

**Valoração de Serviços Ecossistêmicos
em Arroz: Custo de Remoção das
Externalidades e Degradações Ambientais
Decorrentes das Emissões de Gases de
Efeito Estufa e dos Usos de Agrotóxicos**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
317**

**Valoração de Serviços Ecossistêmicos
em Arroz: Custo de Remoção das
Externalidades e Degradações Ambientais
Decorrentes das Emissões de Gases de
Efeito Estufa e dos Usos de Agrotóxicos**

*Luiz Clovis Belarmino
Ângela Rozane Leal de Souza
Margarita Pabsdorf*

***Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2018***

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente
Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente
Enio Egon Sosinski

Secretário-Executivo
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Nathália Santos Fick (estagiária)

Foto da capa
Ana Luiza B. Viegas

1ª edição
Obra digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado

B426v Belarmino, Luiz Clovis

Valoração de serviços ecossistêmicos em arroz: custo
de remoção das externalidades e degradações ambientais
decorrentes das emissões de gases de efeito estufa e dos
usos de agrotóxicos / Luiz Clovis Belarmino, Ângela
Rozane Leal de Souza, Margarita Pabsdorf. –
Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018.

32 p. (Boletim / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1678-2518 ; 317)

1. Agricultura. 2. Economia. 3. Agricultura sustentável.
I. Souza, Ângela Rozane Leal de. II. Pabsdorf, Margarida.
III. Título. IV. Série.

CDD 307.72

Sumário

Resumo5

Abstract7

Introdução.....9

Material e Métodos18

Resultados e Discussão19

Conclusões27

Referências28

Valoração de Serviços Ecossistêmicos em Arroz: Custo de Remoção das Externalidades e Degradações Ambientais Decorrentes das Emissões de Gases de Efeito Estufa e dos Usos de Agrotóxicos

Luiz Clovis Belarmino¹

Ângela Rozane Leal de Souza²

Margarita Pabsdorf³

Resumo – A constante busca de soluções para os conflitos entre a economia, meio ambiente e sociedade também está presente nos agentes da agricultura. As ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) buscam aprimorar as recomendações técnicas de cultivos e criações, inseridas nas ações de desenvolvimento sustentável e, mais recentemente, para se adequar aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Nas lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, entre outras necessidades de redução do uso de insumos químicos mais impactantes e de diminuição das emissões de gases de efeitos estufa (GEE), impõem-se um menor uso de água, racionalização do uso de produtos fitossanitários (RPF), inserção de outras atividades econômicas em sistemas de rotação e diversificação da produção, acompanhadas de melhores práticas de manejo (agrícola e pecuário). Esses fatores, ao promover maior eficiência produtiva, possibilitam menor ocupação do solo, alavancando a manutenção e/ou recomposição do equilíbrio natural dos agroecossistemas e, portanto, a redução das emissões que destroem a camada de ozônio e que influenciam no aquecimento global. As diversas recomendações teóricas de valoração de cada serviço ecossistêmico foram analisadas e a Função de Produção, via o método da Matriz de Análise de Política Ambiental

¹ Engenheiro-agrônomo, mestre em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

² Economista, doutora e professora do Departamento de Contabilidade da Faculdade de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS.

³ Economista, doutora e professora do Departamento de Economia Internacional e de Espanha da Faculdade de Ciências Empresariais da Universidade de Granada (UGR), Granada, Espanha.

(MAP Ambiental) se mostrou adequada ao propósito de quantificar o valor monetário que pode ser atribuído aos serviços ecossistêmicos relacionados ao efetivo emprego de medidas agronômicas voltadas aos manejos dos GEE e à RPF, todas com viabilidade técnica estudadas pela Embrapa e parceiros. Resultados de pesquisas indicaram que os principais fatores que geram externalidades e degradações ambientais na lavoura de arroz irrigado estão relacionados ao uso de produtos fitossanitários e emissões de GEE, todavia existem práticas agrícolas que minimizam os impactos negativos. O custo monetário para a remoção desses impactos foi calculado para nove medidas agronômicas, e os valores obtidos se constituem no montante necessário ao cumprimento da norma ambiental para a elevação da sustentabilidade da orizicultura. Logo, o método da MAP Ambiental permite a valoração de serviços ecossistêmicos, pois gera os valores monetários para apoiar a tomada de decisão quanto ao reconhecimento ou punição dos envolvidos na cadeia produtiva (*stakeholders*), os quais interferem nos bens e serviços da natureza, ao produzir arroz irrigado.

Termos para indexação: Boas práticas agrícolas, valoração de bens e serviços ambientais, impactos da sustentabilidade na agricultura, preservação e conservação ecológica.

Valuation of Ecosystem Services in Rice: Costs Involving the Removal of Externalities and of Environmental Degradations Related to Greenhouse Gas Emissions and Pesticides Use

Abstract – The constant search for solutions to the conflicts between the economy, environment and society is also present in the agro agents. The actions of research, development and innovation (PD&I) seek to enhance crop technical recommendations and creations, entered in the actions of sustainable development and, more recently, to meet the Millennium Development Goals. In the irrigated rice crops in Rio Grande do Sul, among other needs concerning reduction of the more impactful chemical inputs and the greenhouse effect gas emissions (GHG), less water use, rationalization of phytosanitary products (RPF), insertion of other economic activities in rotation systems and diversification of production, with greater management practices, are also necessary. These factors allow greater production efficiency by reducing the use of soils and maintaining/recomposing natural balance of agro-ecosystems, with the consequent decrease in emissions that destroy the ozone layer and influence on global warming. The various theoretical valuation recommendations of each ecosystemic service were reviewed and the Production Function, via the method of Environmental Policy Analysis Matrix (Environmental MAP) proved to be suitable for the purpose to quantify the monetary value that can be assigned to ecosystem services related to the effective use of agronomic measures geared manage GEE and RPF, all with technical feasibility, studied by Embrapa and its partners. The experimental results indicated that the main factor that generate externalities and environmental degradation in irrigated rice crop can be minimized with better management of cultivation and soils of the lowlands. The experimental results indicated that the main factor that generate externalities and environmental degradation in irrigated rice crop are related to the use of plant protection products and greenhouse gas emissions, however there are several agricultural practices that minimize negative impacts. The monetary cost to the removal of these impacts were calculated for nine agronomic measures and the values obtained are in the amount nec-

essary for the fulfilment of environmental standard to increase sustainability of rice crops. Thus, the method of Environmental MAP allows the valuation of ecosystem services, as it generates the monetary values to support the decision about the recognition or punishment of the stakeholders that interfere in the goods and services of nature, by producing irrigated rice.

