





Avaliação dos serviços ecossistêmicos e pagamento por serviços ambientais: aplicação na bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro, Mato Grosso do Sul

Bruna Dienifer Souza Sampaio ¹  

Vitor Matheus Bacani ²  

Destaques

- Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que os humanos obtêm dos ecossistemas naturais.
- As bacias hidrográficas oferecem serviços como purificação da água e sequestro de carbono.
- A valoração evidencia a importância da conservação e manejo sustentável dos ecossistemas.
- A bacia do Córrego Bebedouro apresenta ganhos por meio dos Pagamentos por Serviços Ambientais.

Resumo: A Bacia Hidrográfica do Córrego Bebedouro (BHCB) no estado de Mato Grosso do Sul (MS), enfrenta desafios significativos devido à perda de vegetação nativa e à consequente redução dos serviços ecossistêmicos. O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) pode ser uma oportunidade eficaz para mitigar esses problemas, incentivando a conservação e recuperação ambiental. Este trabalho teve como objetivo avaliar os serviços ecossistêmicos de estoque e sequestro de carbono e simular o PSA na BHCB. A metodologia incluiu aplicação da valoração do IPCC e simulação do PSA do Programa Mina D'água na área. Os resultados indicaram estimativas de sequestro de carbono, no horizonte de 12 e 30 anos: margens de cursos d'água (29.633,89 tC e 74.084,711 tC), Áreas de Preservação Permanente (APP) (1.241,58 tC e 3.103,95 tC) e Reservas Legal (RL) (95.918,40 tC e 239.795,980 tC), maior estimativa no contexto de recomposição vegetal. A simulação do PSA revelou a presença de 66 nascentes nas 25 propriedades rurais, com um valor anual total de R\$ 21.336,48 para sua preservação e a faixa de recomposição no total de 1.576 metros. Recomenda-se o incentivo ao reflorestamento em áreas de propostas de RL, no Cadastro Ambiental Rural (CAR/MS).

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos; Valoração Ambiental; Sequestro de Carbono; Simulação; Pagamentos por Serviços Ambientais.

¹ Doutora em Geografia e pesquisadora no Laboratório de Sensoriamento Remoto - La-SeR, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS.

² Professor e pesquisador do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, *Câmpus* de Três Lagoas - MS.



EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES AND PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES: APPLICATION IN THE CÓRREGO BEBEDOURO RIVER BASIN, MATO GROSSO DO SUL

Abstract: The Bebedouro Stream Watershed (BHCB in Portuguese) in the state of Mato Grosso do Sul (MS) faces significant challenges due to the loss of native vegetation and the consequent reduction in ecosystem services. Payment for Environmental Services (PES) could be a promising opportunity to mitigate these issues, encouraging conservation and environmental recovery. This study aimed to evaluate carbon stock and sequestration ecosystem services and simulate PES in the BHCB. The methodology included the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) valuation application, and PES simulation under the Mina D'água Program in the area. The results provided carbon sequestration estimates over 12 and 30 years: riverbanks (29,633.89 tC and 74,084.711 tC), Permanent Preservation Areas (PPA) (1,241.58 tC and 3,103.95 tC), and Legal Reserves (LR) (95,918.40 tC and 239,795.980 tC), represents the highest estimate in the context of vegetation restoration. The PES simulation identified the presence of 66 springs on 25 rural properties, with a total annual value of R\$ 21,336.48 for their preservation and a total restoration area of 1,576 meters. It is recommended to encourage reforestation in proposed LR areas, in the Rural Environmental Registry (CAR in Portuguese/MS).

Keywords: Ecosystem Services; Environmental Valuation; Carbon Sequestration; Simulation; Payments for Environmental Services.

EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES: APLICACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO CÓRREGO BEBEDOURO, MATO GROSSO DO SUL

Resumen: La Cuenca Hidrográfica del Córrego Bebedouro (BHCB siglas en Portugués) en Mato Grosso do Sul (MS) enfrenta desafíos significativos debido a la pérdida de vegetación nativa y a la consecuente reducción de los servicios ecosistémicos. El Pago por Servicios Ambientales (PSA) puede representar una oportunidad eficaz para mitigar estos problemas, incentivando la conservación y la recuperación ambiental. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los servicios ecosistémicos de almacenamiento y secuestro de carbono y simular el PSA en la BHCB. La metodología incluyó aplicación de la valoración del IPCC y simulación del PSA del Programa Mina D'água en la zona. Los resultados indicaron estimaciones de secuestro de carbono en un horizonte de 12 y 30 años: márgenes de cursos de agua (29.633,89 tC y 74.084,711 tC), Áreas de Preservación Permanente (APP) (1.241,58 tC y 3.103,95 tC) y Reservas Legales (RL) (95.918,40 tC y 239.795,980 tC), la mayor estimación en el contexto de recomposición vegetal. La simulación del PSA reveló la presencia de 66 nacientes en 25 propiedades rurales, con un valor anual de R\$ 21.336,48 para su preservación y una franja total de recomposición de 1.576 metros. Se recomienda fomentar el reforestamiento en las áreas propuestas para RL, en el Cadastro Ambiental Rural (CAR/MS).

Palabras clave: Servicios Ecosistémicos; Valoración Ambiental; Secuestro de Carbono; Simulación; Pago por Servicios Ambientales.

INTRODUÇÃO

Na última década do século XXI, o conceito de serviços ambientais tornou-se elementar na formulação de políticas públicas no Brasil e nas discussões sobre uso e cobertura da terra (Mota *et al.*, 2023). As paisagens produtivas, além de sustentar a produção de alimentos e fibras, fornecem diversos serviços ambientais, como a conservação da biodiversidade e a regulação hídrica e climática, muitos dos quais ainda não são valorizados no mercado (Raihan *et al.*, 2023).

O sistema econômico demonstra uma notável dependência do fluxo de bens e serviços ecossistêmicos, ou seja, dos serviços ambientais oriundos da dinâmica dos ecossistemas. Os processos de conversão de vegetação nativa em áreas destinadas à produção agropecuária desencadeiam alterações significativas no uso e cobertura da terra, resultando em uma intensificação na exploração dos recursos naturais (Costanza *et al.*, 1997; Mea, 2005) alterando o fluxo desses serviços, desse modo, a mensuração, mapeamento e avaliação de diversos serviços ambientais constituem áreas de significativo interesse para políticas voltadas à conservação e ao ordenamento territorial (Parron; Garcia, 2015).

Dentre os serviços ecossistêmicos prestados pelas bacias hidrográficas, destacam-se os serviços hidrológicos, que incluem a purificação e filtragem da água, a regulação dos fluxos sazonais, o controle da erosão e dos sedimentos, bem como a preservação de habitats naturais (Ha; Bastiaanssen, 2023). Além disso, a questão da emissão e sequestro de carbono é amplamente debatida atualmente para mitigar os efeitos do aquecimento global (Yin *et al.*, 2021).

Os serviços ecossistêmicos (SE) abrangem todos os benefícios diretos e indiretos derivados da natureza, resultantes das complexas interações entre os elementos do capital natural (Daily, 1997; Constanza *et al.*, 1997; Mea, 2005). Esses serviços compõem toda a gama de benefícios que um ambiente é capaz de prover à população. Esse conceito é integrado ao estudo ambiental por meio da valoração ou avaliação individual ou coletiva dos diversos serviços prestados por um ambiente (Oscar Jr.; Cavalcante; Ruhberg, 2021). Assim, os bens e serviços

ecossistêmicos, também conhecidos como serviços ambientais, constituem os benefícios que as pessoas derivam dos ecossistemas.

