essenciais para garantir a provisão dos chamados serviços ecossistêmicos (SE) (BRASIL, 2021).

A importância dos SE foi evidenciada globalmente pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA), que alertou sobre as crescentes pressões sobre os ecossistemas e a consequente deteriorização dos SE, impulsionadas pelo crescimento populacional, pela lenta transição para economias circulares, e pelas mudanças climáticas globais.

Desde a publicação da MEA em 2005, inúmeros estudos têm buscado avaliar, monitorar, modelar e atribuir valor econômico aos SE. Em paralelo, governos de países com vastas áreas florestais, como o Brasil, têm implementado políticas públicas que incentivam a conservação dos ecossistemas, promovendo instrumentos como o PSA.

Em 2021, a Lei nº 14.119 instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) no Brasil, formalizando o conceito de PSA. A lei define o PSA como uma “transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes” (BRASIL, 2021). A lei também traz conceitos e definições da MEA, definindo os SE como “os

benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, nas seguintes modalidades descritas de provisão, regulação, suporte e culturais” (BRASIL, 2021). Já os serviços ambientais (SA) são descritos como “atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos SE” (BRASIL, 2021), sendo essas atividades passíveis de identificação e remuneração.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) classifica os SA em três atividades principais: controle da poluição (atmosférica, hídrica, do solo e sonora); gestão de recursos (sistemas de purificação e abastecimento de água potável); e tecnologia e produtos limpos ou eficientes no uso dos recursos naturais (JURAS, 2009). Essas classificações fornecem as bases para a definição dos elementos juridicamente relevantes para a regulamentação do PSA.

A possibilidade de remunerar pela proteção ambiental tem sido objeto de políticas públicas no Brasil desde a década de 1990, onde prefeituras diversas e a Agência Nacional de Águas (ANA) promoveram formas de compensar especialmente pequenos produtores rurais.

É interessante notar que os projetos de PSA podem ser desenhados e adaptados para diferentes contextos. Em regiões desmatadas ou sob pressão de desmatamento, o PSA pode desempenhar um papel importante em iniciativas de reflorestamento, possivelmente combinado com práticas de Sistemas Agroflorestais (SAFs), para promover a conservação, o sequestro de carbono e o fornecimento de água (FREITAS, 2021). Em áreas de vegetação nativa contínua, como Unidade de Conservação (Ucs) e terras indígenas, ou em grandes propriedades rurais, o PSA pode ser implementado através da transferência de recursos por meio de programas de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD) (SALVIATI, 2021).

A Lei nº 14.119 surge em um momento crucial da crise ecológica e tem grande potencial para incentivar comportamentos de preservação dos SE, especialmente os associados à regulação climática, à estabilidade dos ciclos hídricos, à ciclagem de nutrientes e à polinização. Todavia, a efetividade e a abrangência dessa política dependerão da coordenação eficaz de sua implementação, cuja a responsabilidade recairá sobre o Poder Executivo.

3 REVISÃO DE ESCOPO: DISCUSSÃO E RESULTADOS

Realizamos uma busca na base de dados Scopus utilizando palavras-chave relacionadas ao PSA, aos SAFs e ao contexto brasileiro.

A metodologia de revisão bibliográfica seguiu os seguintes passos. Na pesquisa avançada da base de dados bibliográfica Scopus, utilizamos as seguintes palavras-chaves organizadas em *query strings*: "PES" OR "payment* for environmental service*" OR "payment* for ecosystem service*" OR "payment* for carbon sequestration" AND "agroforestry system*" OR "agroforestry" OR "AFS" OR "agroforest*" AND "Brazil" OR "Brazilian Amazon" OR "Cerrado" OR "Brazilian Savannah" OR "Atlantic Forest" OR "Caatinga".