Index terms: Good agricultural practices, valuation of environmental goods and services, impacts of sustainability in agriculture, ecological preservation and conservation.

Introdução

Os agroecossistemas de terras baixas no Brasil, basicamente, caracterizam-se por dois aspectos: a fragilidade ambiental, devido à ampla biodiversidade e a proximidade de corpos de água, e o uso para a orizicultura irrigada por inundação (arroz irrigado), que no Brasil ocupa cerca de 1,4 milhão de hectares. Essa orizicultura se concentra no estado do Rio Grande do Sul, onde, na safra 2012/2013, ocupou 1.066.000 hectares e produziu 67% do arroz nacional (Conab, 2017). Destacam-se, ainda, como produtores de arroz irrigado, Santa Catarina (150 mil hectares), Tocantins (55 mil hectares) e Mato Grosso do Sul (15,2 mil hectares). Várias espécies de pragas [conforme definição da FAO (ISPM, 2006)], destacando-se doenças, insetos e plantas daninhas, ocorrem nos arrozais em terras baixas, o que requer o uso de agrotóxicos para controle, muitas vezes feito de modo incorreto. No Rio Grande do Sul, aplicações de herbicidas cobrem quase a totalidade da área de arroz. Apesar de necessárias (devido à alta infestação de plantas daninhas), geralmente são refeitas, em doses superiores às indicadas em bula. No caso de doenças e insetos, há forte tendência de expansão do controle químico preventivo (tratamento de sementes) e curativo, o qual em aproximadamente 80% das vezes é feito sem considerar critérios do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Nos demais estados produtores de arroz irrigado, o uso de agrotóxicos segue o padrão do Rio Grande do Sul, onde a predominância da monocultura de arroz, nas terras baixas, causou a degradação física, química e biológica do solo. Isso, junto à demanda por outros grãos, induziu a diversificação do sistema produtivo. Destaca-se a sucessão e a rotação de cultura com azevém e soja, respectivamente, e a perspectiva de expansão da cultura do milho. Em azevém, exceto o uso de herbicidas para a dessecação e plantio direto de arroz, basicamente não há uso de agrotóxicos.

Em soja, tanto nas terras baixas do Rio Grande do Sul (300 mil hectares) como do Tocantins (30 mil hectares), herbicidas dessecantes geralmente são usados de modo eficaz, conforme recomendações técnicas. Porém, há crescente uso de agrotóxicos para o controle de doenças e insetos-praga, sem base em avaliações de níveis de incidência, caracterizando-se a calendarização das aplicações. Entre as causas do uso abusivo de agrotóxicos em terras

baixas, incluem-se: 1) falta, escassez, desatualização ou inadequação da informação no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (AGROFIT) inerente ao registro de produtos; 2) esforço do setor comercial de agrotóxicos em incentivar uso excessivo; 3) escassez de métodos mais aptos ao MIP; 4) facilidade para o uso de agrotóxicos, com base no baixo preço de vários produtos.

Entre os problemas econômicos e ambientais, associados ao uso de agrotóxicos, evidencia-se o acúmulo no solo de resíduos de alguns herbicidas usados em arroz, afetando outras espécies vegetais, na rotação de culturas, e até mesmo cultivares de arroz não tolerantes a esses herbicidas. Assim, objetiva-se avançar no conhecimento científico e tecnológico (ganhos incrementais, práticas e processos) quanto a táticas tradicionais e inovativas para MIP, como base à racionalização do uso de agrotóxicos e terras baixas.

Prevê-se disponibilizar informação qualificada e organizada sobre a praticabilidade agrônoma, econômica e ambiental de processos para MIP, de modo a apoiar políticas públicas sobre qualidade química dos alimentos, preservação e conservação de recursos naturais, agregando benefícios econômicos e sociais.

A hipótese estabelecida para a realização deste estudo se assentou na seguinte visão: o conjunto integrado de técnicas agrícolas de redução das emissões de gases de efeito estufa e para a racionalização de uso de agrotóxicos nos sistemas produtivos em terras baixas gera impactos socioeconômicos e ambientais positivos, os quais permitem recomendar novos critérios para a sustentabilidade da lavoura arrozeira no Rio Grande do Sul, baseados na obtenção de valores monetários para apoio à tomada de decisão quanto a recompensar ou responsabilizar os agentes da cadeia produtiva que interferem negativamente nos bens e serviços ecossistêmicos.

Referencial teórico da valoração de serviços ecossistêmicos

Quanto a medidas para busca da sustentabilidade de agroecossistemas de terras baixas, são apresentadas várias recomendações inerentes a diversos setores da sociedade, tais como: prover o correto conjunto de estruturas de incentivo econômico e estimular investidores na adoção das práticas da economia verde; assegurar a criação de empregos e usar estra-

tégias que integrem os mecanismos do desenvolvimento sustentável; e estabelecer um diálogo social para formulação de políticas públicas de coesão, socialmente conexas e adaptadas ao modelo de desenvolvimento.

Os principais autores no tema de economia ambiental e ecológica, bem como o Programa de Meio Ambiente da Organização das Nações Unidas (PNUMA, 2014), utilizam a denominação de economia verde para se referir ao conjunto de práticas que reduzem os problemas da crescente crise ecológica e diminuem os riscos ambientais, como a menor emissão de carbono ou outros poluentes e uso eficiente dos recursos naturais e energia, cujos resultados promovam o bem-estar. Esses autores ressaltam que a expressão ‘economia verde’ não substitui o conceito de desenvolvimento sustentável, apesar de ambas se apoiarem na reconstrução do capital natural, em especial na recuperação da biodiversidade, conservação dos serviços ecossistêmicos e eliminação dos impactos negativos da chamada “economia marrom”, de modo a se tornar compatível com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (PNUMA, 2014), com ênfase nas medidas inclusivas para aliviação da pobreza de populações carentes e marginalizadas em ambientes frágeis.