O *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA) consolidou o termo "serviços ambientais" e os classificou em quatro categorias: serviços de provisão, regulação, suporte e culturais (Mea, 2003; Parron *et al.*, 2015). Os serviços de provisão fornecem alimentos, fibras, recursos genéticos, medicinais e água potável. Os serviços de regulação abrangem a manutenção da qualidade do ar, a regulação do clima, o controle dos fluxos de água, a gestão de enchentes, o controle da erosão e a purificação da água. Os serviços de suporte incluem a ciclagem de nutrientes e a formação do solo, enquanto os serviços culturais referem-se aos benefícios não materiais, como o enriquecimento espiritual, oportunidades de lazer e ecoturismo (Costanza, 2008; Mea, 2003; Parron *et al.*, 2015). Nesse contexto, os serviços ecossistêmicos (SE) desempenham um papel crucial nas atividades econômicas, uma vez que fornecem os recursos necessários para a produção de bens e serviços econômicos, bem como oferecem os serviços e bens essenciais para a subsistência da espécie humana (Andrade *et al.*, 2012). Portanto, a qualidade de vida humana está profundamente e inseparavelmente ligada aos serviços ecossistêmicos (Costanza *et al.*, 1997; Mea, 2003, 2005; Andrade *et al.*, 2012) sendo necessário sua avaliação e valoração econômica.

A valoração dos serviços ecossistêmicos emerge como uma ferramenta crucial para a preservação ambiental, bem como para o reconhecimento e aceitação da interdependência humana em relação aos fluxos de serviços ecossistêmicos. Deve-se esclarecer os custos de oportunidade associados ao valor dos serviços ecossistêmicos, considerando que há escassez de estudos que tenham abordado a relação entre a dinâmica do uso da terra em bacias hidrográficas e a trajetória dos referidos serviços. Um exercício de valoração bem conduzido informa aos agentes a extensão da dependência das atividades econômicas em relação aos serviços ecossistêmicos, evidenciando as interfaces entre as decisões econômicas, a prestação de serviços e o bem-estar humano (Andrade *et al.*, 2012).

Andrade *et al.* (2012) salientam que os coeficientes de valores são estáticos, visto que as flutuações nos valores totais dos serviços ecossistêmicos

decorrem de alterações nos fluxos "físicos" desses serviços, gerados por categorias específicas de uso da terra. Embora a natureza exata dessas variações permaneça desconhecida, é evidente que a relação entre as mudanças nas áreas das distintas categorias de uso da terra e as variações nos fluxos de serviços ecossistêmicos não é linear. A ausência de informações sobre a quantidade física de serviços gerados por cada tipo de cobertura da terra representa uma lacuna substancial nos estudos de valoração e avaliação dos serviços ecossistêmicos.

Diante desse cenário, promove-se a preservação dos ecossistemas por meio da implementação de esquemas ou programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Esses programas visam à conservação de componentes específicos do ecossistema, como matas ciliares, vegetação nativa em topos de morros, fertilidade do solo e capacidade de infiltração da água da chuva no solo, implicando em custos privados para os produtores rurais, embora os benefícios sejam de natureza pública (Parron; Garcia, 2015).

Os ecossistemas, juntamente com o capital natural global, constituem ativos produtivos compartilhados por toda a sociedade humana. Isso implica a necessidade de uma gestão eficiente, racional e sustentável desse portfólio natural (Andrade; Romeiro, 2009; Genaro, 2020). Entre os serviços ecossistêmicos oferecidos pela natureza, destaca-se o armazenamento e o sequestro de carbono, assunto debatido na 27ª Conferência das Partes sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (COP27), que destaca as dificuldades dos países em cumprir suas metas de emissões de gases de efeito estufa (GEE), conforme o Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (IPCC, 2021; COP27, 2022).

O Brasil tem avançado nessa questão com políticas públicas nacionais voltadas para regulamentar a valoração dos serviços ecossistêmicos e incentivos para a implantação de Programas de PSA. Portanto, a compreensão do valor dos serviços ecossistêmicos é fundamental para a gestão eficaz desses recursos.

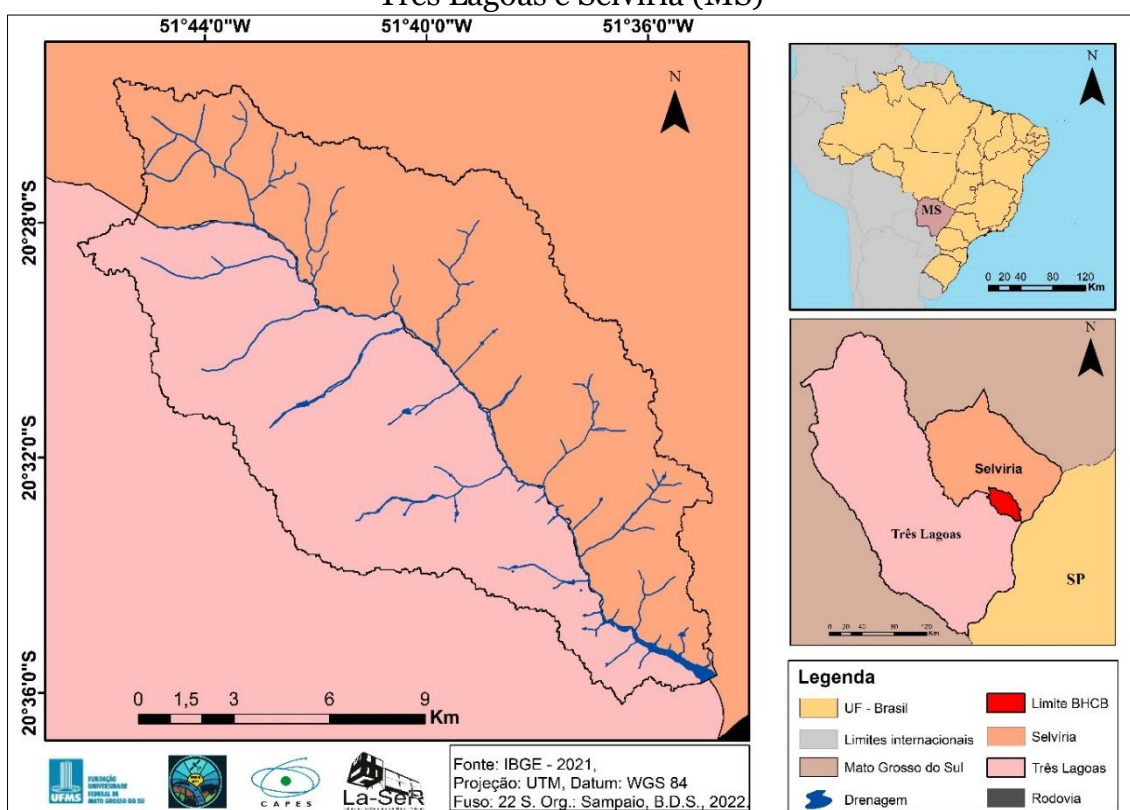
Área de estudo

O presente artigo tem recorte territorial a bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro (MS), localizada entre as coordenadas geográficas - latitudes 20° 25'

30" S e 20° 36' 0" W e longitudes 51° 46' 0" W e 51° 34' 0" W, entre o limite dos municípios de Três Lagoas e Selvíria - no leste do Estado de Mato Grosso do Sul (MS).

Trata-se de um córrego afluente da margem direita do Rio Paraná, com uma área de aproximadamente 202,69 km² e possui a instalação de uma das maiores fabricas de produção de papel e celulose (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro, Três Lagoas e Selvíria (MS)



Fonte: os autores, 2023.

