

Potenciais serviços ecossistêmicos prestados por insetos aquáticos em arrozais irrigados sob diferentes sistemas de cultivo

Pauline Amanda Vognach^I
Mateus Marques Pires^{II}

Marina Schmidt Dalzochio^{III}
Eduardo Périco^{IV}

Resumo: A oferta de serviços ecossistêmicos na agricultura depende do uso de práticas conservacionistas e da biodiversidade de cada agroecossistema. No Brasil, porém, o conhecimento e ferramentas para a avaliação do impacto de diferentes sistemas de cultivo sobre a oferta de serviços ecossistêmicos seguem deficientes em vários tipos de agroecossistemas. Avaliou-se se a disponibilidade de serviços de suporte e regulação fornecidos por insetos aquáticos difere entre arrozais irrigados em sistemas convencional e orgânico. Implementou-se um framework baseado em atributos funcionais e nas funções ecológicas desempenhadas por cada táxon. Selecionou-se para análise atributos de insetos relacionados à capacidade de polinização, fertilização do solo e controle de pragas. Detectou-se maior disponibilidade de serviços de fertilização do solo em arrozais convencionais, e de controle de pragas em arrozais orgânicos. Este estudo demonstra a abrangência do framework baseado em atributos funcionais para avaliação integrada de serviços ecossistêmicos em arrozais, sendo útil para subsidiar estratégias sustentáveis na agricultura.

Palavras-chave: Agricultura, agroecologia, biodiversidade associada, entomofauna aquática, sustentabilidade.

São Paulo. Vol. 28, 2025

Artigo Original

^I Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Lajeado, RS, Brasil

^{II} Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Lajeado, RS, Brasil

^{III} Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Lajeado, RS, Brasil

^{IV} Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Lajeado, RS, Brasil

Introdução

Um dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável inclui o incentivo a sistemas sustentáveis de produção de alimentos e práticas agrícolas resilientes (FAO, 2018). Esses sistemas são importantes para a Agenda 2030 por seu papel na segurança alimentar, por proverem um amplo espectro de serviços ecossistêmicos (MEA, 2005). Swinton *et al.* (2007) detalham que o manejo adequado de sistemas agrícolas pode fornecer um amplo espectro de serviços ecossistêmicos que beneficiam não só a agricultura, mas também a regulação de recursos hídricos, sequestro de carbono, combate à erosão, agroturismo, etc. Por sua vez, Power (2010) destaca a relação entre manejos adequados e inadequados de sistemas agrícolas e o respectivo fluxo de serviços e 'desserviços' ecossistêmicos (e.g., desmatamento, poluição por agrotóxicos, redução da biodiversidade, etc.) proveniente dos mesmos.

De acordo com a Convenção sobre a Diversidade Biológica (2008), a manutenção da biodiversidade e da oferta de serviços ecossistêmicos na agricultura são cruciais para a sustentabilidade e, portanto, devem ser incorporadas em políticas públicas. Neste contexto, o papel da agrobiodiversidade (organismos vivos não agrícolas encontrados em agroecossistemas) na regulação dos serviços ecossistêmicos em sistemas agrícolas é realçado crescentemente (Altieri, 1999). Com efeito, muitos componentes da biodiversidade associada aos sistemas agrícolas ofertam ou contribuem com vários serviços ecossistêmicos (FAO, 2019).

Recentemente, governos e agências internacionais de desenvolvimento adotaram programas para incentivar práticas agrícolas que protejam a biodiversidade e serviços ecossistêmicos em sistemas agrícolas (FAO, 2019; Convenção sobre a Diversidade Biológica, 2020). No Brasil, políticas públicas federais que apoiam práticas agrícolas sustentáveis são recentes (Parron; Garcia, 2015). Iniciativas como o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica buscam promover o uso sustentável da agrobiodiversidade (FAO, 2019), indo ao encontro da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, instituída pela Lei Federal nº 14.119/2021 (Brasil, 2021).

Apesar da inclusão dos temas de biodiversidade e serviços ecossistêmicos em políticas de segurança alimentar e sustentabilidade, existem lacunas técnicas a superar. Por exemplo, as funções de muitos componentes da agrobiodiversidade seguem mal compreendidas (FAO, 2019). Wood *et al.* (2015) sustentam que o entendimento do papel da biodiversidade nos serviços ecossistêmicos da agricultura é limitado a poucos processos e tipos de serviço. Ainda, de acordo com a FAO (2019), a falta de dados sobre a relação entre a biodiversidade associada e serviços ecossistêmicos em sistemas agrícolas acaba por restringir o planejamento e priorização de medidas que favoreçam a implementação de práticas sustentáveis na agricultura. Segundo a FAO (2023), a avaliação e valoração dos serviços ecossistêmicos são os primeiros passos importantes para reconhecer o grau em que os mesmos contribuem para a agricultura.

No âmbito da sustentabilidade na agricultura, a abordagem de serviços ecossistêmicos prestados pela biodiversidade associada normalmente é relacionada à necessidade de

estudos integrados que identifiquem demandas conflitantes entre serviços e desserviços ecossistêmicos das atividades agrícolas (Power, 2010; Wood *et al.*, 2015; Saunders *et al.*, 2016). Neste contexto, Wood *et al.* (2015) propõem que a abordagem funcional pode contribuir fortemente para prever como os serviços ecossistêmicos variam de acordo com as práticas agrícolas. A ideia de que espécies podem fornecer informações sobre os serviços ecossistêmicos está vinculada ao conhecimento do papel ecológico que cada espécie desempenha no ambiente natural (Cadotte *et al.*, 2011; Carlucci *et al.*, 2020).

Invertebrados compreendem a maior parte da biodiversidade associada em agroecossistemas (Saunders *et al.*, 2016). A entomofauna constitui o maior grupo animal conhecido em número de espécies (Rafael *et al.*, 2012). Especialmente no contexto da agricultura, revisões elencaram uma série de benefícios à agricultura promovidos por insetos aquáticos, dentre os quais serviços de suporte, e.g., fertilização do solo e polinização, e de regulação, e.g., controle de pragas (Raitif *et al.*, 2019). Prather *et al.* (2013) descreveram o controle biológico desempenhado por predadores generalistas, como insetos da ordem Odonata. Porém, de acordo com Macadam e Stockan (2015), muitos dos serviços prestados dependem dos atributos de cada táxon. A taxa de decomposição da matéria orgânica, por exemplo, é fortemente dependente da ocorrência de insetos fragmentadores, como dípteros da família Chironomidae (Raitif *et al.*, 2019). Larvas de Odonata e Ephemeroptera com hábito bentônico e larvas de Trichoptera com hábito escavador revolvem o sedimento, auxiliando na bioturbação e bioirrigação (Macadam; Stockan, 2015).