Por conseguinte, a economia ecológica pode ser definida como a ciência da gestão da sustentabilidade ou como um campo de estudo transdisciplinar e de valoração da (in)sustentabilidade, que permite analisar os problemas das interações entre os subsistemas econômicos e o sistema natural, incluindo os conflitos entre o crescimento econômico e limites físicos e biológicos dos ecossistemas, pois a pressão econômica sobre o meio ambiente aumenta com o consumo e o crescimento demográfico.

Nesse sentido, as externalidades econômicas são um tipo de falha de mercado, e ocorrem quando as atividades de produção ou consumo geram impactos negativos ou positivos em outros agentes econômicos, respectivamente, sem haver penalização ou recompensa para o gerador da economia externa, geralmente ocasionadas pela inexistência de incentivos econômicos ou legais para o causador ou para o consumidor. Na presença de externalidade, o custo social de um bem ou serviço difere do custo privado e, portanto, não existe eficiência alocativa ou dotação econômica dos recursos produtivos.

Esse sistema de produção com falhas ambientais de mercado pode ser considerado como insustentável e, logo, necessita de correção, governamen-

tal ou privada, para a internalizar os custos não contabilizados pelos produtores e consumidores.

As falhas ambientais de mercado se dividem em externalidades e em degradações ambientais, podendo ser de dois tipos: 1) negativas, que são aqueles custos impostos indevidamente pelo produtor, de curto prazo, sem penalização e não contabilizados, como a contaminação da água; 2) positivas, que são os benefícios sem recompensa ao produtor, como a geração ou manutenção de serviços ecossistêmicos. A degradação ambiental se constitui em efeitos de longo prazo, devidos ao uso excessivo do recurso natural na produção, pelo ausente (ou fraco) incentivo para limitar a sobre-exploração, o qual pode ser quantificado pela métrica do custo do usuário, dentro das técnicas de função da produção (FAO, 2007).

Os serviços ecossistêmicos são benefícios obtidos pelo homem, do meio ambiente, resultantes da biocenose entre organismos vivos nos sistemas naturais. Exemplificando, as florestas fornecem madeira e fibras, purificam a água, regulam o clima e produzem recursos genéticos e alimentos; os sistemas fluviais disponibilizam água doce, energia e recreio; as zonas úmidas costeiras filtram os resíduos, mitigam as cheias e servem de viveiro à pesca comercial, também auxiliam no controle da erosão e recreação (Costanza et al., 2011).

A Avaliação do Ecossistema do Milênio (AM, 2005), maior esforço de caracterização e avaliação das condições dos ecossistemas mundial promovida pela ONU (2003), classificou os serviços ecossistêmicos em serviços de provisão (alimentos, água etc.), regulação (polinização, regulação do clima etc.), culturais (paisagístico, sociais etc.) e de suporte (ciclagem de nutrientes e qualidade do solo).

Existem diversas publicações sobre valoração econômica de recursos ambientais, que abordam a caracterização, monetarização e pagamento de serviços ecossistêmicos, como manuais (Motta, 1998; ONU, 2003), métodos (FAO, 2007; Soares; Porto, 2007), iniciativas do Banco Mundial (Pagiola et al., 2004), Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (PNUMA), Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA, 2011) e a da Europa (EEA, 2011). Além disso, existem diversos trabalhos, isolados e pouco acessíveis, como os da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica e de autores como Martínez de Anguita e Benítez (2006), Pagiola et al. (2004), Picazo-Tadeo et

al. (2011) e Andeen (1997). Outros relacionam tipos de serviços ecossistêmicos com os tipos de métodos de avaliação, como Rosas et al. (2009), Farber et al. (2002) e Pagiola et al. (2004); enfocam as bases teóricas da economia, metodologias e formulação de políticas de sustentabilidade, como Andrade e Romeiro (2009), Benítez (2005), Boumas e Costanza (2007), Liu et al. (2010), Gómez-Limón et al. (2012), Motta (2007), Nogueira e Santana (2009), Odum (1996), Porras (2003) e Sarmiento (2006).

Ao se considerar a lavoura de arroz irrigado por inundação continuada, entre outros impactos, a condição anaeróbica propicia a grande fermentação da matéria orgânica e, por conseguinte, a emissão de gases, entre eles alguns com efeitos estufa (Martins et al., 2017). Além disso, Bayer et al. (2017) e Blengini e Busto (2009) elencam inúmeros outros impactos ambientais negativos e valores de contribuição da lavoura de arroz para o aquecimento global. As demandas por água e outros insumos químicos da lavoura arrozeira estão associadas a processos de geração de externalidades e degradações ambientais, que interferem diretamente nos bens e serviços ecossistêmicos, os quais necessitam ser preservados (Switzer; Vedlitz, 2017; Embrapa, 2018).

A avaliação dos impactos de alternativas para a racionalização do uso de agrotóxicos deve contemplar mais incisivamente os efeitos na saúde humana, animal e recursos naturais, além das tradicionais avaliações econômicas (Azambuja et al., 2004), principalmente tratando-se de agroecossistemas mais sensíveis, como as terras baixas, onde predominam lavouras de arroz irrigado por inundação e, por isso, tais efeitos são mais significativos (EPA, 2011). A agricultura, além da função primária de produzir alimentos e fibras, provê serviços ecossistêmicos, como manter a qualidade da água e do solo, preservar a biodiversidade e outras funções de conservação dos recursos naturais, os quais são considerados bens públicos e, portanto, não são comercializados nos mercados, cuja oferta depende de mecanismos governamentais (FAO, 2007).

