

Meta-análise para valoração de serviços ecossistêmicos do Pantanal

Meta-analysis for the valuation of Pantanal ecosystem services

Fernando Rodrigues Teixeira Dias¹

Catia Urbanetz²

Pedro Ribeiro Andrade³

¹*Embrapa Pantanal. E-mail: fernando.dias@embrapa.br*

²*Embrapa. E-mail: catia.urbanetz@embrapa.br*

³*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). E-mail: pedro.andrade@inpe.br*

Resumo

A Organização das Nações Unidas definiu o System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA-EA) para a contabilidade do valor de ecossistemas por seus estados membros. A valoração de serviços ecossistêmicos por meio de estudos primários demanda muito esforço. Uma alternativa é a meta-análise de avaliações de ecossistemas semelhantes em outras localidades. O Ecosystem Service Valuation Database (ESVD) oferece 12.390 avaliações monetárias de 37 serviços ecossistêmicos em ecossistemas diversos de 3.012 localidades em 166 países extraídas de 1519 trabalhos acadêmicos e relatórios técnicos, mas nem toda avaliação satisfaz requisitos de qualidade para meta-análise. Este estudo seleciona amostras do ESVD adequadas para definir funções meta-analíticas que valorem ecossistemas do Pantanal brasileiro. Para isso, os ecossistemas das amostras ESVD foram classificados em Ecosystem Functional Groups (EFGs), o sistema de classificação usado pelo SEEA-EA. Em seguida, requisitos para meta-análise foram aplicados e amostras do ESVD para EFGs do Pantanal foram selecionados. Dos 1.448 registros ESVD inicialmente identificados para os 13 EFGs do Pantanal, apenas 485 puderam ser utilizados para meta-análise em 12 EFGs, sendo 55% terrestres, 14% aquáticos e 31% de transição. A associação a mais de um serviço e a limitação aos EFGs do Pantanal reduziu significativamente as amostras disponíveis para meta-regressão. Para o futuro, seria benéfico investigar modelos de regressão que acomodem amostras associadas a múltiplos serviços, e que incluam EFGs semelhantes aos encontrados no Pantanal, avaliando a incerteza introduzida.

XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

Palavras-chave: Meta-análise; Valoração de serviços ecossistêmicos; Pantanal; ESVD; SEEA-EA.

Abstract

The United Nations defined the System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA-EA) to help its member states account for the value of ecosystems. Valuing ecosystem services through primary studies requires a significant amount of effort. A common alternative is to perform a meta-analysis of ecosystem valuations from similar locations. The Ecosystem Service Valuation Database (ESVD) contains 12,390 monetary valuations of 37 ecosystem services across 3,012 locations in 166 countries. These are extracted from 1,519 academic papers and technical reports, but not every valuation meets the quality requirements for a meta-analysis. This study selects suitable samples from the ESVD to define meta-analytic functions for valuing ecosystems in Brazil's Pantanal region. To do this, the ecosystems within the ESVD samples were classified into Ecosystem Functional Groups (EFGs), the classification system used by the SEEA-EA. Then, meta-analysis requirements were applied, and ESVD samples for the Pantanal's EFGs were selected. Of the 1,448 ESVD records initially identified for the 13 Pantanal EFGs, only 485 could be used for meta-analysis across 12 EFGs. Of these, 55% were terrestrial, 14% were freshwater, and 31% were transitional. Association with more than one service and the limitation to the Pantanal's EFGs significantly reduced the number of available samples for meta-regression. For the future, it would be beneficial to investigate regression models that accommodate samples associated with multiple services and that include EFGs similar to those found in the Pantanal, while also evaluating the uncertainty introduced.

Keywords: Meta-analysis; Ecosystem services valuation; Pantanal; ESVD; SEEA-EA.