De acordo com análise realizada, por intermédio do mapeamento Projeto GeoMS, elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, para monitoramento do espaço rural e facilitar a regularização e o licenciamento ambiental, observou-se a predominância do bioma Cerrado/Savana (Silva *et al.*, 2011). A área da BHCB está situada na faixa de transição Cerrado/Mata Atlântica, possui encraves (transição) próximo ao Rio Paraná.

A área da BHCB (MS) compreende aproximadamente 202,68km², possuem cerca de 1,25 km² (0,61%) de Savana Florestada - Cerradão (Sd) - no alto curso da BHCB, subconjunto de formação com fisionomia tipicamente restrita a áreas areníticas lixiviadas, caracterizadas por solos profundos, manifestando-se em um clima tropical predominantemente estacional. Este subconjunto exibe sinúsias lenhosas de micro e nanofanerófitos, de forma tortuosa com ramificação irregular, portadores de macrófitos esclerófitos perenes ou semidecíduos. Apresentam ritidoma esfoliado corticoso rígido ou córtex maciamente suberoso, servindo como órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios, com alturas variando entre 6 e 8 metros. Em determinados locais, são identificadas sinúsias lenhosas de meso e microfanerófitos, com altura média superior a 10 metros, assemelhando-se de maneira notável à fisionomia da Floresta Estacional, diferindo apenas em sua composição florística (IBGE, 2012).

A área abrange aproximadamente 15,71 km², representando 7,75% da Savana Parque sem floresta de galeria localizada no alto curso da bacia. A Savana Parque, identificada como Campo-Sujo-de-Cerrado, constitui um subgrupo caracterizado por um estrato graminoide composto por hemicriptófitos e geófitos com floração natural ou antropizada. Este subgrupo é entremeado por nanofanerófitos isolados, exibindo uma configuração típica de um "Parque Inglês". A Savana Parque natural, por vezes, assume características de campos litossólicos e/ou rupestres, especialmente em áreas de depressões periodicamente inundadas - com a tipologia de Cerrado-de-Pantanal (IBGE, 2012, p.113).

Em análise ao mapeamento do projeto GeoMS (Embrapa, 2011) sobre a fisionomia da vegetação, observa-se a maior área está sob predomínio da pastagem em área anteriormente revestida por Savana (Ap.s) com 143,74km² que abrange aproximadamente 71% da área total da bacia, seguido da floresta estacional semidecidual aluvial (Fa), com aproximadamente 23,67 km². Portanto, essa fisionomia abrange 11% da área da bacia, podendo presumir essa quantidade por representar Área de Preservação Permanente - APP, sendo necessária a preservação da vegetação aluvial ao longo dos canais fluviais.

Essa região tem forte destaque agrícola, com o uso da terra dominado pela silvicultura do eucalipto do gênero *grandis*. De acordo com o mapeamento, em 2020 a classe Silvicultura ocupou 57,38 km² da bacia hidrográfica (28,31%), com alto nível de produtividade e tecnificação para a produção de papel e celulose, além de áreas de pastagens plantadas.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo avaliar os serviços ecossistêmicos de estoque de carbono e simular o pagamento por serviços ambientais na Bacia Hidrográfica do Córrego Bebedouro (BHCB) - MS.

METODOLOGIA

Caracterização da área

Para caracterização da área de estudo e quantificação das classes de uso e cobertura em áreas restritivas, utilizou-se os dados do GeoMS (Embrapa) sobre fisionomia da vegetação e uso e cobertura da terra. Realizou-se a vetorização das Áreas de Preservação Permanentes - APPs em cursos d'água e de nascentes e a Reserva Legal - RL, a junção de dessas denominou-se como áreas restritivas.

Utilizou-se a drenagem e o limite da RL (com 3 áreas de RL averbada e as RLs propostas) do Cadastro Ambiental Rural - CAR, o mapa de uso e cobertura da terra do ano de 2021 e os mapas das APPs para margens de rios e para nascentes elaborados conforme a Lei nº 12.651/2012, com margem de 30 metros de APP de curso d'água e 50 metros de APP de nascentes.

Posteriormente, realizou-se a quantificação das áreas das classes de uso e cobertura dentro do perímetro das áreas restritivas (RL e APPs) em quilômetros quadrados e os dados foram tabulados no Excel. Gerou-se gráficos, tabelas e representações por meio de produtos cartográficos para discussão.

Estimativa de sequestro de carbono

Para a estimativa de sequestro de carbono observou-se as principais referências, que utilizaram o programa, além de identificar os valores de carbono para cada classe de uso e cobertura da terra (IPCC, 2006; IPCC, 2019).

Vale ressaltar, sobre recomposição de margens dos cursos d'água em áreas rurais consolidadas em APP. Pois para os procedimentos de estimativa de

sequestro de carbono conforme o IPCC, considera-se as declarações dos proprietários rurais no CAR/MS. Assim, a recomposição das margens varia conforme o módulo fiscal (MF) de cada propriedade rural: até 1 MF recompõe-se 5 metros; de 1 a 2 MF recompõe-se 8 metros; de 2 a 4 MF recompõe-se 15 metros; e acima 4 MF recompõe-se uma faixa que seja metade da largura do curso d'água (mínimo de 20 metros e máximo de 100 metros) (Oliveira *et al.* 2014; Sampaio, 2015).

Como base para a análise, adotou-se o estudo conduzido por Rodríguez (2015), o qual calculou a captura de carbono decorrente do reflorestamento em três categorias distintas de Áreas de Preservação Permanente (APPs): ao longo de rios, nascentes e topos de morros. Essa estimativa utilizou o fator proposto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para um horizonte temporal de 20 anos, culminando em uma avaliação do ganho financeiro aproximado por tonelada de carbono. Nesta etapa a estimativa de carbono foi realizada por categoria de áreas restritivas (considerando as APPs de nascentes e margens dos rios e da Reserva Legal) e o método do IPCC, começando pelos cursos d'água, nascentes e RLs.

O método empregado pelo IPCC é considerado oficial, uma vez que incorpora a contabilização tanto da parte aérea quanto da raiz, abrangendo a captura de carbono na biomassa acima e abaixo do solo. Além disso, o método leva em consideração horizontes temporais de 20 anos e de mais de 20 anos. Importante notar que não assume como linear a taxa de crescimento das árvores, resultando em um fator de sequestro de carbono mais próximo da realidade (Rodríguez, 2015).

Vale destacar que conforme a metodologia aplicada por Rodríguez (2015) considerou-se para os resultados dessa etapa, a quantificação das áreas das classes de pastagem e silvicultura para potencial reflorestamento dentro das áreas restritivas - APPs e RL. Para esta análise realizou-se o cálculo de sequestro de carbono apresentado por Rodríguez (2015) e Marçal (2021), o fator de sequestro de carbono foi aplicado à área identificada como Área de Preservação Permanente (APP) para o ano de 2021, multiplicando-se pelo horizonte de tempo.

Neste estudo, foram empregados horizontes temporais de 12 e 30 anos para estimar o sequestro de carbono, correspondendo a 2033 e 2051, respectivamente.

$$S = FSC \times \text{Área APP} \times \text{número de anos} \quad (1)$$

Onde o Fator de sequestro de carbono - FSC é 25,9942 tCO₂/ha/20 anos. Assim, uma tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂, portanto, uma tonelada de CO₂ equivale a 0,27 toneladas de carbono (Rodríguez, 2015). As informações geradas foram representadas em forma de tabelas.

Simulação de Pagamentos por Serviços Ambientais

Para a simulação de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) utilizou-se a metodologia do Projeto Mina D'água³, calculando os pontos de nascentes presentes nas propriedades rurais. Para tanto, foi necessário buscar o banco de dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) do estado de Mato Grosso do Sul, a fim de obter os limites das propriedades rurais, as áreas de reserva legal (averbada ou proposta) nos declarados no sistema do CAR/MS.