As falhas ambientais de mercado e as externalidades socioeconômicas estão presentes sempre que uma atividade econômica gera impactos negativos ou positivos sobre outros agentes, sem incorporar esses efeitos na contabilidade dos negócios. Isso significa que são custos marginais não internalizados e que são gerados por sistemas produtivos considerados insustentáveis, quase sempre por falta de estímulos para penalizar o polui-

dor ou recompensar o gerador do benefício para a sociedade (FAO, 2007). Exemplificando, o custo anual das externalidades ambientais na agricultura da Alemanha foi de US\$ 2 bilhões ou US\$ 81,00/ha; nos EUA, de US\$ 34,7 bilhões ou US\$ 343,00/ha; no Reino Unido, £\$ 5.1 bilhões; e na China, somente para agrotóxicos, de US\$ 1,4 bilhão (UNEP, 2011).

Na literatura consultada, existem outros estudos sobre externalidades de sistemas de cultivo de arroz que também indicam impactos socioambientais significativos e diferenciados, dependendo do sistema de produção e das práticas agrônômicas utilizadas (YAO et al., 2010), bem como dos benefícios aos agroecossistemas decorrentes de cultivos de arroz irrigado para a conservação do meio ambiente (Picazo-Tadeo; Reig-Martínez, 2006). Os indicadores qualitativos e quantitativos para externalidades ambientais e socioeconômicas para agrotóxicos estão disponíveis em diversas publicações (Soares; Porto, 2007). No Brasil, os estudos de quantificação dessas externalidades nas atividades agrícolas são pontuais, dispersos e desatualizados, além de inéditos na avaliação de valor, apesar do reconhecimento da sua utilidade para a tomada de decisão sobre investimentos, projetos e na formulação de políticas (Motta, 2007; Scarcelli, 2009). No entanto, existem conhecimentos e experiências úteis às avaliações de impactos ambientais, econômicos e sociais inerentes às alternativas para a racionalização no uso de agrotóxicos em sistemas de produção em terras baixas, envolvendo indicadores de externalidades (Constanza et al., 2011; FAO, 2007; Pagiola et al., 2004).

Emissões de gases de efeito estufa e redução de agrotóxicos na produção de arroz

Sobre as emissões de gases de aquecimento global e redução de agrotóxicos na produção de arroz, convém destacar alguns aspectos relativos aos agentes e respectivas estruturas e funções nos agroecossistemas em geral. Assim, por exemplo, a agricultura global contribui com 65% a 80% de todo o óxido nitroso (N_2O) emitido para a atmosfera, principalmente proveniente do nitrogênio presente nos fertilizantes aplicados no solo (Bortoli et al., 2012). Assim, o balanço entre a produção e o consumo de N_2O no solo depende de diversos mecanismos físicos, que variam com a temperatura e umidade (Rafique et al., 2011). Da mesma forma, o manejo da adubação nitrogenada

pode alterar a disponibilidade de N no solo, podendo promover variações nas emissões de N_2O (Scivittaro et al., 2015).

Aumentos na taxa de N usado por muitos agricultores produzem efeito reduzido ou nulo na Eficiência de Recuperação de N (ER) pelas culturas. Portanto, práticas de gestão para reduzir as perdas de N e aumentar a ER são necessárias. (Barbieri et al., 2018). Nesse sentido, Scivittaro et al. (2017) avaliaram três tipos de tratamento buscando a melhor eficiência e o menor impacto ambiental.

A ureia é um tipo de composto fertilizante que tem como principal função fornecer nitrogênio para as plantas. Quando as plantas recebem uma quantidade pequena de nitrogênio, acabam perdendo um pouco do vigor e também da produtividade do grão. Assim, o nitrogênio é o nutriente que proporciona maior retorno em produtividade ao arroz, porém apresenta uma dinâmica muito complexa em sistemas alagados, estando sujeito a perdas. Por conta disso, o aproveitamento de N pela cultura raramente excede 50% da quantidade aplicada (Fageria et al., 2007; Hirzel; Rodriguez, 2013; Ji et al., 2007, apud Veçozzi et al., 2017).

De acordo com alguns autores (Veçozzi et al., 2017) “O uso de fertilizante nitrogenado de liberação controlada em dose única em pré-semeadura em cultivo de arroz irrigado proporciona produtividade de grãos e eficiência agrônômica no uso do nitrogênio, semelhantes às da ureia aplicada de forma parcelada entre a semeadura e em cobertura”.

Por outro lado, no aspecto fitossanitário da lavoura de arroz irrigado, o inseto de nome científico *Oryzophagus oryzae* (Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) é uma das pragas mais prejudiciais à orizicultura no Sul do Brasil. Migra aos arrozais na fase adulta (gorgulho-aquático), no início da inundação, alimentando-se de folhas, raramente causando danos econômicos. Conhecido como bicheira-da-raiz, é mais agressivo na fase larval, podendo destruir totalmente as raízes (Eberhardt; Schiocchet, 2015) e reduzir em cerca de 20% a produção de arroz (Grützmacher et al., 2008; Martins; Cunha, 2015; Martins et al., 2016, 2017).

O inseticida fipronil é indicado para controle dessa praga. Assim, o Agrofitec (2017) recomenda um uso entre 25 e 37,5 g/100 kg de semente. No entanto, há indicação de que apenas 10 g/100 kg de semente sejam suficientes para

um controle eficaz, podendo se reduzir custos de produção e riscos de contaminação ambiental (Azambuja et al., 2016; Martins et al., 2010 apud Martins et al., 2017).

Assim, o praguicida foi introduzido na Europa e nos Estados Unidos em meados de 1990 (Li; Akk, 2008) e autorizado para comercialização na França em 1994 (Bichon et al., 2008), no entanto, por causa de sua possível implicação na mortalidade de abelhas (desde 2004), a sua utilização como produto fitossanitário foi suspensa nesse país (Oliveira, 2010 apud Chaguri, 2016). Destaca-se que esse produto fitossanitário também foi proibido para uso em arroz nos EUA. Ainda, Gibbons et al. (2015) destacam que o fipronil é tóxico para muitas aves e para a maioria dos peixes, respectivamente. Seguindo a ideia, autores (Tingle et al., 2003; Terçariol; Godinho, 2011) destacam que a exposição do praguicida aos mamíferos, incluindo seres humanos, pode gerar efeitos de toxicidade. Nesse contexto, para se alcançar o menor uso desse inseticida e, com isso, provocar menor impacto ambiental, Martins et al. (2017) realizaram estudo em que compararam a quantidade de fipronil na lavoura com o número de larvas, eficiência de controle, rendimento do grão e custo de produção.