1. Introdução

A conservação do Pantanal, uma das maiores áreas úmidas do mundo, exige uma compreensão aprofundada do valor dos seus serviços ecossistêmicos. A valoração desses serviços é fundamental para informar políticas públicas e estratégias de manejo. A Organização das Nações Unidas estabeleceram o System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting - SEEA-EA como o padrão para a valoração de

“Ciência do Sistema Terrestre: Fronteiras e Desafios Transdisciplinares”

XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

ecossistemas e seus serviços, e o monitoramento da evolução destes valores (United Nations et al., 2021). Tradicionalmente, a valoração de serviços ecossistêmicos é realizada por meio de estudos primários, que demandam tempo e recursos consideráveis. A meta-análise surge como uma alternativa eficiente para sintetizar e adaptar valorações existentes, permitindo estimar valores em novas localidades ou contextos. O Ecosystem Service Valuation Database - ESVD (Brander et al., 2024) é uma vasta base de dados com 12.390 avaliações monetárias de 37 serviços ecossistêmicos em diversos ecossistemas, abrangendo 3.012 localidades em 166 países, extraídas de 1.519 trabalhos acadêmicos e relatórios técnicos.

BRANDER et al. (2022) e GRAMMATIKOPOULOU et al. (2023) propõem o uso do ESVD como base para meta-análise visando o uso do SEEA-EA. A classificação dos ecossistemas usada pelo ESVD não é a Global Ecosystem Typology (GET) adotada pelo SEEA-EA (KEITH et al., 2022)¹, mas uma tradução é possível em nível de Ecosystem Functional Groups (EFG), o nível GET usado pelo SEEA-EA, ainda que não “um para um”.

O ESVD oferece a Value Transfer Tool (VTT), ferramenta on-line que fornece funções meta-analíticas obtidas por regressão log-linear de dados disponíveis no ESVD ou obtidos de bases públicas a partir das coordenadas geográficas da valoração disponível no ESVD. O VTT agrupa, em uma mesma regressão meta-analítica, ecossistemas diferentes que não são todos encontrados em uma mesma região, o que pode aumentar as variações encontradas. Embora o ESVD seja uma fonte rica de informações, nem todas as avaliações satisfazem os requisitos de qualidade necessários para meta-análise pelo VTT.

Este trabalho é parte de tese de doutorado que visa a valorar os serviços ecossistêmicos do Pantanal brasileiro. O objetivo deste trabalho foi selecionar registros do ESVD adequados para a definição de funções meta-analíticas aplicadas aos Ecosystem Functional Groups (EFG) encontrados especificamente no Pantanal brasileiro, tendo em vista o uso da avaliação dos serviços ecossistêmicos segundo o SEEA-EA. Para isso, foi necessário traduzir a classificação de ecossistemas do ESVD em EFGs, selecionar registros que atendam requisitos para meta-análise e, dentre eles, aqueles que estão associados a EFGs do Pantanal.

¹ Ver também: <https://global-ecosystems.org/>

XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

2. Metodologia

Este trabalho adotou uma abordagem quantitativa dividida em etapas. A primeira etapa consistiu no mapeamento e harmonização dos ecossistemas presentes no ESVD com os Ecosystem Functional Groups (EFG), classificação exigida pelo System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA-EA). Em seguida, foram aplicados requisitos de qualidade para meta-análise aos registros do ESVD, usando como base os requisitos de meta-análise da Value Transfer Tool (VTT) oferecida pelo ESVD. A etapa subsequente envolveu a seleção de amostras ESVD que atendem a estes requisitos e que estão associadas a um dos 13 EFGs que foram identificados como presentes no Pantanal por Dias et al. (2025), um EFG por amostra. As amostras que passaram e que não passaram por estas etapas foram analisadas estatisticamente (quantidade, mediana e quartis do valor monetário informado no ESVD, etc.). Todo o processo foi implementado usando a linguagem Python no software Quarto (www.quarto.org).