O Brasil é o maior produtor de arroz na América, e o estado do Rio Grande do Sul responde por 70% da produção nacional de arroz (IRGA, 2022). Em arrozais irrigados, insetos compreendem a maioria da biomassa de invertebrados (Bambaradeniya; Amarasinghe, 2003). Em arrozais convencionais, ervas daninhas e insetos são controlados aplicando-se herbicidas e pesticidas, os quais tendem a diminuir a diversidade de insetos aquáticos (Stenert *et al.*, 2018). Além disso, antes da irrigação e após emergência do arroz, este sistema de cultivo recebe a aplicação de fertilizantes à base de nitrogênio, fósforo e potássio nas lavouras. No sistema orgânico, Linke *et al.* (2014) descrevem que é feito um manejo controlado do nível de água, antes e durante o período de cultivo. A inundação prévia da área estimula a germinação de plantas, cuja matéria orgânica é incorporada ao solo durante o preparo do terreno. Esta mesma estratégia pode ser usada no combate tanto a ervas daninhas como a insetos indesejados durante o período de cultivo (Linke *et al.*, 2014). Autores relacionaram a aplicação de pesticidas a diferenças nas composições taxonômica e funcional de insetos aquáticos entre arrozais orgânicos e convencionais (Dalzochio *et al.*, 2016).

Embora o Brasil seja um dos mais importantes produtores de alimentos, há déficits de conhecimento dos serviços ecossistêmicos no setor rural, conforme a Rede de Serviços Ambientais na Paisagem Rural brasileira (Prado *et al.*, 2015). A maioria das pesquisas sobre serviços ecossistêmicos na agricultura enfoca sistemas agroflorestais e regiões tropicais, enquanto trabalhos que avaliem a disponibilidade de serviços ecossistêmicos em arrozais brasileiros são inexistentes.

Diante deste cenário, buscou-se testar a hipótese de que a disponibilidade de ser-

viços ecossistêmicos de suporte e regulação prestados por insetos aquáticos varia entre sistemas de cultivo convencional e orgânico em arrozais irrigados no sul do Brasil. Dado que arrozais convencionais tendem a suportar menor diversidade de insetos aquáticos em comparação com arrozais orgânicos, esperamos encontrar maior disponibilidade de serviços ecossistêmicos em arrozais orgânicos.

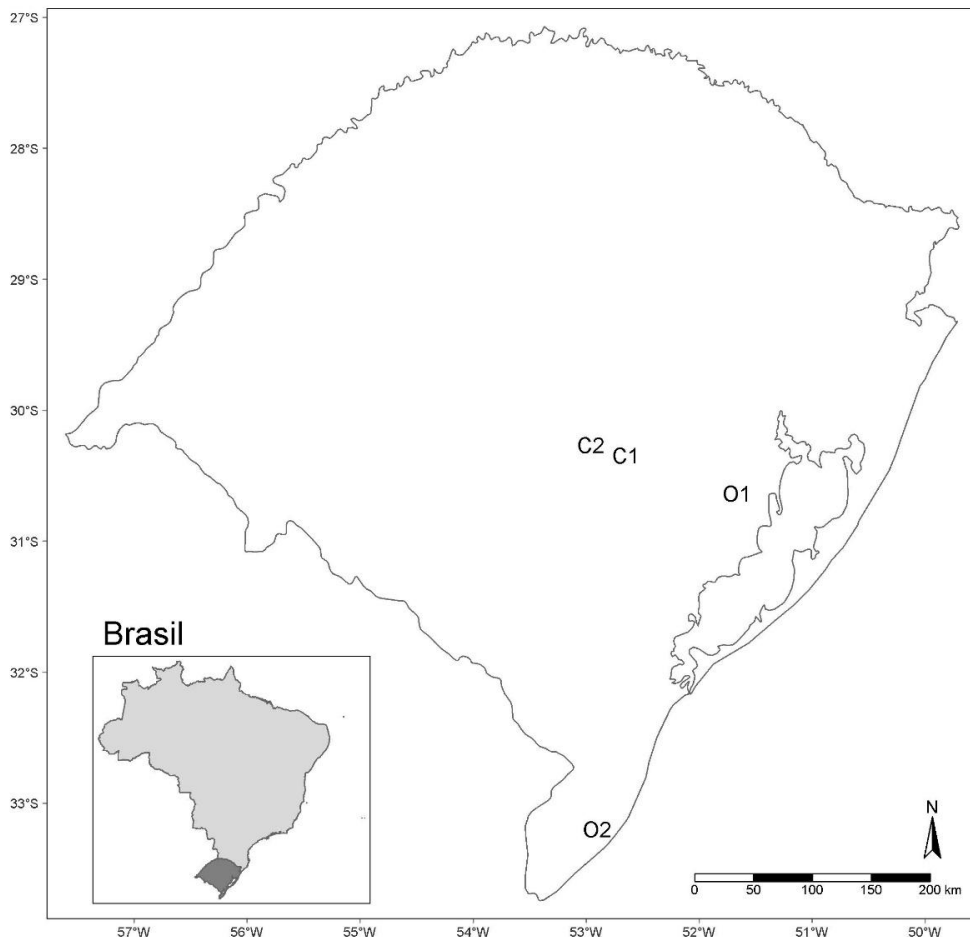
Material e métodos

Área de estudo

Os arrozais estudados situam-se em três municípios do Rio Grande do Sul. Nestas regiões, o clima é subtropical úmido, com temperatura média anual de 17°C, e precipitação média anual de 1.400 mm/ano, sem estação seca (Rio Grande do Sul, 2021). Ao todo, foram amostrados dois arrozais convencionais no município de Cachoeira do Sul, distantes entre si por ~1 km (C1; C2; Figura 1), e dois arrozais orgânicos: um no município de Sentinela do Sul (O1) e outro no município de Santa Vitória do Palmar (O2) (Figura 1). A seleção dos locais de coleta atendeu aos seguintes critérios: (i) cultivo irrigado; e (ii) uso de agrotóxicos nos arrozais convencionais (e ausência de uso de agrotóxicos nos arrozais orgânicos). A largura dos canais de irrigação estudados variou entre 1,5 e 2,5 m. Os arrozais localizados em Sentinela do Sul eram irrigados por reservatório artificiais. Em Santa Vitória do Palmar, o arrozal era irrigado por lagoa natural.

Figura 1 –Localização dos arrozais estudados. Abreviações: (C): arrozais sob sistema de cultivo convencional; (O) arrozais sob sistema de cultivo orgânico.

Rio Grande do Sul



Fonte: Autores, 2025.

Análise de autocorrelação espacial

A independência espacial da composição biótica dos arrozais de estudo foi testada usando método de Mapas de autovetores de Moran (Legendre; Legendre, 2012). Como o teste não detectou estrutura espacial significativa na variação global da composição de insetos aquáticos entre os locais estudados ($P = 0,375$), não incluímos a localização geográfica dos arrozais nos procedimentos analíticos subsequentes.