Valoração das externalidades pela função de produção

A valoração econômica de recursos ambientais comporta diversas abordagens e métodos de cálculo de estimativas de preços. Variam de acordo com a especificidade do serviço ecossistêmico que se considere, mas em geral se dividem em métodos que seguem as funções de oferta (ou de produção) e demanda. Entre os métodos de que seguem a função de produção, destaca-se o método da Matriz de Análise de Política (MAP) de Monke e Pearson (1989), depois adaptada por Pearson et al. (2003). Também foi recomendada, revisada e ampliada pela FAO (2007) e por Lopes et al. (2012).

Pearson et al. (2003) e FAO (2007) apresentaram a fundamentação teórica desse método (que denominaram de MAP Ambiental), para avaliar as falhas ambientais de mercados, e enfatizaram que a tardia transição de um regime de abundância para um regime de escassez de recursos ambientais, entre outros aspectos, caracteriza como inadiável a realização de ajustes estruturais no padrão de uso dos recursos ambientais, pois decorrem do mau

uso dos recursos naturais e não pagamento dos custos totais, criando sistemas de produção insustentáveis.

Esses impactos ambientais podem ser calculados de duas formas: se o bem ou serviço ambiental possui preço no mercado (como as toneladas equivalente de carbono), logo a variação ocorrida multiplica o valor de comercialização, e se obtém o custo ambiental; se não possui cotação de mercado, pode ser calculado de modo indireto, pela estimativa do Custo do Usuário, dentro das funções de produção (produtividade marginal e de mercados de bens substitutos, como o custo de reposição, gastos defensivos ou custos evitados, custos de controle etc.), pois essa é a métrica que orienta a análise econômica das falhas ambientais de mercado (Motta, 1997), cujo resultado se define como o valor presente descontado do valor futuro renunciado pelo uso dos recursos ambientais, em virtude de medir os benefícios ou prejuízos totais ao longo do tempo, e não apenas no ano corrente. Tal enfoque incorpora a compreensão e percepção clara de que o benefício atual não deve limitar a oportunidade de uso futuro, bem como expressa o regime de escassez dos fatores de produção (terra, etc.).

As medidas e políticas mitigatórias devem considerar que os custos de produção são subrepresentados, por ignorar os impactos ambientais negativos imediatos (Externalidade Ambiental Negativa) e futuros (Degradação Ambiental). Políticas eficientes corrigem a divergência entre Preços Privados (PP) (preços correntes de mercado) e Preços Sociais (PS) (preços sem falhas de mercado), pois, quanto maior as políticas distorsivas, maiores serão as divergências. Logo, o custo da externalidade ou degradação pode ser incluído nos custos privados. Um imposto ou outra medida corretiva sobre o item causador da externalidade negativa no mercado igualaria os PP aos PS, observado pela divergência obtida no cálculo que pode ser feito pela MAP, conforme FAO (2007).

Todavia, as externalidades e degradações ambientais, de modo geral, são difíceis de corrigir por políticas simples, pois é muito complexo medir os custos externos do uso de praguicidas, por exemplo. A segunda melhor política é o uso de padrões quantitativos para limitar uso de poluentes nas atividades produtivas, como, por exemplo, estabelecer quantidades máximas de uso de determinados agrotóxicos em cultivos ou criações; fixar quantidades máxi-

mas de resíduos no alimento, água, ar e solo; e fixar distância de recuo dos rios, encostas e topos de morro para exercer atividades produtivas.

As falhas ambientais de mercado surgem quando, por exemplo, os agricultores fazem o uso inadequado dos recursos naturais, como eliminação da biodiversidade, contaminação da água e solo, descuidos com a erosão de solo, dificultam a polinização e aumentam as emissões de gases de efeito estufa, posto que não pagam o custo verdadeiro de tal uso excessivo ou de redução da capacidade produtiva dos agroecossistemas (Pearson et al., 2003; FAO, 2007).

Esses autores classificaram em quatro etapas os cálculos da MAP Ambiental: construção de uma MAP para um sistema produtivo insustentável, com preços privados com a externalidade; construção de uma MAP para sistema sustentável, com preços sem a externalidade e com o imposto ou padrão quantitativo ou “cota de poluição” permitida; construção da MAP Ambiental, com o uso das entradas privadas da MAP Insustentável comparada com as entradas sociais da MAP Sustentável, para se obter as divergências entre os lucros privados e sociais; cálculo dos custos de conformidade para a remoção da externalidade, que é o cálculo das despesas para o cumprimento da norma ambiental no sistema produtivo. Os resultados indicam que os PP representam o custo privado para atender a conformidade legal ou ambiental ou a receita reduzida dos produtores no sistema em estudo, enquanto que os PS se constituem no custo social para cumprir com a conformidade e se trata da renda nacional renunciada no sistema estudado.

O objetivo geral deste trabalho é relatar resultados da aplicação do método da MAP Ambiental na valoração de degradações e externalidades ambientais causadas pelo uso de produtos fitossanitários e emissões de gases de efeito estufa na orizicultura, com o emprego de algumas práticas e tecnologias agropecuárias mitigadoras desses efeitos deletérios.

Material e Métodos

Este trabalho foi conduzido na Embrapa Clima Temperado, utilizando o método da MAP Ambiental. Para tal, adotou a contabilidade explicitada na

Tabela 1, que contempla dupla entrada de dados, uma para os custos envolvidos e outra para receitas obtidas. Também separa os resultados em preços privados (ou de mercado, com as falhas de mercado, como são as externalidades), e em preços sociais, que são aqueles que deveriam existir caso a externalidade ou degradação ambiental seja removida do sistema.

Tabela 1. Contabilidade do método da MAP e indicadores de competitividade e impactos econômicos derivados.

Preço	Receita	Custos		Lucro
		Insumo transacionável	Fator doméstico	
Preço privado	A	B	C	D ⁽¹⁾
Preço social	E	F	G	H ⁽¹⁾
Efeito de divergência e de política eficiente	I ⁽³⁾	J ⁽⁴⁾	K ⁽⁵⁾	L ⁽⁶⁾

Fonte: Monke e Pearson (1989).