Para entender o funcionamento dos mecanismos de PSA nos SAFs brasileiros, adicionamos:

1. "PES" OR "payment* for environmental service*" OR "payment* for ecosystem service*" OR "payment* for carbon sequestration", para designar o tema central;
2. "agroforestry system*" OR "agroforestry" OR "AFS" OR "agroforest*", para abordar o conceito de sistemas agroflorestais;

3. "Brazil" OR "Brazilian Amazon" OR "Cerrado" OR "Brazilian Savannah" OR "Atlantic Forest" OR "Caatinga", para delimitar o contexto geográfico da pesquisa.

Dos 77 artigos encontrados, selecionamos 22 para leitura detalhada, com base em critérios como a presença de instrumentos de PSA e SAFs biodiversos. No final, dois artigos atenderam aos critérios: "*Potential economic impact of carbon sequestration in coffee agroforestry systems*" de Gonçalves *et al.* (2021) e "*Payment for Environmental Services and the Financial Viability of Agroforestry Systems*" de Dominicis *et al.* (2023).

O trabalho de Gonçalves *et al.* (2021), investigou o potencial dos SAFs na restauração e provisão de SE, quantificando o sequestro de carbono e seu impacto econômico em pequenas propriedades no estado de São Paulo. Os resultados indicaram uma diversidade significativa de espécies de árvores e estoques de carbono elevados, comparáveis a Unidades de Conservação (Ucs). Contudo, o impacto econômico do sequestro de carbono foi relativamente baixo, sugerindo que a receita de carbono pode não ser um incentivo econômico convincente para a adoção de SAFs.

O estudo realizado por Dominicis *et al.* (2023) avaliou a viabilidade financeira da implementação de SAFs em assentamentos de reforma agrária na Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, no estado de Goiás. O estudo identificou uma contribuição significativa dos SAFs para a redução da erosão e sedimentação, com o valor do PSA pago aos agricultores sendo equivalente à receita proveniente da venda de produtos agroflorestais nos primeiros dois anos.

4 CONCLUSÃO

No Brasil, a integração entre PSA e SAFs representa uma estratégia crucial para harmonizar a produção agrícola com a conservação ambiental. Os SAFs oferecem uma abordagem integrada que diversifica a produção, aumenta a resiliência dos agricultores, conserva os recursos naturais e promove os SE. O PSA, por sua vez, valoriza e remunera os SA proporcionados pelos SAFs, incentivando a adoção de práticas sustentáveis e contribuindo para as metas de conservação ambiental e desenvolvimento rural.

Os resultados dos estudos indicam que os SAFs podem desempenhar um papel importante na promoção do desenvolvimento sustentável e na conservação ambiental, especialmente quando alinhados a políticas públicas como o PSA. No entanto, o PSA, por si só, pode não ser suficiente para incentivar a adoção de SAFs. Como demonstrado por Dominicis *et al.* (2023) e Gonçalves *et al.* (2021), os valores pagos pelo PSA em alguns contextos apresentam discrepâncias significativas em comparação com outros PSA implementados no Brasil, evidenciando que as políticas públicas de incentivo às boas práticas agrícolas tendem a favorecer grandes proprietários de terras, já que os montantes pagos são relativamente baixos e, para alcançar um benefício satisfatório, é necessário repartir áreas consideráveis.

Portanto, é essencial adotar uma abordagem integrada que combine instrumentos de PSA com outros incentivos econômicos, técnicos e sociais, garantindo a sustentabilidade a longo prazo. Isso requer o envolvimento de múltiplos atores, incluindo governos, ONGs, instituições de pesquisa e comunidades locais.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. C. *et al.* Sistemas agroflorestais biodiversos: segurança alimentar e bem-estar às famílias agricultoras. **Revista GeoPantanal**, n. 26, p. 75-94, jun. 2019.

BARGUÉS TOBELLA, A. *et al.* The effect of trees on preferential flow and soil infiltrability in an agroforestry parkland in semiarid Burkina Faso. **Water Resources Research**, v. 50, n. 4, p. 3342–3354, abr. 2014.