Implementação do framework

Trata-se de um estudo exploratório em que se buscou implementar o framework proposto por Wood *et al.* (2015), que integra atributos taxonômicos e funcionais das espécies, para avaliação da disponibilidade de serviços ecossistêmicos em sistemas agrícolas. O uso de atributos funcionais das espécies presentes em uma comunidade biológica vem sendo reconhecido por pesquisadores como importante ferramenta de avaliação ambiental no contexto de serviços ecossistêmicos (Cadotte *et al.*, 2011). O framework de Wood *et al.* (2015) compreende seis etapas, brevemente resumidas e adaptadas a seguir.

- Etapa 1: Identificar os componentes do agroecossistema (e.g., espécies cultivadas, sistema de cultivo) e determinar as unidades de amostragem;
- Etapa 2: Para cada componente, determinar o serviço ecossistêmico de interesse e medi-los nas unidades de amostragem determinadas na Etapa 1;
- Etapas 3-4: Em cada componente, identificar taxonomicamente a composição biótica e determinar a abundância dos táxons relevantes para o serviço ecossistêmico de interesse;
- Etapa 5: Determinar e medir os atributos funcionais (e.g., caracteres morfofisiológicos, comportamentais, etc.) dos táxons identificados relacionados ao serviço ecossistêmico de interesse;
- Etapa 6: Comparar as métricas biótica e funcional (parâmetros indicadores de diversidade, e.g., riqueza, composição, dominância, equitabilidade, variância de táxons e atributos) entre os componentes dos agroecossistemas estudados para inferir se há variação na oferta de serviços ecossistêmicos.

Delimitação e seleção das classes de serviço fornecidos pelos insetos aquáticos

Após a etapa 1 (definição dos componentes dos agroecossistemas: arrozais, sistemas de cultivo orgânico e convencional), procedeu-se à etapa 2, que correspondeu à delimitação das classes de serviço diretamente fornecidas à agricultura pelos insetos aquáticos, conforme Raitif *et al.* (2019): polinização, fertilização do solo e controle de pragas. Prather *et al.* (2013) revisaram como os invertebrados influenciam os serviços ecossistêmicos, agrupando-os de acordo com a estrutura do MEA (2005):

- Serviços de provisão: obtidos dos ecossistemas e oferecidos diretamente à sociedade para consumo ou comercialização, e.g., alimentos, fibras, madeira, etc.;
- Serviços de suporte: propiciam as condições necessárias para que os demais serviços sejam disponibilizados. E.g., ciclagem de nutrientes, decomposição, produção, manutenção da fertilidade do solo, polinização, dispersão de sementes;
- Serviços de regulação: obtidos a partir da manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos; e.g., sequestro de carbono, purificação do ar e água, mitigação de eventos climáticos extremos, manutenção hidrológica, controle de pragas;
- Serviços culturais: benefícios de natureza recreativa, educacional, religiosa ou estético-paisagística que contribuem para o bem-estar da sociedade, e.g., lazer, turismo,

recreação, espirituais, estéticas, etc.;

A fundamentação teórica que relaciona os atributos funcionais e os serviços ecossistêmicos de interesse está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Serviços ecossistêmicos de interesse ofertados por insetos aquáticos à agricultura, e exemplos de táxons que os fornecem.

Tipo de serviço	Serviço ecossistêmico	Definição e Efeito ecossistêmico	Efeito agrônômico	Táxon	Referência
Suporte	Fertilização do solo	Bioturbação: Aumento da penetração de partículas no sedimento/ Influência sobre os fluxos de carbono, nitrogênio, oxigênio e fósforo/ Aumento das taxas de nitrificação	Bioirrigação	Ephemeroptera; Chironomidae (Diptera)	Macadam; Stockan (2015)
	Polinização	Visitação floral das espécies cultivadas	Aumento da produção	Coleoptera; Diptera; Ephemeroptera; Hemiptera; Lepidoptera	Raitif, Plante-genest, Rous-sel (2019)
Regulação	Controle de pragas	Predação de potenciais vetores de doenças	Benefícios fitossanitários	Odonata; Hemiptera	Lacey; Orr (1994); Yasu-matsu et al. (1975); Landis, Wratten, Gurr (2000); Priyadarshana; Slade (2023)

Fonte: Autores (2023). Adaptado de: Prather *et al.* (2013).

Amostragem e procedimentos de laboratório

As etapas 3 e 4 corresponderam à determinação da composição e abundância dos táxons de interesse, de acordo com os procedimentos de amostragem a campo e de laboratório descritos a seguir: A amostragem de insetos ocorreu durante a safra 2021/2022. Ao todo, cada arrozal foi amostrado quatro vezes (outubro, novembro, dezembro de 2021 e março de 2022), de maneira a contemplar o período irrigado do ciclo orizícola (coletas em janeiro e fevereiro não ocorreram devido à incidência do fenômeno climático La Niña). Em cada arrozal, foi realizada uma coleta em triplicata em cada evento de amostragem, totalizando 15 amostras ao final do estudo. Cada amostra consistiu em três varreduras de 1 m do sedimento com puçá aquático (malha = 0,2 mm de diâmetro). As amostras foram fixadas em etanol 85%. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneira de 0,25 mm de diâmetro para remover detritos. Os espécimes foram triados sob lupa e identificados com base em bibliografia especializada (Merritt *et al.*, 2008) e consulta a especialistas. A identificação se deu até o menor nível taxonômico possível. Os insetos foram depositados no Museu de Ciências Naturais da UNIVATES.

Para estimar os serviços ecossistêmicos disponíveis nos arrozais estudados, os insetos aquáticos foram enquadrados em categorias de atributos funcionais potencialmente relacionados aos serviços ecossistêmicos de interesse, com base na literatura (Dalzochio *et al.*, 2016; Macadam; Stockan, 2015; Prather *et al.*, 2013; Raitif *et al.*, 2019; Suter; Cormier, 2014): hábito, grupo trófico alimentar, bem como a tolerância a pesticidas. A categorização de cada táxon encontrado e seu potencial efeito sobre a oferta de cada serviço ecossistêmico de interesse, bem como fundamentação teórica que relaciona os atributos funcionais e os serviços ecossistêmicos de interesse, estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Enquadramento dos gêneros de insetos aquáticos encontrados de acordo com os atributos funcionais e oferta de serviços ecossistêmicos selecionados