Os dados foram analisados em um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) usando o software ArcGIS para verificar a veracidade das informações do Cadastro Ambiental Rural (CAR), uma vez que este é baseado na autodeclaração dos proprietários rurais. Após corrigir algumas feições dos dados do CAR/MS, quantificou-se a área de cada propriedade rural, com foco naquelas que possuem nascentes dentro de seus limites territoriais. Com a quantificação da área em hectares, recalculou-se o módulo fiscal de cada propriedade rural, considerando que nos municípios de Três Lagoas e Selvíria (MS) o valor do módulo fiscal é de 35 hectares. Foram realizados os cálculos dos módulos fiscais e contabilizada a quantidade de nascentes em cada propriedade rural.

Por fim, foram geradas tabelas no Excel aplicando a metodologia do Projeto Mina D'água, onde cada nascente é avaliada em R\$ 150,00, baseado no

³ Na iniciativa Mina d'Água (MdA-SP), para a composição do método de valoração para pagamento, utilizou-se o valor de referência de R\$ 150,00, baseado no Custo de Oportunidade da terra.

custo de oportunidade da terra (Pagiola *et al.*, 2013). Esse valor foi atualizado para R\$ 323,28 (em agosto de 2023) com base no IGP-M (FGV). O valor atualizado foi então multiplicado pelo número de nascentes presentes nas propriedades rurais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação do potencial de captura de carbono em áreas restritivas na bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro (MS)

De acordo com os dados analisados do CAR, a Tabela 1 apresenta a quantificação das áreas restritivas mapeadas de acordo com a aplicação da legislação ambiental (Lei Nº 12.651/12).

Tabela 1 - Áreas restritivas de áreas de preservação permanente por categoria da bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro, 2022

Classes	Área restritivas - APPs			
	Área hectare	Área (km ²)	% da área	% da área na bacia hidrográfica
Nascentes	51,8363	0,5184	0,9792	0,2557
Margens (30m)	1.237,2226	12,3722	23,3717	6,1037
RL	4.004,6198	40,0462	75,6491	19,7564
Total	5.293,6787	52,9368	100	26,1158

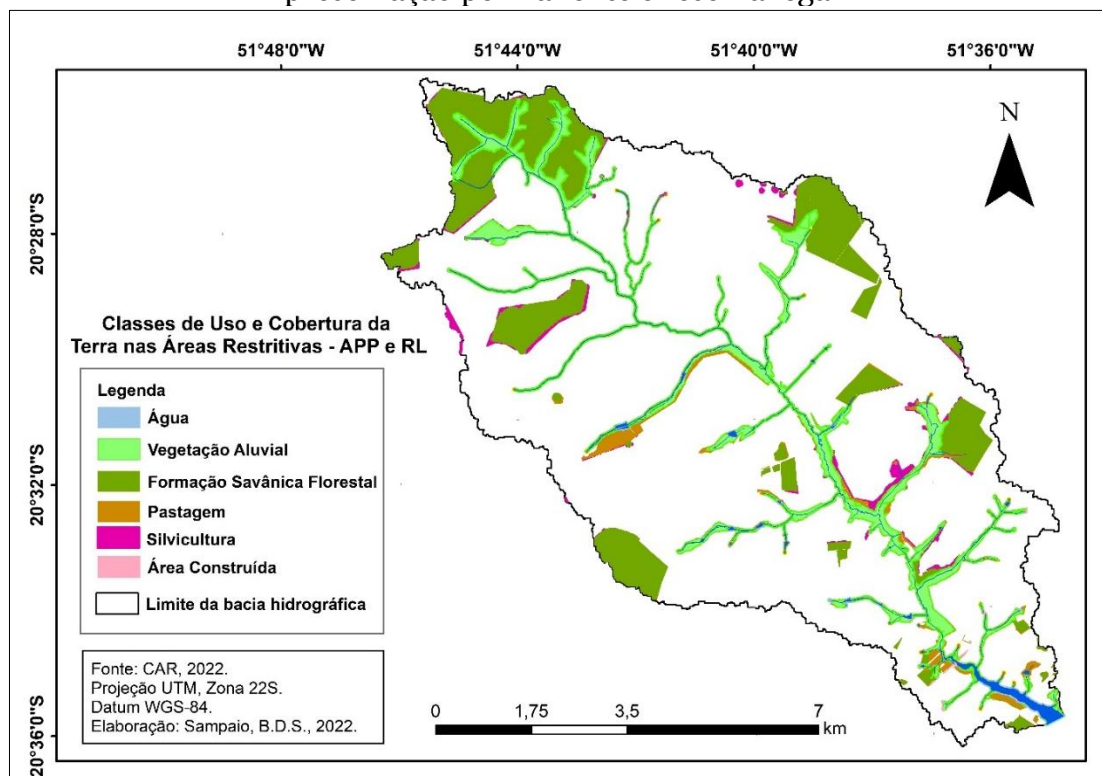
Fonte: os autores, 2023.

Observa-se que 20% da área total da bacia pertence a classe RL, e em relação ao percentual da área restritiva a RL abrange 76% da área. Vale ressaltar que dos 4.004,61 hectares, apenas 1.635,53 ha está com a RL averbada e 2.369 ha é constituída da RL proposta pelos proprietários rurais no CAR. As APPs de nascentes compreendem 0,98% das áreas restritivas, e em comparação com a área total na bacia compreende apenas 0,25%, seguida das APPs de margem de cursos d'água com cerca de 6% de área na bacia e 23% de área quando comparado as áreas restritivas.

Portanto, a área total de áreas restritivas na bacia hidrográfica compreende 26%. Dessa forma, as alterações na dinâmica do uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas podem influenciar os valores dos serviços ecossistêmicos, visto que estes podem variar ao longo do tempo em função de

diferentes tipos de uso e cobertura da terra. A Figura 2 ilustra as categorias de uso e cobertura da terra em áreas restritivas (Áreas de Preservação Permanente - APPs e Reservas Legais - RL) destinadas ao potencial de reflorestamento.

Figura 2 - Classes de uso e cobertura da terra nas áreas restritivas - áreas de preservação permanente e reserva legal



Fonte: os autores, 2023.

Observa-se visualmente o predomínio da classe Pastagem (2,97 km²) e a classe Silvicultura (1,4 km²) em áreas restritivas, especialmente nas APPs e na RL proposta pelos proprietários rurais. As áreas restritivas, compreendendo Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs), abrangem aproximadamente 4.006 hectares de "vegetação cerrado". Por outro lado, a classe Pastagem abrange cerca de 297 hectares, seguida pela classe Silvicultura, que compreende 136 hectares.

De acordo com a fundamentação em Rodríguez (2015), a classe de pastagem é considerada mais propícia para o reflorestamento, devido à sua facilidade de utilização, enquanto apresenta um potencial de sequestro de carbono inferior ao da vegetação nativa. A classe de eucalipto foi considerada

adequada para o reflorestamento. No entanto, na bacia hidrográfica do córrego do Bebedouro (MS), o cultivo de eucalipto é destinado a fins comerciais, sendo realizado por empresas, propriedades arrendadas ou grandes fazendas, com cortes e plantios periódicos.

Portanto, o carbono que as plantações de eucalipto acumulam/absorvem durante seu desenvolvimento é liberado de volta para a atmosfera quando essas plantações são colhidas. Os resultados da estimativa do potencial de sequestro de CO₂ nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo das margens de cursos d'água são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de sequestro potencial de CO₂ nas APPs mapeadas nos cursos d'água

Fonte	Tempo (anos)	Valor do fator de sequestro (tCO ₂ /ha/ano)	Área de margens (ha)	Valor (tCO ₂)	Valor (tC)
IPCC (2006)	12	7,3253	1.237,223	108.756,355	29.633,886
	30			271.890,889	74.084,711

Fonte: os autores, 2023.