Notas:

- ⁽¹⁾ Lucros privados ($D = A - B - C$).
- ⁽²⁾ Lucros sociais ($H = E - F - G$).
- ⁽³⁾ Transferência de produção ($I = A - E$).
- ⁽⁴⁾ Transferência de insumos ($J = B - F$).
- ⁽⁵⁾ Tranferência de fatores ($K = C - G$).
- ⁽⁶⁾ Transferências líquidas ($L = D - H$ ou $L = I - J - K$).

Resultados e Discussão

Os cálculos das MAPs Ambientais foram feitos em relação a nove práticas agronômicas sustentáveis, ou seja, essas foram comparadas com o sistema convencional ou insustentável, segundo Pearson et al. (2003) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo contábil dos valores monetários dos serviços ecossistêmicos obtidos pelo cálculo dos custos das externalidades e degradações ambientais em lavouras de arroz irrigado, expressos em reais por tonelada (R\$/t), com manejo para redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e uso de agrotóxicos.

MAP Insustentável – Sistema convencional de cultivo de arroz irrigado				
	Receita	Custo insumos	Custos fatores	Lucro
Preços privados	912,85	605,08	178,18	130,65
Preços sociais	1.088,78	473,04	119,41	496,33
Divergência	-175,93	128,22	58,77	-361,85
1. MAP Sustentável – Redução de dosagem de inseticida no tratamento de sementes				
Preços privados	912,85	597,93	178,90	136,00
Preços sociais	1.088,78	470,44	119,41	498,93
Divergência	-175,93	127,50	59,49	-362,92
2. MAP Sustentável – Suspensão do tratamento de semente e uso de residual no solo				
Preços privados	912,85	593,00	179,43	139,82
Preços sociais	1.088,78	466,54	118,79	503,45
Divergência	-175,93	127,50	60,64	-363,64
3. MAP Sustentável – Proibição de inseticida para uso na cultura do arroz				
Preços privados	912,85	595,76	167,51	104,06
Preços sociais	1.088,78	471,08	118,79	424,82
Divergência	-175,93	127,57	48,00	-322,93
4. MAP Sustentável – Redução de fungicida por aplicação em estágio correto (R2)				
Preços privados	912,85	598,93	189,19	137,98
Preços sociais	1.088,78	468,35	119,10	501,33
Divergência	-175,93	127,33	60,09	-363,35
5. MAP Sustentável – Uso de cultivares resistentes aos insetos e doenças				
Preços privados	912,85	587,60	180,10	145,15

Continua...

Continuação Tabela 2.

MAP Insustentável – Sistema convencional de cultivo de arroz irrigado				
	Receita	Custo insumos	Custos fatores	Lucro
Preços sociais	1.088,78	460,97	117,85	509,96
Divergência	-175,93	126,63	62,25	-364,80
6. MAP Sustentável – Redução de emissões GEE por manejo da adubação nitrogenada				
Preços privados	912,85	598,70	173,36	120,51
Preços sociais	1.088,78	471,35	119,10	465,73
Divergência	-175,93	127,35	54,26	-345,22
7. MAP Sustentável – Redução de emissões GEE por manejo da água de irrigação				
Preços privados	912,85	600,76	168,20	98,37
Preços sociais	1.088,78	472,21	120,97	419,51
Divergência	-175,93	126,55	47,23	-321,14
8. MAP Sustentável – Redução de emissões GEE por preparo do solo no verão				
Preços privados	912,85	612,65	176,96	123,24
Preços sociais	1.088,78	480,52	121,28	486,97
Divergência	-175,93	132,13	55,68	-363,73
9. MAP Sustentável – Redução de emissões GEE por manejo do sistema de produção				
Preços privados	912,85	585,56	465,09	-83,29*
Preços sociais	1.088,78	457,35	70,56	634,97
Divergência	-175,93	128,22	385,54	-718,26

*Esse sistema de produção não apresentou rentabilidade positiva.

A Tabela 3 contém a síntese dos resultados das planilhas calculadas e expressam o custo de cumprimento de cada norma ambiental estudada.

Tabela 3. Custos do cumprimento da norma ecossistêmica de Boa Prática Agrícola (BPA), expressos em reais por tonelada (R\$/t), para obtenção das valorações monetárias pela MAP Ambiental pelo manejo sustentável da lavoura de arroz irrigado.

	MAP insustentável (A)	MAP sustentável (B)	Custo para o cumprimento da BPA (A-B)
1. MAP Ambiental para redução da dosagem de inseticida no tratamento de sementes			
Lucro privado	130,65	136,00	-6,65
Lucro social	496,33	498,93	-2,60
2. MAP Ambiental para suspensão do uso de inseticida no tratamento de sementes			
Lucro privado	130,65	139,82	-9,17
Lucro social	496,33	503,45	-7,12
3. MAP Ambiental para proibição do uso de Inseticida no tratamento de sementes			
Lucro privado	130,65	104,06	26,59
Lucro social	496,33	424,82	71,51
4. MAP Ambiental para redução do uso de fungicida por aplicação correta			
Lucro privado	130,65	137,98	-7,33
Lucro social	496,33	501,33	-5,00
5. MAP Ambiental para uso de cultivares resistentes a insetos e doenças			
Lucro privado	130,65	145,15	-14,50
Lucro social	496,33	509,96	-13,63
6. MAP Ambiental para redução de GEE por manejo da adubação nitrogenada			
Lucro privado	130,65	120,51	10,14
Lucro social	496,33	465,73	30,60
7. MAP Ambiental para redução de GEE por manejo da água de irrigação			
Lucro privado	130,65	98,37	33,28
Lucro social	496,33	419,51	76,82
8. MAP Ambiental para redução de GEE por preparo do solo no verão			
Lucro privado	130,65	123,24	7,41
Lucro social	496,33	486,97	9,36
9. MAP Ambiental para redução de GEE por manejo do sistema de produção			
Lucro privado	130,65	-83,29	213,94*
Lucro Social	496,33	634,97	-139,64*

* Esse sistema de produção não apresentou rentabilidade positiva.