Gênero	Hábito	Grupo trófico	Tolerância a pesticidas	Controle de pragas	Polinização	Fertilização do solo
Coleoptera						
Curculionidae						
Não identificado	Escalador	Fragmentador	Baixa	Não	Não	Não
<i>Elmidae</i>						
<i>Macrelmis</i>	Bentô-nico	Fragmentador	Baixa	Não	Não	Sim
<i>Hydrophilidae</i>						
<i>Berosus</i>	Nadador	Predador	Média	Não	Sim	Não
Não identificado	Nadador	Predador	Média	Não	Sim	Não
<i>Tropisternus</i>	Nadador	Predador	Média	Não	Sim	Não
<i>Suphis</i>	Escalador	Predador	Baixa	Não	Não	Não
Diptera						
Chaoboridae						
<i>Chaoborus</i>	Nadador	Fragmentador	Média	Não	Sim	Sim
Chironomidae						
<i>Chironomus</i>	Bentô-nico	Coletor	Média	Não	Não	Sim
Ephemeroptera						
Baetidae						
						Sim
<i>Callibaetis</i>	Nadador	Coletor	Alta	Não	Sim	
Hemiptera						
						Não
<i>Belostoma</i>	Nadador	Predador	Média	Não	Sim	Não
<i>Sigara</i>	Nadador	Predador	Média	Não	Sim	Não
<i>Notonectus</i>	Nadador	Predador	Média	Não	Sim	
Lepidoptera						
Pyralidae						
						Não
Não identificado	Aderido	Fragmentador	Média	Não	Não	
Odonata						
Coenagrionidae						
						Não
<i>Oxyagrion</i>	Escalador	Predador	Média	Sim	Não	
Libellulidae						
						Não
<i>Erythrodiplox</i>	Reptante	Predador	Baixa	Sim	Não	Sim
<i>Perithemis</i>	Escalador	Predador	Baixa	Sim	Não	

Fundamentação teórica das relações entre atributos e serviços

Fertilização do solo	Larvas com hábito bentônico e hábitos fragmentador e filtrador modificam o habitat físico e aumentam a penetração de partículas no sedimento; o retrabalho do sedimento influencia indiretamente as taxas de fluxos de carbono, nitrogênio, oxigênio e fósforo, aumentando taxas de nitrificação
Polinização	Insetos cujos estágios adultos e larvais apresentam capacidade de alimentar de néctar ou pólen, ou que visitam flores de espécies cultivadas
Controle de pragas	Insetos com estágios adultos e larvais predadores e generalistas; capacidade de controle populacional de insetos vetores de doenças

Fonte: Autores. Adaptado de: Dalzochio *et al.* (2016); Macadam e Stockan (2015); Prather *et al.* (2013); Raitif *et al.* (2019); Suter e Cormier (2014).

Análise de dados

Para a avaliação de diferenças nas composições taxonômica e funcional da entomofauna aquática entre arrozais com diferentes sistemas de cultivo, utilizou-se uma análise de variância multivariada permutacional (PerMANOVA), usando-se nível de significância 5% (após 999 permutações). Nesta etapa, a composição taxonômica das assembleias foi ponderada pela abundância ($\log X + 1$ transformada) de cada táxon para diminuir o impacto de táxons abundantes na análise. A matriz de dissimilaridade da composição foi calculada com base no coeficiente de Bray-Curtis. Para quantificar a composição funcional da entomofauna aquática entre arrozais com diferentes sistemas de cultivo, usou-se a métrica CWM (community-weighted mean), a qual estima a presença de um papel ecológico com base na abundância ponderada de táxons em uma comunidade apresentando o atributo analisado (Laliberté *et al.*, 2014). Nesta etapa, a matriz de dissimilaridade funcional das espécies foi obtida com base no coeficiente de Gower (dada a natureza binária dos atributos analisados), e a dissimilaridade funcional das comunidades, baseou-se no coeficiente de Bray-Curtis.

A fim de se visualizar graficamente as diferenças no conjunto total de serviços ecossistêmicos entre arrozais com diferentes sistemas de cultivo, gerou-se um diagrama de ordenação baseado em análise de coordenadas principais (PCoA), levando-se em conta a mesma matriz de dissimilaridade utilizada para a PerMANOVA. Por fim, para avaliar se há variação na disponibilidade potencial dos serviços ecossistêmicos entre arrozais orgânicos e convencionais (com base na categorização dos serviços potencialmente prestados por cada táxon), gerou-se uma segunda matriz funcional, desta vez, de acordo com as classes: fertilização, polinização e controle de pragas (Tabela 2). Seguindo-se os mesmos procedimentos anteriores para os gráficos de ordenação, a partir de uma segunda matriz de CWM para serviços prestados, ajustou-se os valores médios de cada serviço ecossistêmico ao gráfico de ordenação com base nos escores médios de cada serviço, para visualizar a associação entre os mesmos, e o respectivo tipo ambiente. Em todas as etapas, o potencial efeito da

variação sazonal (evento de coleta) foi controlado utilizando-se a função ‘condition’ na respectiva rotina analítica. Todas as rotinas foram elaboradas no programa estatístico R 4.03. A matrix CWM de serviços foi calculada utilizando-se a função dbFD do pacote FD (Laliberté *et al.*, 2014). A PerMANOVA foi realizada utilizando-se a função adonis, a PCoA, com a função capscale, e o ajuste dos escores dos serviços à PCoA, com a função envfit, usando-se as funções disponibilizadas no pacote vegan (Oksanen *et al.*, 2020).

Resultados

Ao todo, foram coletados 680 espécimes distribuídos em 16 gêneros, pertencentes a 13 famílias e seis ordens (Tabela 3). Nos arrozais convencionais, foram registrados sete gêneros enquanto nos arrozais orgânicos, 15 gêneros (Tabela 3). A composição taxonômica da entomofauna variou significativamente entre sistemas de cultivo ($F_{1,14} = 2,46$; $R^2_{adj} = 0,15$; $P = 0,004$). Os gêneros *Sigara* Fabricius, 1775 (Hemiptera, Corixidae) e *Erythrodiplax* Brauer, 1868 (Odonata, Libellulidae) apresentaram maior abundância nos arrozais orgânicos; os gêneros *Chironomus* Meigen, 1803 (Diptera, Chironomidae) e *Tropisternus* Solier, 1934 (Coleoptera, Hydrophilidae; 6%) foram os mais abundantes nos arrozais convencionais (Tabela 3). A ocorrência de táxons das ordens Odonata e Hemiptera esteve associada a arrozais orgânicos, enquanto Diptera, a arrozais convencionais (Figura 2a).