3. Resultados e Discussão

Foram identificadas 1.448 amostras no ESVD associadas aos 13 Ecosystem Functional Groups (EFGs) do Pantanal brasileiro, um EFG por amostra. Contudo, após a aplicação dos requisitos para meta-análise, o número de amostras que podem ser efetivamente utilizadas para meta-análise caiu para 485, abrangendo 12 dos EFGs originalmente considerados para o Pantanal. Destas amostras, a maioria (55%) é de ecossistemas terrestres, seguida por 31% de transição e 14% aquáticos. Cada registro do ESVD encontrado para algum ecossistema do Pantanal apresentou de zero a quatro problemas para o uso em meta-análise (Tabela 1). Os problemas mais frequentes foram a presença de múltiplos serviços SEEA associados a uma única valoração, valores monetários não informados ou nulos e a ausência de informação sobre a área do local de estudo. O processo de filtragem permitiu identificar os estudos com problemas cuja revisão e ajuste, se viável, contribuiria para o aumento de amostras disponíveis para o Pantanal, mas, como os registros do ESVD já passaram por revisão por pares, é pouco provável que seja possível corrigir valorações a partir de nova revisão.

“Ciência do Sistema Terrestre: Fronteiras e Desafios Transdisciplinares”

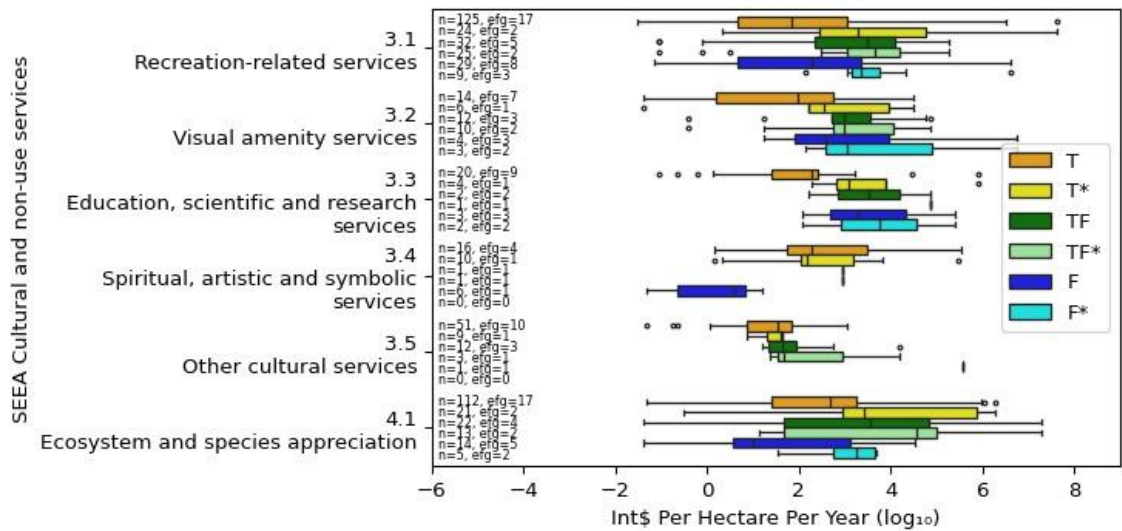
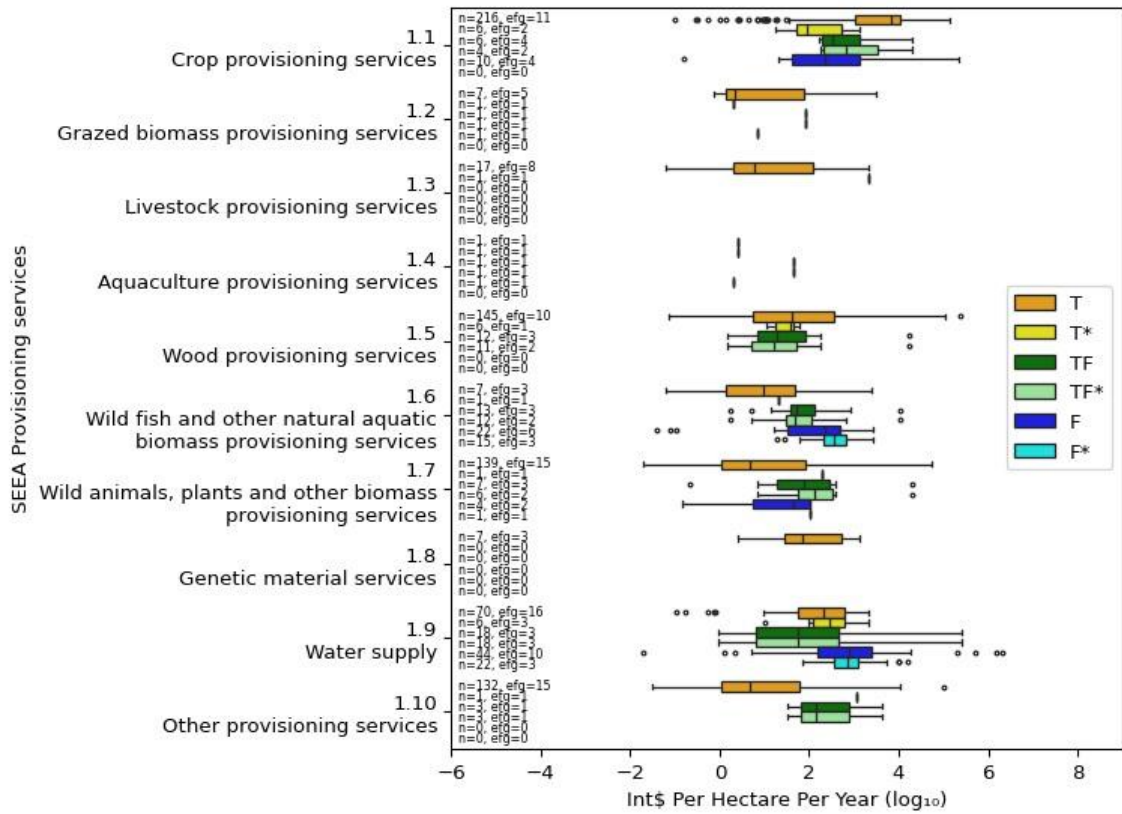
XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