Como destacam Pearson et al. (2003), o custo para cumprir com a norma agrônômica e ambiental se refere aos custos privados e sociais necessários para se eliminar a externalidade negativa e aumentar a sustentabilidade do sistema produtivo. Esse custo foi calculado ao se comparar as rentabilidades pelo método da MAP Ambiental do sistema insustentável com as despesas efetivas da MAP Ambiental sustentável. O resultado, portanto, representa a redução na rentabilidade para o produtor e para a sociedade em geral, ou seja, consiste no valor que deixam de receber os orizicultores por adotar as novas práticas agrônômicas. Cabe destacar que o custo social deve ser entendido como a receita nacional que se deixa de gerar, dada a incorporação da medida redutora das emissões de GEE ou de racionalização do uso de produtos fitossanitários.

Os resultados da Tabela 3 mostram que reduções de uso do inseticida fipronil no tratamento de semente de arroz, seja pela diminuição de dosagem ou suspensão temporária de uso, além de evitar consequências ambientais negativas, também elevaram a rentabilidade privada e social. No entanto, a proibição de uso desse produto fitossanitário, se atendidas as alegações referentes aos severos danos aos animais não visados, presentes nos estuários após as lavouras de arroz, apresentou redução de renda para os orizicultores de R\$ 26,59 por tonelada de arroz descascado e embalado Tipo 1, enquanto o impacto na renda nacional foi mais que o dobro, ou seja, ocorreria a diminuição de R\$ 71,51/t quanto ao impacto global da orizicultura.

A redução do uso de fungicida por aplicação correta no estágio R2 (“emborrachamento”) e uso de cultivares resistentes ao inseto da bicheira-da-raiz e da doença brusone, além de evitar potenciais danos no agroecossistema, pelo efeito em organismos não visados ou efeitos colaterais, aumentaram a renda dos produtores, e a nacional também. Ou seja, existe simultaneamente um benefício ambiental e outro econômico ao se adotar essas práticas econômicas.

O preparo do solo no verão, com o respectivo processo de picar a palha do arroz com equipamento especialmente desenvolvido, e o manejo da adubação nitrogenada pelo uso de fonte de nitrogênio de liberação lenta para a absorção da planta, sem perdas para o ambiente da lavoura e entorno, geraram benefícios ambientais e econômicos ao mesmo tempo. Portanto,

são técnicas agronômicas amplamente recomendáveis para serem adotadas pelos orizicultores.

O novo manejo da água de irrigação, com diminuição da lâmina de água pela metade, associada ao uso de entradas intermitentes, também geraram resultados positivos, pois aumentaram a lucratividade privada em mais R\$ 33,2/t, enquanto a renda nacional se elevou em R\$ 76,82/t. O manejo do sistema de produção, com substituição da irrigação de inundação por irrigação via aspersão no Rio Grande do Sul, além do emprego da rotação de cultura com soja-arroz-soja ou milho, necessita de mais estudos e avaliações, visto que não demonstrou ser viável para o sistema estudado.

Na Tabela 4 constam as alterações nos indicadores de lucratividade, proteção ou subsídio na cadeia produtiva de arroz, pela adoção de práticas sustentáveis de produção, para valoração monetária pela MAP Ambiental, os quais confirmam a eficiência produtiva das novas práticas agronômicas sustentáveis consideradas neste estudo, além de ratificar e quantificar os impactos nos indicadores de rentabilidade, proteção/subsídio aos produtores e impactos dos sistemas para o bem-estar da sociedade em geral.

Tabela 4. Alterações nos indicadores de lucratividade, proteção ou subsídio na cadeia produtiva de arroz pela adoção de práticas sustentáveis de produção, para valoração monetária pela MAP Ambiental, expressos em reais por tonelada (R\$/t).

Indicador / Fórmula	Sistema insustentável	Redução inseticida	Suspensão inseticida	Proibição inseticida	Redução funcional	Uso cultivar resistente	Redução GEE e manejo adubação	Redução GEE e manejo água	Redução GEE e manejo solo	Redução GEE e manejo sistema produção
Lucros privados [D =A-B-C]	130,65	136,01	139,82	104,06	137,98	145,15	120,51	93,37	123,24	-83,29
Razão do custo privado [C / (A-B)]	0,59	0,57	0,56	0,62	0,57	0,57	0,64	0,63	0,59	1,22
Lucros sociais [H =E-F-G]	486,97	498,93	503,45	427,42	501,33	509,96	465,73	419,51	486,97	634,97
Custo dos recursos domésticos [CRD=G/(E-F)]	0,20	0,19	0,19	0,22	0,19	0,20	0,20	0,22	0,20	0 10
Transferência líquida das políticas [L=I-J-K]	-363,73	-362,92	-363,64	-323,36	-363,35	-236,70	-236,14	-321,14	-363,73	-718,26
Coefficiente de prote- ção nominal [A/E]	0,84	0,84	0,84	0,85	0,84	0,84	0,84	0,85	0,84	0,82
Coefficiente de prote- ção efetiva [(A-B)/(E-F)]	0,49	0,51	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50	0,49	0,49	0,53
Coefficiente de lucratividade [D/H]	0,25	0,27	0,28	0,24	0,27	0,27	0,26	0,23	0,25	-0,13

Continua...

Continuação Tabela 4.

Indicador / Fórmula	Sistema insustentável	Redução inseticida	Suspensão inseticida	Proibição inseticida	Redução funcicida	Uso cultivar resistente	Redução GEE e manejo adubação	Redução GEE e manejo água	Redução GEE e manejo solo	Redução GEE e manejo sistema produção
Subsídios aos produtores [L/E]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,32	-0,33	-0,33	-0,31	-0,32	-0,33	0,62
Razão líquida de transferência [K/(I-J)]	-0,18	-0,20	-0,20	-0,18	-0,20	-0,20	-	-0,17	-0,18	-1,16
Razão de lucrativi- dade social [H/G]	4,02	4,18	4,24	3,60	4,12	4,12	-	3,47	4,02	9,00

Conclusões

Esses resultados possuem representatividade da situação real das lavouras, pois provêm de dados primários coletados diretamente com agentes da cadeia produtiva, considerando-se despesas e receitas efetivamente realizadas, além de metodologia robusta e reconhecida na literatura mundial e nas instituições multilaterais, como FAO e OMC. Logo, indicam a possibilidade de uso da MAP Ambiental para sistemas de reconhecimento dos agentes que geram serviços ecossistêmicos, além de permitirem a adoção para medidas monetárias de punição, para o caso daqueles casos comprovados de geradores de externalidades ambientais negativas.