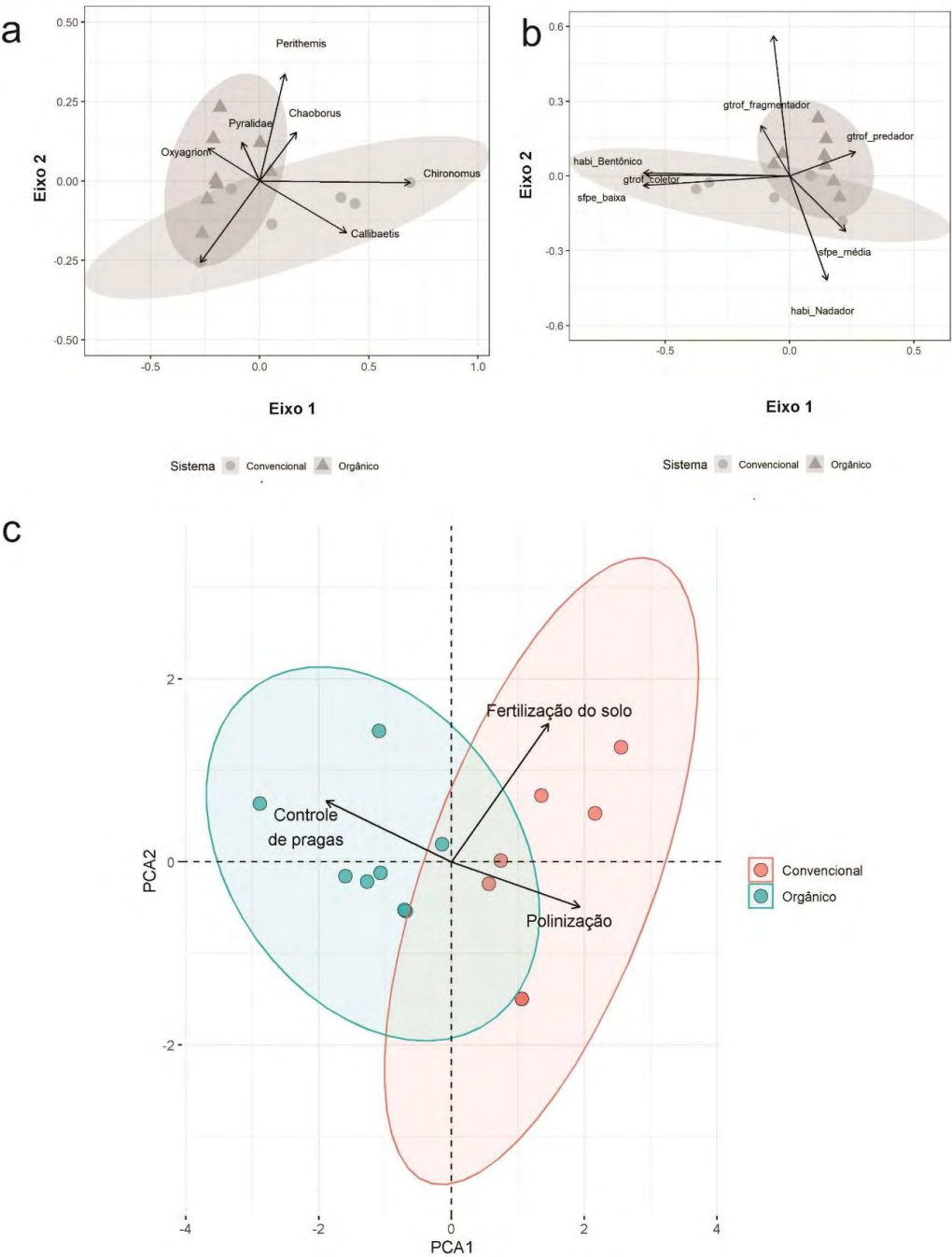
A composição funcional de insetos também variou significativamente entre arrozais orgânicos e convencionais ($F_{1,10} = 6,87$; $R^2_{adj} = 0,31$; $P = 0,004$). Insetos com alta e média tolerância a pesticidas, grupos tróficos coletores e hábitos bentônicos (*Chironomus*, *Tropisternus*) foram associados a arrozais convencionais, enquanto insetos de grupos tróficos predadores e com baixa tolerância a pesticidas (Odonata), a arrozais orgânicos (Figura 2b). Por fim, a composição potencial de serviços ecossistêmicos disponíveis também variou entre arrozais com diferentes sistemas de cultivo ($F_{2,15} = 2,9$; $P = 0,029$). Enquanto a oferta potencial de serviços de fertilização do solo (família Chironomidae, Elmidae) e polinização (ordem Coleoptera) esteve mais associada a arrozais convencionais, a oferta potencial de serviços de controle de pragas (ordens Odonata e Hemiptera), a arrozais orgânicos (Figura 2c).

Tabela 3 – Composição e abundância de gêneros de insetos aquáticos em arrozais irrigados sob diferentes sistemas de cultivo na área de estudo.

Sistema de cultivo			Convencional		Orgânico		Total
Ordem	Família	Gênero	C1	C2	O1	O2	
Coleoptera	Curculionidae	Não identificado				1	1
	Elmidae	Macrelmis Motschulsky, 1859	1			1	2
	Hydrophilidae	Berosus Leach, 1817	1			5	6
		Não identificado				1	1
		Tropisternus Solier, 1934	27	8	1	9	45
Diptera	Noteridae	Suphis Aubé, 1836			1	5	6
	Chaoboridae	Chaoborus Lichtenstein, 1800			15		15
	Chironomidae	Chironomus Meigen, 1803	6	386	2	10	404
Ephemeroptera	Baetidae	Callibaetis Eaton, 1881		1			1
Hemiptera	Belostomatidae	Belostoma Latreille, 1807	6	3	10	1	20
	Corixidae	Sigara Fabricius, 1775			12	112	124
	Notonectidae	Notonecta Linnaeus, 1758			1		1
Lepidoptera	Pyalidae	Não identificado			1	1	2
Odonata	Coenagrionidae	Oxyagrion Selys, 1876		2	3	10	15
	Libellulidae	Erythrodiplex Brauer, 1868			23	4	27
		Peirithemis Hagen, 1861			10		10
Abundância			41	400	79	160	680

Fonte: Autores, 2025.

Figura 2 – a) Associação dos táxons aos sistemas de cultivo; b) Diversidade funcional associada aos sistemas de cultivo; c) Associação entre disponibilidade potencial de serviços ecossistêmicos de interesse e sistemas de cultivo.



Fonte: Autores, 2025.

Discussão

A aplicação do framework baseado em atributos funcionais das espécies demonstrou a abrangência desta abordagem para avaliação da disponibilidade dos serviços ecossistêmicos prestados pela biodiversidade associada em arrozais irrigados sob diferentes sistemas de cultivo no sul do Brasil. Este framework considera não apenas a ocorrência dos táxons em cada local, como tradicionalmente empregado (Cadotte *et al.*, 2011), mas também as funções ecológicas realizadas por cada um dos mesmos (Wood *et al.*, 2015), de forma a estimar os processos ecológicos, e logo, os serviços ecossistêmicos presentes no ambiente.

O framework de Wood *et al.* (2015) auxilia na compreensão de como os serviços ecossistêmicos variam com práticas de manejo em sistemas agrícolas. Os dados provenientes deste framework podem ser integrados a abordagens preditivas para gerar metas específicas que maximizem a oferta de múltiplos serviços ecossistêmicos (Wood *et al.*, 2015). Desse modo, as propriedades deste framework aderem aos chamados da FAO (2019) de valoração dos componentes da biodiversidade associada como fornecedora de serviços ecossistêmicos na agricultura.