Tabela 1: Número de amostras do ESVD associadas a um EFG do Pantanal com problemas para o uso em meta-análise, por tipo de problema e por número de problemas encontrados por amostra do ESVD. Fonte: Os autores.

Tipo de Problema	Problemas por amostra				Total
	1	2	3	4	
Valor monetário não foi informado ou é zero	132	349	103	3	587
Múltiplos serviços SEEA associados à amostra	220	117	96	3	436
Área do local de estudo não foi informada	82	233	104	3	422
Método de valoração inclui “value transfer”	28	16	11	-	55
Estudo fonte aparece duplicado no ESVD	18	16	7	3	44
Serviço SEEA não foi informado	5	3	-	-	8
Coordenadas geográficas não foram informadas	1	-	-	-	1

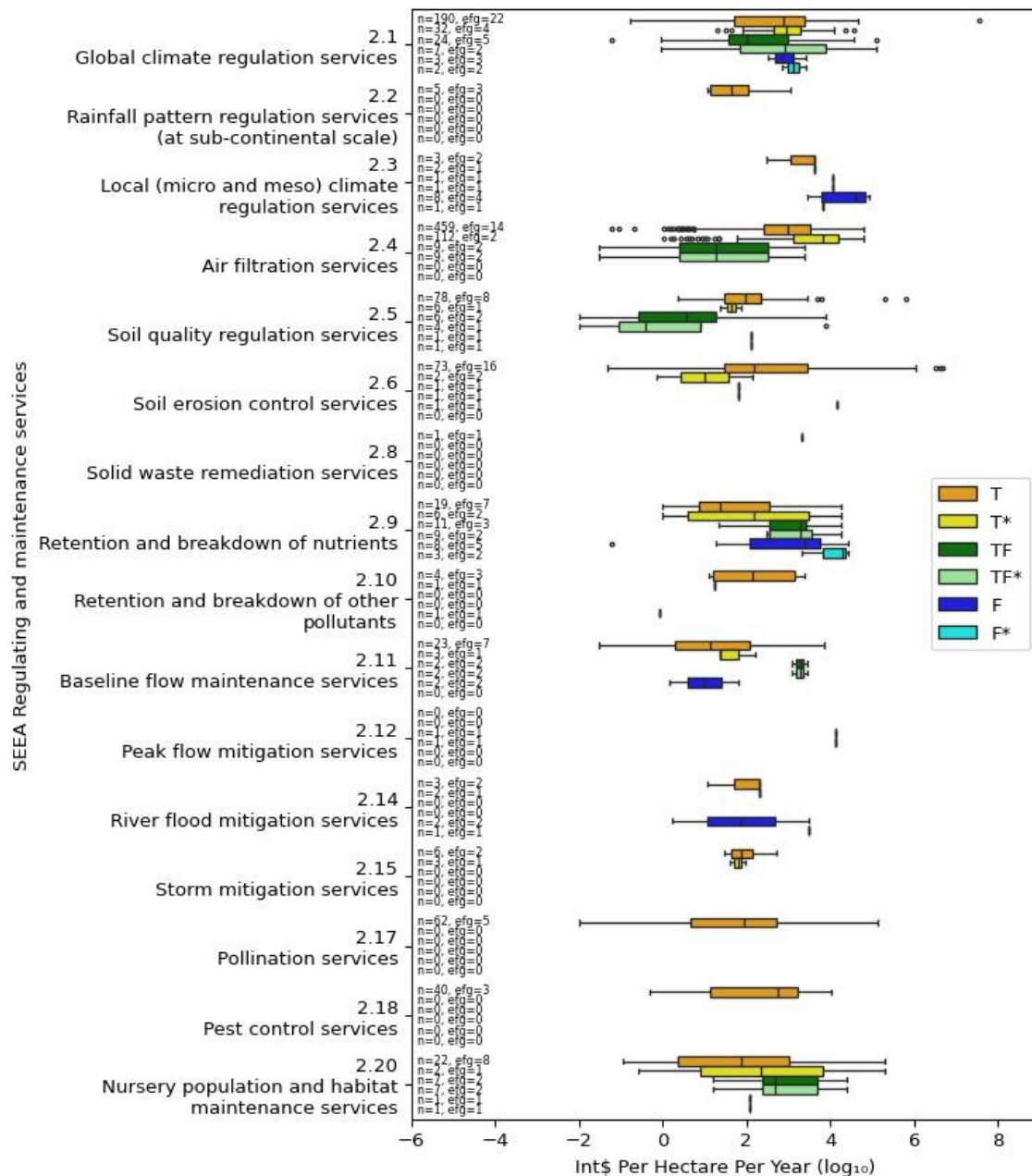
O número de amostras disponíveis para EFGs aquáticos e de transição terrestre-aquático por serviço é pequeno. Filtrar as valorações de modo a considerar apenas as associadas aos EFGs do Pantanal muda as medianas e reduz as variações, mas reduz em demasiado o número de amostras disponíveis para EFGs terrestres, talvez porque estes EFGs sejam em maior número no ESVD, a maioria não encontrado no Pantanal (Figuras 1a, 1b, 1c).

XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE



“Ciência do Sistema Terrestre: Fronteiras e Desafios Transdisciplinares”

XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE



Figuras 1a, 1b, 1c: Boxplots logarítmicos dos valores monetários de serviços SEEA encontrados em amostras ESVD que satisfazem os critérios de qualidade para meta-análise, para todos os EFGs terrestres (T), de transição Terrestre-Aquático (TF) e Aquático (F), e apenas para os EFGs encontrados no Pantanal (T*, TF* e F*).