Conforme indicado pelo IPCC (2006), o potencial de sequestro de carbono mediante o reflorestamento com vegetação nativa para a categoria de cursos d'água é estimado em 108.756,36 toneladas de CO₂ ao longo de um horizonte de 12 anos, correspondendo a 29.633,89 toneladas de carbono (tC) após a conversão. Para um horizonte de 30 anos, o valor é de 271.890,89 toneladas de CO₂, equivalente a 74.084,711 tC.

Rodríguez (2015) destaca a importância das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo dos cursos d'água, especialmente nos domínios hidrográficos em que estão inseridas, pois as atividades de uso e cobertura da terra frequentemente entram em conflito com a necessidade de preservação. No entanto, a implementação de práticas conservacionistas, que enfatizam a proteção florestal na bacia hidrográfica, pode permitir a conciliação entre atividades produtivas e a preservação dessas áreas prioritárias. A Tabela 3

apresenta os resultados da estimativa do potencial de sequestro de CO₂ para as APPs de nascentes.

Tabela 3 - Estimativa do potencial de captura de CO₂ em áreas de preservação permanente mapeadas nas nascentes

Fonte	Tempo (anos)	Valor do fator de sequestro (tCO ₂ /ha/ano)	Área de nascentes (ha)	Valor (tCO ₂)	Valor (tC)
IPCC (2006)	12	7,3253	51,83628	4.556,596	1.241,579
	30			11.391,489	3.103,948

Fonte: os autores, 2023.

A categoria de Áreas de Preservação Permanente (APPs) nascentes exibe um significativo potencial de sequestro de carbono por meio do reflorestamento. Para um horizonte temporal de 12 anos, essa estimativa atinge 4.556,60 toneladas de CO₂, correspondendo a 1.241,58 toneladas de carbono (tC). Já para um horizonte de 30 anos, o potencial se eleva para 11.391,49 toneladas de CO₂, equivalentes a 3.103,95 tC. Os resultados da estimativa do potencial de sequestro de CO₂ nas Reservas Legais (RL) são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa do potencial de captura de CO₂ em áreas de reserva legal mapeadas de acordo com o cadastro ambiental rural (CAR)

Fonte	Tempo	Valor do fator de sequestro (tCO ₂ /ha/ano)	Área de RL (ha)	Valor (tCO ₂)	Valor (tC)
IPCC (2006)	12 anos	7,3253	4.004,619831	352.020,499	95.918,392
	30 anos			880.051,249	239.795,980

Fonte: os autores, 2023.

Os resultados indicam que a projeção do sequestro de carbono na área de Reserva Legal (RL) para um horizonte de 12 anos atinge o valor de 352.020,50 toneladas de CO₂, equivalendo a 95.918,40 toneladas de carbono (tC). Para um horizonte de 30 anos, a estimativa se eleva para 880.051,25 toneladas de CO₂, ou 239.795,980 tC. Esta categoria de área restritiva emerge como a estimativa mais

expressiva de sequestro de carbono, destacando a importância de promover o reflorestamento nas áreas propostas de Reserva Legal.

Simulação de pagamentos por serviços ambientais

A Lei Nº 14.119/2021, que estabelece a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), tem como órgão gestor central o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Esta legislação, em seu artigo 1º, delinea conceitos, objetivos, diretrizes, ações e critérios para a implementação da PNPSA. Além disso, ela institui o Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA) e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA). A lei também aborda os contratos relacionados a pagamentos por serviços ambientais e promove alterações nas Leis nº 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.

Conforme estabelecido pela Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) de 2021, especificamente em seu artigo 2º, os serviços ecossistêmicos, representam benefícios significativos para a sociedade. Tais benefícios são derivados dos ecossistemas e englobam a manutenção, recuperação ou aprimoramento das condições ambientais, categorizados nas modalidades de (1) serviços de provisão, (2) serviços de suporte, (3) serviços de regulação e (4) serviços culturais.

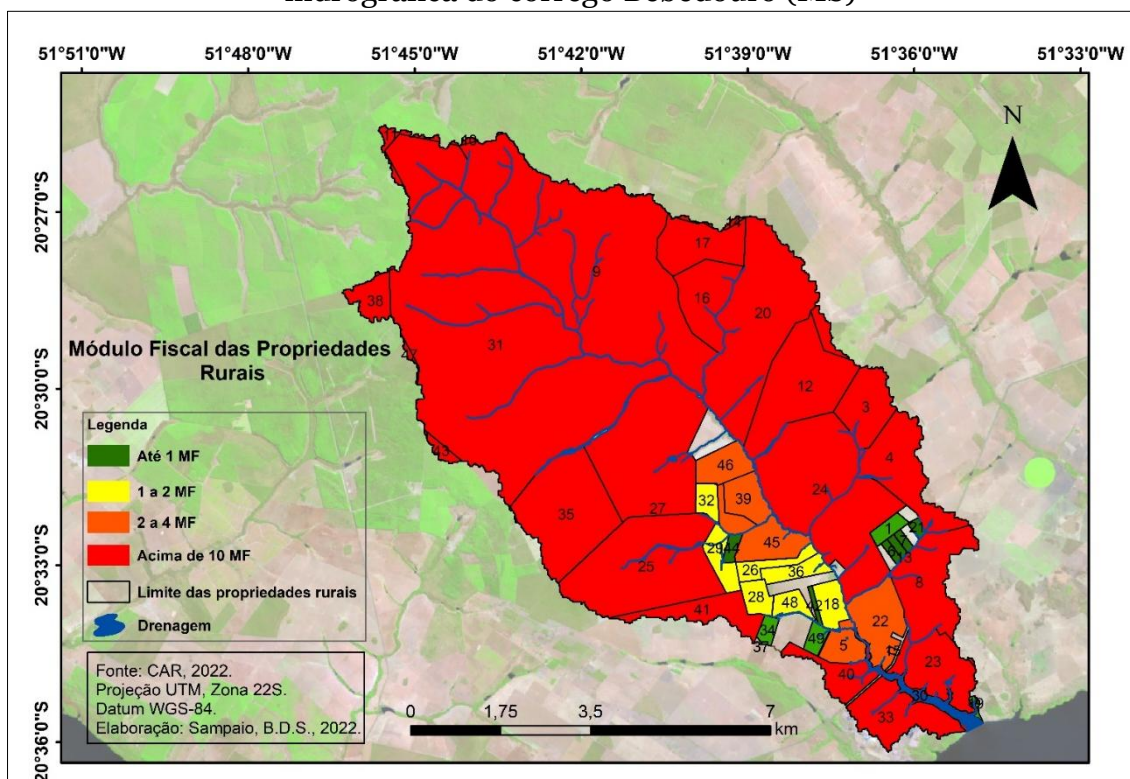
No Estado de Mato Grosso do Sul, está em vigor a Política Estadual de Preservação dos Serviços Ambientais (PEPSA), regulamentada pela Lei nº 5.235, promulgada em 16 de julho de 2018. Esta legislação delinea os conceitos, objetivos e diretrizes da Política Estadual de Preservação dos Serviços Ambientais, instituindo o Programa Estadual de Pagamentos por Serviços Ambientais (PESA) e estabelecendo um Sistema de Gestão do PESA. A principal finalidade dessa política é orientar e facilitar a atuação do Poder Público Estadual em relação aos serviços ambientais, visando promover o desenvolvimento sustentável, a conservação ambiental e estimular a oferta e manutenção desses serviços.