Conforme Ferraz *et al.* (2019), pesquisadores devem ser capazes de dimensionar os impactos das ações antrópicas nos serviços ecossistêmicos, propor métodos de avaliação e valoração dos mesmos. Desse modo, o framework foi útil para avaliar o efeito de diferentes sistemas de cultivo sobre a disponibilidade potencial de serviços ecossistêmicos fornecidos por um elemento importante da biodiversidade associada aos sistemas de arrozais irrigados (i.e., entomofauna aquática).

Quanto à relação entre os sistemas de cultivo e a oferta de serviços ecossistêmicos, nossos resultados evidenciaram que houve uma variação na disponibilidade potencial de serviços ecossistêmicos prestados por insetos aquáticos entre arrozais orgânicos e convencionais. Isto sugere, conforme Maltby *et al.* (2017a; 2017b), que diferentes sistemas de cultivo interferem na estrutura do ecossistema não apenas por meio de impactos diretos sobre espécies, mas também por selecionar espécies com diferentes funções ecológicas. Estes impactos afetam diretamente a capacidade do ambiente de gerar serviços ecossistêmicos (Awuah *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020). Desse modo, este resultado demonstra que foi possível mapear demandas conflitantes entre os custos e os benefícios da interação entre a biodiversidade associada e sistemas agrícolas com diferentes cultivos (Power, 2010; Wood *et al.*, 2015), como preconizado por autores que defendem um mapeamento mais abrangente do ciclo agrícola (Saunders *et al.*, 2016).

Quanto à associação entre o sistema orgânico e serviços de controle de pragas, este resultado passa pelo estabelecimento de táxons de grande porte com hábitos predadores e generalistas, tais como insetos da ordem Odonata e Hemiptera. Dalzochio *et al.* (2016) detectou que manejos orgânicos podem favorecer a ocorrência de Odonata. O papel de odonatas como predador de potenciais pragas em arrozais foi verificado anteriormente (Landis *et al.*, 2000; Yasumatsu *et al.*, 1975). Da mesma forma, insetos da ordem Hemiptera (cuja abundância também foi alta em arrozais orgânicos), podem ser eficientes controladores de vetores de doenças; estudos experimentais demonstraram que hemípteros da família Notonectidae têm alto potencial de regular populações de vetores de doenças, como

mosquitos com lavas aquáticas (Lacey; Orr, 1994; Prather *et al.*, 2013). Neste contexto, arrozais orgânicos podem atuar como potenciais reservatórios de serviços de regulação.

Quanto à maior associação entre o sistema convencional e disponibilidade de serviços de polinização e fertilização do solo, este resultado passa diretamente pela dominância nestes ambientes de táxons generalistas, e típicos de ambientes perturbados, e.g., Chironomidae, e de insetos com hábitos bentônicos e coletores (e.g., outros Diptera) ou fragmentadores de matéria orgânica (e.g., Elmidae). Estes táxons são capazes de reciclar a matéria orgânica por meio de diversas funções, como a bioturbação, bioirrigação e fragmentação (Macadam; Stockan, 2015). Outra provável explicação para a associação entre arrozais convencionais e oferta de polinização está ligada à alta frequência de Coleoptera e Hemiptera nestes agroecossistemas, táxons capazes de exercer polinização durante o estágio adulto (Prather *et al.*, 2013) e comuns em arrozais impactados (Dalzochio *et al.*, 2016; Stenert *et al.*, 2018).

Por fim, uma provável fonte para a variação na oferta potencial de serviços ecossistêmicos entre sistemas de cultivo está relacionada ao uso disseminado de agrotóxicos nos arrozais convencionais. Arrozais sob efeitos contínuos de agroquímicos apresentam uma menor riqueza e abundância em suas lagoas no período imediatamente após a aplicação de pesticidas (Stenert *et al.*, 2018). Neste sentido, os impactos podem ter afetado ou causado danos em funções do ecossistema de água doce, devido à redução no desempenho e características das espécies atingidas (Oginah *et al.*, 2023).

Considerações finais

Este artigo realçou o potencial de aplicação do framework proposto por Wood *et al.* (2015) para avaliação de serviços ecossistêmicos em agroecossistemas. Ao integrar dados de atributos funcionais das espécies e composição biótica, foi possível estimar diferenças potenciais de funções ecológicas prestadas por elementos da agrobiodiversidade em agroecossistemas, sob diferentes sistemas de cultivo. O uso desta abordagem permitiu estimar variações na oferta de serviços de suporte e regulação prestados por insetos aquáticos em arrozais irrigados cultivados sob sistema convencional e orgânico no sul do Brasil.

A implementação do framework permitiu detectar potenciais *tradeoffs* na oferta de serviços ecossistêmicos entre sistemas de cultivo, demonstrando assim a capacidade integrativa deste método para monitorar a qualidade e os tipos de serviços ecossistêmicos fornecidos por agroecossistemas. Logo, esses resultados demonstram o respectivo potencial da integração de dados taxonômicos e funcionais da agrobiodiversidade como ferramenta para subsidiar estratégias que promovam sustentabilidade na agricultura.

Embora esta abordagem necessite mais de um passo além da taxonomia, o uso deste método corroborou as premissas de Wood *et al.* (2015) no âmbito da aptidão de sua capacidade de extrair informações mais acuradas sobre o funcionamento de agroecossistemas sob diferentes tipos de manejo.

Tal diferença de oferta, pode ser facilmente integrada a políticas de pagamentos por serviços ambientais. Por exemplo, a maior disponibilidade de serviços de regulação

em arrozais sob sistema de cultivo orgânico pode ser incorporada a estratégias meso- ou microrregionais de saúde pública, por meio do incentivo a elementos da paisagem que auxiliam na manutenção de populações de espécies controladoras de potenciais vetores de doenças.

Por fim, nossos resultados mostram que a maior oferta de serviços de regulação em arrozais orgânicos implica em menos pragas, menor necessidade de controle químico e mais alta biodiversidade, indicando um ambiente mais equilibrado, mais complexo e saudável em comparação com arrozais convencionais.

Uma sugestão para trabalhos futuros envolve a replicação dos testes para predadores (e.g., vertebrados que se alimentam de insetos), a fim de se verificar se as diferenças de ofertas de serviço se expandem até outros níveis tróficos. Recomenda-se também estudos com maior frequência de amostragens para verificar se a presença de agrotóxicos em arrozais convencionais está inequivocamente relacionada a diferenças de funções ecossistêmicas. Tais estudos podem esclarecer se eventuais diferenças de oferta de efeitos são detectadas em escalas espaciais de observação mais amplas, e assim, permitir avaliar com maior acurácia os custos e benefícios ambientais dos diferentes sistemas de manejo da cultura orizícola no país.

Agradecimentos

Agradecemos aos produtores rurais pelo acesso às propriedades para realização das coletas. Também agradecemos a Carla Cenci Almeida e Cleber Sganzerla pelo auxílio no trabalho de campo.