BHAGWAT, S. A. *et al.* Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, n. 5, p. 261–267, maio 2008.

BRASIL. **Lei Nº 14.119**, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n os 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2021.

CARVALHO, W. R. *et al.* Short-term changes in the soil carbon stocks of young oil palm-based agroforestry systems in the eastern Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 2, p. 357–368, abr. 2014.

COELHO, T. A. DO V. *et al.* Incidência de insetos-praga em sistema agroflorestral multiestrata na região centro-sul do Paraná. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 2, p. 86, 29 nov. 2017.

DOMINICIS, L. F. D. *et al.* Payment for Environmental Services and the financial viability of Agroforestry Systems: an integrated analysis of socio-environmental projects in the Descoberto Basin—Federal District. **Forests**, v. 14, n. 10, p. 1-17, out. 2023.

DUFFY, C. *et al.* Agroforestry contributions to smallholder farmer food security in Indonesia. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 6, p. 1109–1124, ago. 2021.

FREITAS, J. C. de. Projeto Oásis. In: SEMINÁRIO EXPERIÊNCIAS EM SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS - AMAZÔNIA, 1., 2021, Campinas. Projeto ASEAM. Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2021.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Soil organic matter, nutrient cycling and biological dinitrogen-fixation in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 81, n. 3, p. 191–193, mar. 2011.

GONCALVES, N. *et al.* Potential economic impact of carbon sequestration in coffee agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 2, p. 419–430, jan. 2021.

JOSE, S. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 1, p. 1–8, maio 2012.

JURAS, I. A. G. M. **Uso de instrumentos econômicos para a gestão ambiental**: países da OCDE e América Latina. Brasília: Câmara dos Deputados, 2009.

MAIA, S. M. F. *et al.* Impactos de sistemas agroflorestrais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 837–848, out. 2006.

MARCONI, L.; ARMENGOT, L. Complex agroforestry systems against biotic homogenization: The case of plants in the herbaceous stratum of cocoa production systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 287, p. 106664, jan. 2020.

MARQUES, M. C. M.; GRELLE, C. E. V. (Eds.). **The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**. Cham: Springer International Publishing, 2021.

MARTINELLI, J. V. **Os Sistemas Agroflorestais no Brasil: Abordagem conceitual, ecológica e socioeconômica**. 2020. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Toledo, 2020.

MEA, M. E. A. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MICCOLIS, A. *et al.* **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção no cerrado e na caatinga**. Brasília: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF), 2016.

PEREIRA, J. R. **Do agroforestry systems improve soil functioning? A comparison with other land uses**. Dissertação—Piracicaba: University of São Paulo “Luiz de Queiroz” College of Agriculture, 2022.

SALVIATI, V. Programa Bolsa Floresta. In: SEMINÁRIO EXPERIÊNCIAS EM SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS - AMAZÔNIA, 1., 2021, Campinas. Projeto ASEAM. Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2021.

SANTOS, P. Z. F.; CROUZEILLES, R.; SANSEVERO, J. B. B. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 433, p. 140–145, fev. 2019.

SOUZA, F. P. D.; CASTILHO, T. P. R. Uso de sistemas agroflorestais para o controle biológico natural em propriedades rurais. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 7, p. 71–77, jun. 2022.

SOUZA, M. C. S. D.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na floresta ombrófila densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 89–98, fev. 2013.

STEENBOCK, W. *et al.* **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. [s.l.]: Kairós Edições Ltda, 2013.

UDAWATTA, R. P.; GARRETT, H. E.; KALLENBACH, R. Agroforestry buffers for nonpoint source pollution reductions from agricultural watersheds. **Journal of Environmental Quality**, v. 40, n. 3, p. 800–806, maio 2011.

WALDRON, A. *et al.* Agroforestry can enhance food security while meeting other Sustainable Development Goals. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 194008291772066, jan. 2017.