A legislação ambiental brasileira estipula que as bacias hidrográficas devem ser geridas com três categorias distintas de uso e cobertura da terra: áreas de preservação permanente, destinadas à manutenção integral para salvaguardar os serviços ecossistêmicos (Ibama); reserva legal, impondo que cada propriedade mantenha uma parcela para uso sustentável; e outras áreas com diversos tipos de uso, que devem adotar sistemas de produção conservacionistas (Andrade *et al.*, 2012).

Com a implementação de políticas ambientais, como a Lei 12.651/2012, e a regulamentação das propriedades rurais pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR), é possível monitorar e rastrear a produção rural. Isso permite o surgimento de novos mecanismos de interação entre produtores e consumidores, com foco na conservação ambiental, como é o caso do PSA. Nesse cenário, o produtor rural preserva recursos naturais específicos para fornecer serviços ambientais à sociedade.

A bacia hidrográfica do córrego do Bebedouro abrange um total de 49 propriedades rurais, distribuídas entre os limites municipais de Selvíria (24 propriedades) e Três Lagoas (25 propriedades) no estado de Mato Grosso do Sul. Importante ressaltar que o valor do módulo fiscal nessas localidades é de 35 hectares, conforme dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) de 2022. A Figura 3 ilustra as informações sobre os limites territoriais e módulos fiscais das áreas das propriedades rurais registradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR - MS).

Figura 3 - Módulo fiscal das propriedades rurais na extensão da bacia hidrográfica do córrego Bebedouro (MS)



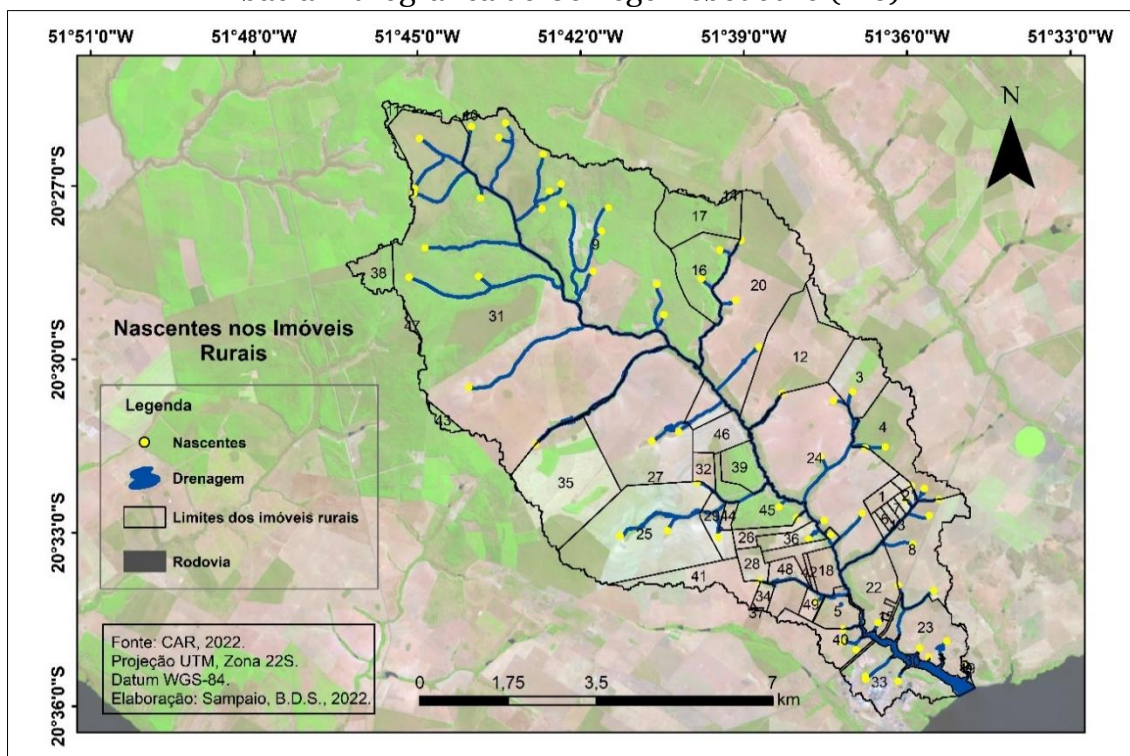
Fonte: os autores, 2023.

Conforme a metodologia de regularização de APP nos imóveis rurais consolidados, observa-se que a bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro (MS) possui 4 imóveis rurais acima de 4 MF; e 14 imóveis acima de 10 MF, totalizando 18 imóveis rurais, sendo necessário recompor no mínimo 20 metros e máximo de 100 metros das margens dos rios. Por outro lado, 6 imóveis rurais possuem de 2 a 4 MF, sendo necessário recompor 15 metros das margens, para o imóvel de 1 a 2 MF a recomposição das faixas compreendem a 8 metros, e os dois imóveis rurais com até 1 MF recompõe 5 metros das margens dos rios.

A maioria dos imóveis rurais são arrendados para a fábrica de produção de papel e celulose. Entretanto, vale ressaltar sobre a importância da recomposição da vegetação nas áreas de preservação permanentes, ou seja, ao entorno dos cursos d'água. A recomposição varia conforme o módulo fiscal de cada propriedade rural, assim, observa-se dentre as propriedades rurais com nascentes pontuais na bacia hidrográfica tem-se o predomínio de imóveis rurais acima de 10 MF.

As propriedades rurais com módulo fiscal superior a 10 MF, consideradas pela Embrapa (2022) como médias propriedades rurais, conforme a categorização definida na Lei nº 8.629/1993 (art. 4, II e III). Dessa forma, uma pequena propriedade é aquela com área entre 1 e 4 MF, uma média propriedade possui área superior a 4 e até 15 MF, e uma grande propriedade é caracterizada por ter área superior a 15 MF. A Figura 4 apresenta a localização das nascentes nos limites das propriedades rurais na bacia hidrográfica.

Figura 4 - Localização das nascentes nos limites das propriedades rurais na bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro (MS)



Fonte: os autores, 2023.

A simulação do mecanismo de PSA do programa Mina D'Água na bacia hidrográfica do córrego Bebedouro constitui-se como um incentivo à proteção das nascentes. A Tabela 5 apresenta a simulação do PSA do projeto Mina D'água nos imóveis rurais da bacia hidrográfica.

Tabela 5 - Simulação do pagamento serviços ambientais do projeto mina d'água nos imóveis rurais da BHCB

<i>Imóvel Rural</i>	<i>Hectares</i>	<i>MF recalculado</i>	<i>Faixa de Recomposição margens dos rios (m)</i>	<i>Faixa de Recomposição de nascentes (m)</i>	<i>Quantidade de Nascentes</i>	<i>PSA (R\$/ano) Atualizado</i>
3	364,219	10,41	30	15	1	323,28
4	495,563	14,16	30	45	3	969,84
5	145,774	4,16	20	15	1	323,28
8	551,639	15,76	30	60	4	1.293,12
9	2829,52	80,84	30	195	13	4.202,64
12	734,817	20,99	30	15	1	323,28
16	360,309	10,29	30	30	2	646,56
19	12,4362	0,36	5	15	1	323,28
20	1242,71	35,50	30	45	3	969,84
21	19,1813	0,55	5	30	2	646,56
22	327,114	9,35	20	15	1	323,28
23	408,179	11,66	30	45	3	969,84
24	1460,78	41,73	30	90	6	1.939,68
25	1144,4	32,70	30	45	3	969,84
26	94,3591	2,69	15	15	1	323,28
27	1151,43	32,89	30	30	2	646,56
28	89,9933	2,57	15	15	1	323,28
29	125,594	3,59	15	15	1	323,28
30	138,076	3,94	15	0	Foz do córrego Bebedouro	
31	4559,65	130,27	30	120	8	2.586,24
33	401,75	11,48	30	45	3	969,84
35	826,929	23,63	30	15	1	323,28
36	104,065	2,97	8	15	1	323,28
40	190,491	5,44	20	30	2	646,56
45	290,125	8,29	20	15	1	323,28
49	50,2344	1,44	8	15	1	323,28
Total da faixa de recomposição (metros)			586 m	990 m		
Total de PSA/ano						R\$21.336,48

Fonte: os autores, 2023.