Referências

- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agric Ecosyst Environ**, Amsterdam, v. 74, n. 1-3, p. 19–31, June 1999. Disponível em: <<https://agroeco.org/doc/ecolrolebiodiv.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2023.
- AWUAH, K. F.; JEGEDE, O.; HALE, B.; SICILIANO, S. D. Introducing the Adverse Ecosystem Service Pathway as a Tool in Ecological Risk Assessment. **Environ Sci Technol**, Easton, v. 54, n. 13, p. 8144–8157, June 2020. Doi: 10.1021/acs.est.9b06851. Disponível em: 10.1021/acs.est.9b06851. Acesso em: 17 out. 2023.
- BAMBARADENIYA, C. N. B., AMERASINGHE, F. P. **Biodiversity Associated with the Rice Field Agroecosystem in Asian Countries: A Brief Review**. Working Paper 63. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2003. 24 p.
- BRASIL. Secretaria-Geral da Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 9, 14 de janeiro de 2021. Seção 1, p. 7.

CADOTTE, M. W.; CARSCADDEN, K.; MIROTCNICK, N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **J Appl Ecol**, Tucson, v. 48, n. 5, p. 1079–1087, August 2011. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x>. Acesso em: 18 out. 2023.

CARLUCCI, M. B.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; LOYOLA, R.; CIANCIA-RUSO, M. V. Functional traits and ecosystem services in ecological restoration. **Restor Ecol**, Malden, v. 28, n. 6, p. 1372–1383, November 2020. Doi: <https://doi.org/10.1111/rec.1327>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.13279>. Acesso em: 10 out. 2023.

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA. Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. **Global Biodiversity Outlook 5**. Montreal, Canadá, 2020. 208 p.

DALZIOCHIO, M. S.; BALDIN, R.; STENERT, C.; MALTCHIK, L. How does the management of rice in natural ponds alter aquatic insect community functional structure? **Mar Freshwater Res**, Melbourne, v. 67, n. 11, p. 1644, 2016. Doi: 10.1071/MF14246. Disponível em: 10.1071/MF14246. Acesso em: 07 out. 2023.

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M. **Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 160 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Transforming food and agriculture to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs). Rome, Italy: FAO, 2018. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Roma, Itália: Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments of the United Nations. 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Ecosystem Services & Biodiversity (ESB): Assessment & Valuation**. Disponível em: <<https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/valuation/en/>>. Acesso em: 10 jun, 2023.

IRGA - Instituto Rio Grandense do Arroz. **Boletim de resultados da safra 2021/22 em terras baixas: arroz irrigado e soja**. Porto Alegre, RS: IRGA, 2022. 19 p. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202209/26133439-relatorio-irga-safra-2021-22.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

LACEY L. A.; ORR, B. K. The role of biological control of mosquitoes in integrated vector control. **Am J Trop Med Hyg**, Northbrook, v. 50, n. 6 Suppl, p. 97-115, January 1994. Doi: 10.4269/ajtmh.1994.50.97. PMID: 7912908. Disponível em: 10.4269/ajtmh.1994.50.97. Acesso em: 10 out. 2023.

LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P.; SHIPLEY, B. **FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology**. R package version 1.0–12, 2014. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/FD/FD.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. **Annu Rev Entomol**, Palo Alto, v. 45, n. 1, p. 175–201, January 2000. Doi: 10.1146/annurev.ento.45.1.175. Disponível em: 10.1146/annurev.ento.45.1.175. Acesso em: 07 jul. 2023.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier, 2012. 853 p.

LINKE, M. G. GODOY, R. S.; ROLON, A. S.; MALTCHIK, L. Can organic rice crops help conserve aquatic plants in southern Brazil wetlands? **Appl Veg Sci**, Uppsala, v. 17, n. 2, p. 346–355, April 2014. Doi: 10.1111/avsc.12069. Disponível em: 0.1111/avsc.12069. Acesso em: 06 jul. 2023.

LIU, X.; BAKSHI, B. R.; RUGANI, B.; DE SOUZA, D.M.; BARE, J.; JOHNSTON, J.M.; LAURENT, A.; VERONES, F. Quantification and valuation of ecosystem services in life cycle assessment: Application of the cascade framework to rice farming systems. **Sci Total Environ**, Amsterdam, v. 747, p. 141278, December 2020. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141278. Disponível em: 10.1016/j.scitotenv.2020.141278. Acesso em 10 ago. 2023.

MACADAM, C. R.; STOCKAN, J. A. More than just fish food: ecosystem services provided by freshwater insects. **Ecol Entomol**, Oxford, v. 40, p. 113-123, August 2015. Doi: <https://doi.org/10.1111/een.12245>. Acesso em: 11 ago. 2023.

MALTBY, L.; JACKSON, M.; WHALE, G.; BROWN, A. R.; HAMER, M.; SOLGA, A.; KABOUW, P.; WOODS, R.; MARSHALL, S. Is an ecosystem services-based approach developed for setting specific protection goals for plant protection products applicable to other chemicals? **Sci Total Environ**, Amsterdam, v. 80, p. 1222–1236, February 2017a. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.083. Disponível em: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.083. Acesso em: 11 ago. 2023.

MALTBY, L.; VAN DEN BRINK, P. J.; FABER, J. H.; MARSHALL, S. Advantages and challenges associated with implementing an ecosystem services approach to ecological risk assessment for chemicals. **Sci Total Environ**, Amsterdam, v. 621, p. 1342–1351, February 2017b. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.094. Disponível em: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.094. Acesso em: 10 ago. 2023.

MERRIT, R. W., CUMMINS, K. W., BERG, M. B. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 4 ed. Iowa, EUA: Kendall/Hunt Publishing Co, 2008.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Washington, DC: Island press, 2005. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

OGINAH, S. A.; POSTHUMA, L.; MALTBY, L.; HAUSCHILD, M.; FANTKE, P. Linking freshwater ecotoxicity to damage on ecosystem services in life cycle assessment. **Environ Int**, Oxford, v. 171, 107705, January 2023. Doi: 10.1016/j.envint.2022.107705. Disponível em: 10.1016/j.envint.2022.107705. Acesso em: 08 ago. 2023.

OKSANEN, J. *et al.* **Vegan**: community ecology package version 2.5-7 November 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/346579465_vegan_community_ecology_pa>

ckage_version_25-7_November_2020>. Acesso em: 01 jun. 2023.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R. Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. In: PARRON, L. M. *et al.* **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA Florestas, 2015. cap. 1, p. 29-35.

POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, London, v. 365, n. 1554, p. 2959–2971, September 2010. Doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>. Acesso em: 04 ago. 2023.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; FERREIRA, J. N.; CAMPANHA, M. M. Serviços ecossistêmicos e ambientais na paisagem rural do Brasil. **Rev Bras Geogr Fís**, Recife, v. 8, p. 610–622, January 2015. Doi: 10.5935/1984-2295.20150018. Disponível em: 10.5935/1984-2295.20150018. Acesso em: 04 ago. 2023.