4. Conclusões

Este estudo avaliou os desafios em se usar o Ecosystem Service Valuation Database (ESVD) para meta-análise de valoração de serviços ecossistêmicos visando o

“Ciência do Sistema Terrestre: Fronteiras e Desafios Transdisciplinares”

XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

uso para SEEA-EA. A limitação das amostras aos EFGs específicos de uma região, no nosso caso, o Pantanal, altera medianas e reduz variações, mas também reduz substancialmente o número de amostras disponíveis para a meta-análise. A possibilidade de revisar individualmente os estudos selecionados do ESVD foi avaliada, mas considerada de alto esforço, com baixa probabilidade de sucesso, considerando que a inclusão de registros no ESVD já passa por revisão.

O modelo de regressão log-linear usado pelo VTT exige um único ecossistema e um único serviço avaliado por amostra, dado que ambos, ecossistema e serviços, são variáveis do modelo de regressão. Um modelo de regressão alternativo que permitisse a inclusão de registros ESVD associados a múltiplos serviços aumentaria o número de amostras disponíveis. No caso do Pantanal, um modelo de regressão assim adicionaria 338 registros aos 399 selecionados. Outra possibilidade para aumentar o número de amostras seria relaxar gradualmente a limitação dos EFGs considerados na meta-análise aos encontrados no Pantanal, incluindo EFGs estranhos ao Pantanal, mas semelhantes de algum modo aos lá encontrados, semelhança em algum nível inferior ao usado pelo VTT, e compatível com a Global Ecosystem Typology usada pelo SEEA-EA. É recomendável testar iterativamente funções meta-analíticas alternativas, balanceando o erro total encontrado e o risco de “overfitting”, usando modelos de regressão alternativos ao usado pelo VTT, combinados com a seleção de EFGs dentro e fora do Pantanal. A investigação destas alternativas são os próximos passos da pesquisa de doutorado em andamento, da qual este trabalho é um dos resultados.

5. Referências

BRANDER, L. M., SCHÄGNER, J. P., AND DE GROOT. R. On the Potential Use of the Ecosystem Services Valuation Database for Valuation in the System of Environmental Economic Accounting. *OE* 7: e85085, 2022. <https://doi.org/10.3897/oneeco.7.e85085>.

BRANDER, L. M.; DE GROOT, R.; GOÑI, V. G.; VAN 'T HOFF, V.; SCHÄGNER, P.; SOLOMONIDES, S.; MCVITTIE, A.; EPPINK, F.; SPOSATO, M.; DO, L.; GHERMANDI, A.; SINCLAIR, M. Ecosystem Services Valuation Database (ESVD).

“Ciência do Sistema Terrestre: Fronteiras e Desafios Transdisciplinares”

XII SIMPÓSIO DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE

Foundation for Sustainable Development; Brander Environmental Economics, 2024.

Disponível em: <https://www.esvd.net/>. Acesso em: 28 mai. 2024.

DIAS, F. R. T.; URBANETZ, C.; ANDRADE, P. R. Typologies for ecosystem accounting for the Brazilian Pantanal. **Wetlands Ecology and Management**, v. 33, n. 4, 2025.

GRAMMATIKOPOULOU, I.; BADURA, T.; JOHNSTON, R. J.; BARTON, D. N.; FERRINI, S.; SCHAAFSMA, M.; LA NOTTE, A. Value Transfer in Ecosystem Accounting Applications. **Journal of Environmental Management** 326 (November): 116784, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116784>.

KEITH, D. A., FERRER-PARIS, J. R., NICHOLSON, E., BISHOP, M. A., POLIDORO, B. A., RAMIREZ-LLODRA, E., TOZER, M. G., et al. A Function-Based Typology for Earth's Ecosystems. **Nature** 610: 513–18. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05318-4>.

UNITED NATIONS e al. **System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting** (SEEA EA), 2021. ISBN: 978-92-1-259183-4. Disponível em: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_f124_web_12dec24.pdf. Acesso em: 14 Jul 2025.

6. Agradecimentos

O primeiro autor agradece à Embrapa por oferecer a oportunidade e a licença para a realização deste doutorado, bem como aos orientadores coautores deste trabalho.