De acordo com o levantamento cartográfico, a bacia hidrográfica do córrego Bebedouro (MS) abriga 66 nascentes distribuídas entre as propriedades rurais. Dentre as 49 propriedades rurais registradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR), 25 delas possuem nascentes. O montante total simulado para o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no âmbito do projeto Mina D'água é de R\$ 21.336,48 por ano.

No que diz respeito às faixas de recomposição vegetal ao longo das margens dos rios, a bacia hidrográfica do córrego Bebedouro (MS) apresenta aproximadamente 586 metros, enquanto ao redor das nascentes a extensão é de cerca de 990 metros, totalizando uma área de recomposição de 1.576 metros. É relevante observar que algumas propriedades rurais nas bordas da bacia hidrográfica detêm as maiores áreas que fazem fronteira com bacias hidrográficas vizinhas.

Assim, as bacias hidrográficas que apresentam uma proporção substancial de áreas cobertas por vegetação florestal demonstram uma capacidade mais elevada para moderar o escoamento superficial e para realizar a purificação dos recursos hídricos (Andrade, 2012; Hackbart, 2016).

Salienta-se a promulgação da Lei n.º 14.653, datada de 23 de agosto de 2023, que promove alterações nas Leis n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, e 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Essa legislação visa regulamentar a intervenção e instalação de estruturas necessárias para a recuperação e preservação de nascentes. Dessa forma, a mencionada lei modifica dispositivos do Código Florestal e da Lei de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), permitindo que a restauração em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) seja objeto de PSA público.

Anteriormente à promulgação dessa lei, a compreensão predominante era de que a responsabilidade pela restauração da vegetação recaía sobre o proprietário rural, excluindo a possibilidade de PSA público nesses casos. Entretanto, com a entrada em vigor da nova legislação, o entendimento foi revisado, enfatizando a priorização da restauração, especialmente em nascentes localizadas em bacias hidrográficas cruciais para o abastecimento ou em áreas consideradas prioritárias. Isso está em consonância com a função de interesse público nessas regiões. Consequentemente, o parágrafo único do art. 9º da Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, passa a ter a seguinte redação:

As Áreas de Preservação Permanente, Reserva Legal e outras sob limitação administrativa nos termos da legislação ambiental serão elegíveis para pagamento por serviços ambientais com uso de recursos públicos, conforme regulamento, com preferência para aquelas localizadas no entorno de nascentes, localizadas em bacias hidrográficas consideradas críticas para o abastecimento

público de água, assim definidas pelo órgão competente, ou em áreas prioritárias para conservação da diversidade biológica em processo de desertificação ou de avançada fragmentação (Brasil, 2023).

Dessa forma, a valoração ambiental engloba o processo de atribuir um valor monetário a bens e serviços ambientais que não possuem reconhecimento nos mercados convencionais (Fernandes, 2009). É fundamental compreender se o valor dos serviços prestados pelo capital natural, sacrificados devido à expansão humana, supera aqueles derivados do capital produzido pelo homem, justificando, assim, a necessidade de valoração dos serviços provenientes do capital natural (Andrade, 2012). Nesse contexto, torna-se imperativo conduzir estudos abrangentes em diversos ecossistemas, levando em consideração os distintos tipos de uso e cobertura da terra, visando à possível valoração e à implementação de incentivos econômicos para a preservação desses serviços.

A valoração monetária dos serviços ecossistêmicos tem se revelado como um método eficaz para compreender a significância dos benefícios gerados pelos ecossistemas. Constitui-se como uma ferramenta relevante para a preservação ambiental, assim como para o reconhecimento e aceitação da dependência humana em relação aos fluxos de serviços ecossistêmicos, sublinhando a necessidade de conservá-los para garantir um uso sustentável. No entanto, é imprescindível estabelecer indicadores ecológicos que possam interpretar a complexidade das atividades humanas nos ecossistemas (Andrade, 2012).

Espera-se que essa simulação seja o início de estímulo para ações aplicadas em bacias hidrográficas, de modo que os proprietários dos imóveis rurais, o setor econômico e a sociedade civil se mobilizem em busca de soluções para o equilíbrio do ecossistema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente análise destaca a importância da implementação de mecanismos de PSA e da criação de Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH). Essas ações são fundamentais para a recomposição das margens das APPs, a conservação das reservas legais averbadas, e a efetivação das RLs propostas nas declarações dos proprietários rurais ao CAR.

Por meio da simulação fundamentada no projeto Mina D'água, constatou-se que nas 25 propriedades rurais que possuem nascentes, o valor total estimado de PSA é de R\$ 21.336,48 por ano. Além disso, foi registrada a recomposição vegetal de 1.576 metros nas margens e nascentes dos rios.

Com a restauração da vegetação e a aplicação de práticas agrícolas conservacionistas, será possível preservar os recursos hídricos, tanto em termos de produção de água quanto de qualidade. Além disso, essas práticas contribuem para o sequestro de carbono da atmosfera, um serviço ecossistêmico valioso que atrai grandes empresas internacionais de produção de papel e celulose.

Nesse contexto, é essencial a aplicação de princípios conservacionistas para manter o equilíbrio nas bacias hidrográficas, assegurando a continuidade dos serviços ecossistêmicos, como o abastecimento de água e o estoque de carbono. Essas ações protegem o meio ambiente e fortalecem a sustentabilidade econômica e ecológica da região.

Para futuras pesquisas, recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados sobre a eficácia dos mecanismos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em diferentes contextos regionais e ecológicos, bem como a avaliação dos impactos de longo prazo das práticas agrícolas conservacionistas nas bacias hidrográficas. Adicionalmente, é fundamental explorar novas tecnologias e metodologias para monitoramento contínuo da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, assim como do sequestro de carbono. Investigações sobre a percepção e adesão dos proprietários rurais aos programas de PSA e às regulamentações ambientais também são essenciais para melhorar a implementação dessas políticas. Finalmente, encoraja-se a colaboração interdisciplinar, envolvendo cientistas, gestores públicos, e comunidades locais, para desenvolver estratégias integradas que promovam a sustentabilidade ambiental e socioeconômica das bacias hidrográficas.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (processo nº 403993/2021-0 e processo nº 313303/2023-1), pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do

Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul - FUNDECT (processo nº 71/002.368/2022), pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC - Brasil.

REFERÊNCIAS

ALTMANN, A.; STANTON, M. S. The densification normative of the ecosystem services concept in Brazil: Analyses from legislation and jurisprudence. **Ecosystem Services**, V. 29, Part B, 2018, 282-293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.013>. Acesso em: 05 abr. 2022.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R.; FASIABEN, M. C. R.; GARCIA, J. R. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 25, p. 53–71, jan./jun. 2012. Editora UFPR. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/26056>. Acesso em 05 jan. 2022.

BRASIL. Lei N.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-publicacaooriginal-136199-pl.html>. Acesso em 05 jan. 2022.

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. 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. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-29889939>. Acesso em: 05 abr. 2022.