PRATHER, C. M. *et al.* Invertebrates, ecosystem services and climate change. **Biol Rev Camb Philos Soc**, London, v. 88, n. 2, p. 327–348, December 2013. Doi: Disponível em: <https://doi.org/10.1111/brv.12002>. Acesso em: 28 jul. 2023.

PRIYADARSHANA, T. S.; SLADE, E. M. A meta-analysis reveals that dragonflies and damselflies can provide effective biological control of mosquitoes. **J Anim Ecol**, Oxford, v. 92, 1589–1600, June 2023. Doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13965>. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13965>. Acesso em: 09 set. 2023.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds). **Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto, SP: Holos, 2012. 810 p.

RAIFIT, J.; PLANTEGENEST, M.; ROUSSEL, J. From stream to land: Ecosystem services provided by stream insects to agriculture. **Agric Ecosyst Environ**, Amsterdam, v. 270–271, p. 32–40, hal-02272263f, February 2019. Doi: 10.1016/j.agee.2018.10.013ff. Disponível em: 10.1016/j.agee.2018.10.013ff. Acesso em: 10 jul. 2023.

RIO GRANDE DO SUL - Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul**. 6. ed. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul, 2021. 203 p.

SAUNDERS, M. E.; PEISLEY, R. K.; RADER, R.; LUCK, G. W. Pollinators, pests, and predators: Recognizing ecological trade-offs in agroecosystems. **Ambio**, Oslo, v. 45, p. 4–14, September 2016. Doi: 10.1007/s13280-015-0696-y. Disponível em: 10.1007/s13280-015-0696-y. Acesso em: 09 jul. 2023.

STENERT, C.; DE MELLO, I. C. M. F.; PIRES, M. M.; KNAUTH, D. S.; KATAYAMA, N.; MALTCHIK, L. Responses of macroinvertebrate communities to pesticide application in irrigated rice fields. **Environ Monit Assess**, Dordrecht, v. 190, n. 2, p. 74, January 2018. Doi: 10.1007/s10661-017-6425-1. Disponível em: 10.1007/s10661-017-6425-1. Acesso em: 09 jul. 2023.

SUTER, G. W.; CORMIER, S. M. Why Care About Aquatic Insects: Uses, Benefits, and Servi-

ces. **Integr Environ Assess Manag**, Pensacola, v. 1, n. 2, p. 188-194, January 2014. Doi: 10.1002/ieam.1600. Disponível em: 10.1002/ieam.1600. Acesso em 02 ago. 2023.

SWINTON, S. M.; LUPI, F.; ROBERTSON, G. P.; HAMILTON, S. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. **Ecol Econ**, Amsterdam, v. 64, p. 245-252, December 2007. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.09.020. Disponível em: 10.1016/j.ecolecon.2007.09.020. Acesso em 11 ago. 2023.

WOOD, S. A.; KARP, D. S.; DECLERCK, F.; KREMEN, C.; NAEEM, S.; PALM, C.A. Functional traits in agriculture: agrobiodiversity and ecosystem services. **Trends Ecol Evol**, Amsterdam, v. 30, n. 9, p. 531-539, September 2015. Doi: 10.1016/j.tree.2015.06.013. Disponível em: 10.1016/j.tree.2015.06.013. Acesso em: 13 ago. 2023.

YASUMATSU, K.; WONGSIRI, T.; NAVAVICHIT, S.; TIRAWAT, C. Approaches toward an integrated control in rice pests. Part 1: Survey of natural enemies of important rice pests in Thailand. **Plant Prot Serv Tech Bull**, Bangkok, v. 24, p. 1-21, 1975. Disponível em: <<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19760539887>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

Pauline Amanda Vognach

✉ pauline@universo.univates.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5578-1244>

Submetido em: 18/08/2023

Aceito em: 16/08/2024

2025;28:e00107

Mateus Marques Pires

✉ marquespiresm@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5728-8733>

Marina Schmidt Dalzochio

✉ mahsdalzochio@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9241-921X>

Eduardo Périco

✉ perico@univates.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2926-6246>

Servicios ecosistémicos potenciales proporcionados por insectos acuáticos en arrozales irrigados bajo diferentes sistemas de cultivo

Pauline Amanda Vognach
Mateus Marques Pires

Marina Schmidt Dalzochio
Eduardo Périco

Resumen: La provisión de servicios ecosistémicos en la agricultura depende del uso de prácticas de conservación y de la biodiversidad de cada agroecosistema. Sin embargo, en Brasil, los conocimientos y las herramientas para evaluar el impacto de diferentes sistemas de cultivo en la prestación de servicios ecosistémicos siguen siendo deficientes en los agroecosistemas. Evaluamos si la disponibilidad de servicios de apoyo y regulación proporcionados por los insectos acuáticos difiere entre los campos de arroz regados en sistemas convencionales y orgánicos. Se implementó un marco basado en los atributos funcionales y las funciones ecológicas realizadas por cada taxón. Se seleccionaron para el análisis los atributos de los insectos relacionados con la capacidad de polinización, la fertilización del suelo y el control de plagas. Se detectó una mayor disponibilidad de servicios de fertilización de suelos en arrozales convencionales y de servicios de control de plagas en arrozales orgánicos. Este estudio demuestra el alcance del marco basado en atributos funcionales para la evaluación integrada de servicios ecosistémicos en campos de arroz, siendo útil para apoyar estrategias sostenibles en agricultura.

São Paulo. Vol. 28, 2025

Artículo original

Palabras-clave: Agricultura, agroecología, biodiversidad asociada, entomofauna acuática, sostenibilidad.

Potential ecosystem services provided by aquatic insects in irrigated rice fields under different management systems

Pauline Amanda Vognach
Mateus Marques Pires

Marina Schmidt Dalzochio
Eduardo Périco

Abstract: The provision of ecosystem services in agriculture depends on the use of conservation practices and the biodiversity of each agroecosystem. In Brazil, however, knowledge and tools for evaluating the impact of different cultivation systems on the provision of ecosystem services remain deficient in several agroecosystems. We assessed whether the availability of support and regulation services provided by aquatic insects differs between rice fields irrigated under conventional and organic systems. A framework was implemented based on functional traits and the ecological functions performed by each taxon. Insect traits related to pollination capacity, soil fertilization and pest control were selected for analysis. Greater availability of soil fertilization services in conventional rice fields and pest control services in organic rice fields was detected. This study demonstrates the efficiency of the framework based on functional traits for the integrated assessment of ecosystem services in rice fields, being useful to support sustainable strategies in agriculture.

São Paulo. Vol. 28, 2025

Original Article

Keywords: Agriculture, agroecology, aquatic entomofauna, associated biodiversity, sustainability.