CALHEIROS, R. O. **Preservação e recuperação das nascentes (de água e de vida)**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios PCJ - CTRN, 2004. 53 p. Il.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 34:277-289, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>. Acesso em: 30 abr. 2022.

COSTANZA, R.; FOLKE, C. Valuing Ecosystem Services with Efficiency, Fairness, and Sustainability as Goals. In: Daily, G. (ed). **Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997. p. 49–70.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., de GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. V. D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, Londres, v. 387, p. 253–260, maio 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/387253a0>. Acesso em: 15 abr. 2022.

COSTANZA, R.; GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, Part A, p. 1-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>. Acesso em: 25 abr. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Espécies Arbóreas Brasileiras: Clima**. 2016. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 13 jun. 2022.

FARLEY, J.; COSTANZA, R. Payments for ecosystem services: from local to global. **Ecological Economics**, v. 69, n. 11, p. 2060–2068, set. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.010>. Acesso em: 24 jun. 2024.

FERNANDES, M. M. **Valoração dos serviços ambientais da floresta de Mata Atlântica na qualidade e quantidade de água na Apa do Sana**. 2009. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) - UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

FERNANDES, A. L. V. **As transformações da paisagem nas bacias hidrográficas influenciadas pelo complexo celulósico: Três Lagoas e Selvíria, MS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFMS, Três Lagoas, 2013.

FÜRST, C.; OPDAM, P.; INOSTROZA, L.; LUQUE, S. Evaluating the role of ecosystem services in participatory land use planning: proposing a balanced score card. **Landscape Ecology**, v. 29, n. 1, p.1435-1446, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0052-9>. Acesso em: 27 abr. 2022.

GLEHN, H. C. V.; TAFFARELLO, D.; KAMIYAMA, A.; VECCHIA, A. C. D.; COGUETO, C. V. **O Projeto Mina D'água em São Paulo, Brasil**. Latin America and Caribbean Sustainable Development Department World Bank Washington DC, USA, 2012. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/313901468015592099/pdf/879020NWPOPORTTooBox385214BooPUBLICo.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

GONÇALVES, A. K. **Pagamento por serviços ambientais como instrumento de gestão ambiental dos recursos hídricos: o projeto Mina D'Água na bacia do córrego do Palmitalzinho – São Paulo – Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio

de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2013. 144 f., il.

HA, L. T.; BASTIAANSEN, W. GM. Determination of Spatially-Distributed Hydrological Ecosystem Services (HESS) in the Red River Delta Using a Calibrated SWAT Model. **Sustainability**, v. 15, n. 7, p. 6247, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15076247>. Acesso em: 10 ago. 2024.

HACKBART, V. C. S. **Serviços ecossistêmicos hídricos em paisagens florestais fragmentadas: um caminho para a conservação da Mata Atlântica**. 2016. 130f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso Da Terra**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>. Acesso em: 10 ago. 2022.

IMASUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **SISLA**. Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental. Disponível em: http://sisla.imasul.ms.gov.br/sisla/pagina_inicial2.php. Acesso em: 10 jun. 2022.

IPCC. **Diretrizes do IPCC de 2006 para inventários nacionais de gases de efeito estufa**. EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (eds.). Japão: IGES, 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em: 5 ago. 2022.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.

COP27. **27th Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. 2022

MATO GROSSO DO SUL. **Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 2010. 194p. Disponível em: <http://www.servicos.ms.gov.br/imasuldownloads/PERH-MS.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2025.

MATO GROSSO DO SUL. **Lei nº 5.235**, de 16 de julho de 2018. Dispõe sobre a Política Estadual de Preservação dos Serviços Ambientais, cria o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PESA), e estabelece um Sistema de Gestão deste Programa. Disponível em: <https://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/448b683bce4ca84704256c0b00651e9d/424c9b5475e2a9c3042582cd004595f8?OpenDocument>. Acesso em: 30 mai. 2025.

MIKŠA, K.; KALINAUSKAS, M., INÁCIO, M.; GOMES, E.; PEREIRA, P. Ecosystem services and legal protection of private property. Problem or solution? **Geography and Sustainability**, v. 1, n. 3, p. 173-180, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.08.003>.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and Human Well-Being**: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). 3ª Comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima (2016). Disponível em: https://repositorio.mctic.gov.br/bitstream/mctic/4312/4/2016_terceira_comunicacao_nacional_brasil_convencao_quadro_nacoes_unidas_sobre_mudanca_clima_v3.pdf. Acesso em 5 ago. 2022.

MOTA, P. K.; COSTA, A. M.; PRADO, R. B.; FERNANDES, L.F.S.; PISSARRA, T.C.T.; PACHECO, F.A.L. Payment for Environmental Services: A critical review of schemes, concepts, and practice in Brazil. **Science of the Total Environment**, Volume 899, Número 165639, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165639>.

OSCAR JÚNIOR, A. C.; CAVALCANTE, R. T.; RUHBERG, K. I. Quanto a geografia brasileira fala sobre serviços ecossistêmicos? Humboldt - **Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, e57363, 2021.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFARELLO, D. Pagamentos por serviços ambientais. In: PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFARELLO, D. (org.). **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2012.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R. Serviços Ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

PROJETO MAPBIOMAS - **Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <https://plataforma.mapbiomas.org/>. Acesso em: 28 jun. 2022.

RAIHAN, A. A review on the integrative approach for economic valuation of forest ecosystem services. **Journal of Environmental Science and Economics**, v. 2, n. 3, p. 1-18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.56556/jescae.v2i3.554>.

RODRÍGUEZ, C. R. M. **Estimativa do potencial sequestro de carbono em áreas de preservação permanente de cursos d'água e topos de morros mediante reflorestamento com espécies nativas no**

município de São Luiz do Paraitinga. 2015. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2015. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/07.20.21.31/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

SAMPAIO, B. D. S. **Pagamento por serviços ambientais nas propriedades rurais do alto curso da bacia do Ribeirão Vai e Vem, município de Santo Anastácio (SP).** 2015. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015. 144 f., il. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/136164>. Acesso em: 27 jun. 2022.

SAMPAIO, B. D. S. **Modelagem preditiva, avaliação e valoração de serviços ecossistêmicos de estoque e sequestro de carbono na bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro, Mato Grosso do Sul, Brasil.** 2023. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas - MS, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/6761>. Acesso em: 30 jun. 2024.

SAMPAIO, B. D. S.; KOGA, A. P. N. P. Serviços ecossistêmicos hídricos e avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do córrego Bebedouro, Mato Grosso do Sul, Brasil. In: JACINTO, R. (org.). **As novas geografias dos países de língua portuguesa.** Lisboa: Âncora Editora; Guarda: Centro de Estudos Ibéricos, 2024. p. 149–166. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/732473883/Iberografias-n%C2%BA-47?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 30 abr. 2025.

SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M.; POTT, V. J.; SANTOS, K. R. **Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul.** Campinas: EMBRAPA Informática Agropecuária, 2011. 64 p.

YIN, C.; ZHAO, W.; YE, J.; MUROKI, M.; PEREIRA, P. Ecosystem carbon sequestration service supports the Sustainable Development Goals progress. **Journal of Environmental Management**, v. 330, p. 117155, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117155>.

Como citar este artigo:

SAMPAIO, Bruna Dienifer Souza; BACANI, Vitor Matheus. Avaliação dos serviços ecossistêmicos e pagamento por serviços ambientais: aplicação na bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro, Mato Grosso Do Sul. **GEOGRAFIA**, Rio Claro-SP, v. 50, n. 1, p. 124-150, 2025. DOI:

Recebido em 26 de janeiro de 2024
Aceito em 05 de fevereiro de 2025