Os resultados foram obtidos para a cadeia produtiva e para o setor agrícola, expressos pelo custo para o cumprimento da medida ambiental, e representam os valores monetários para a preservação dos serviços ecossistêmicos, resultantes das divergências entre os preços privados e sociais do sistema convencional com os preços privados e sociais do sistema sustentável. Para o conjunto de elos da cadeia orizícola, existem os seguintes impactos na rentabilidade da cadeia produtiva (ou por tonelada de arroz polido Tipo I), cujos valores negativos significam que, além do benefício ecossistêmico, existe retorno financeiro adicional ao orizicultor: uso de cultivares resistentes aos insetos e doenças: -R\$ 14,50 /t de arroz; redução do uso de fungicida por aplicação correta: -R\$ 7,33/t; simulação da eventual proibição do uso de inseticida no tratamento de sementes: R\$ 26,59/t; suspensão do uso de inseticida no tratamento de sementes: -R\$ 9,17/t; redução dosagem de inseticida no tratamento de semente: -R\$ 6,65/t.

Especificamente, no setor agrícola, ou “dentro da porteira”, os principais efeitos nos serviços ecossistêmicos da lavoura de arroz, dentre os acima citados, constituem-se na lucratividade reduzida, pela eventual proibição de uso do inseticida fipronil, de R\$ 1.681,79/ha para R\$ 1.067,38/ha, ou o decréscimo médio de US\$ 160,47/tonelada de arroz em casca, devido à diminuição no rendimento, estimada pelos danos potenciais do inseto-praga. Além disso, destaca-se que a adoção de cultivares resistentes aos insetos pragas e doenças praticamente não altera a lucratividade dos produtores, mesmo eliminando-se os custos de uso do produto e da aplicação do inseticida.

Esses resultados, se extrapolados para as áreas totais (cultivo de 1 milhão de ha de arroz irrigado), onde se utilizariam tais práticas, podem contribuir para uma política pública de premiação/punição dos agentes envolvidos ou interessados (*stakeholders*) na orizicultura do RS. Além disso, ressalta-se que esses dados isolados de cada técnica mitigadora podem ser combinados entre si e/ou, até mesmo, com outras medidas ainda não valoradas em conjunto ou como resultado da consolidação dos resultados agrônômicos. Por fim, conclui-se que o custo para cumprir com a norma agrônômica/ambiental sustentável se refere aos custos privados (para o produtor) e sociais (para a sociedade em geral) necessários para se eliminar a externalidade negativa e aumentar a eficiência alocativa de recursos produtivos (terra, capital, insumos intermediários e trabalho). Esses resultados também expressam o preço de se praticar a sustentabilidade no sistema produtivo de arroz irrigado. Desse modo, na ótica de eventual adoção de medidas governamentais, também representam a renúncia ou compensação monetária do orizicultor para preservar serviços ecossistêmicos, devido à incorporação das medidas de racionalização do uso de produtos fitossanitários.

Referências

- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Campinas: Instituto de Economia: UNICAMP, 2009. (Texto para Discussão, n. 155).
- AM. **Avaliação Ecossistêmica do Milênio. Ecossistemas e Bem-Estar Humano**. Estrutura para uma avaliação. Tradução: Renata Lúcia Bottini. São Paulo: Editora SENAC, 2005.
- AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JR, F. de J.; MAGALHÃES JR, A. M. de. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Ed. Téc.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- BARBIERI, P.; SAINZ ROZAS, H.; ECHEVERRÍA, H. Nitrogen Recovery Efficiency from Urea Treated with NSN Co-Polymer Applied to No-Till Corn. **Agronomy**, v. 8, n. 8, p. 154, 2018.
- BAYER, C.; SCIVITTARO, W. B.; DE SOUSA, R. O. Mudanças climáticas e os impactos da lavoura arrozeira. In: Embrapa Clima Temperado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 10. 2017, Gramado. **Intensificação sustentável**: anais. Gramado: Sosbai, 2017.
- BICHON, E.; RICHARD, C. A.; BIZEC, B. L. Development and validation of a method for fipronil residue determination in ovine plasma using 96-well plate solid-phase extraction and gas chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, 1201, p. 91-99, Aug. 2008.

BORTOLI, M.; KUNZ, A.; SOARES, H. M.; BELLI FILHO, P.; COSTA, R. H. R. da. Emissão de óxido nítrico nos processos de remoção biológica de nitrogênio de efluentes. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 1-6, 2012.

BOUMAS, R.; COSTANZA, R. The multiscale integrated Earth Systems model (MIMES): the dynamics, modeling and valuation of ecosystem services. In: VAN BEN, C.; PETRY, D.; PAHL-WOSTL, C. (Ed.). **Global Assessments: Bridging Scales and Linking to Policy**. Adelphi-USA, Report on the joint TIAS- GWSP Workshop, University of Maryland-University College, 10-11 May 2007.

CHAGURI, J. L. **Efeitos da exposição ao pesticida fipronil nas alterações pressóricas em ratos acordados**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP. 49 p.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, v. 4 - Safra 2016/17, n. 10 - Décimo levantamento, Brasília, DF, 2017. 171 p. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 31 jul. 2017.

CONAB. **Arroz**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/arroz/mercado-de-arroz-conab.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2017.

COSTANZA, R.; KUBISZEWSKI, I.; ERVIN, D. E.; BLUFFSTONE, R.; BOYD, J.; BROWN, D.; CHANG, H.; DUJON, G. V.; POLASKY, S.; SHANDAS, V.; YEAKLEY, A. Valuing ecological systems and services. **F1000 Biology Reports**, v. 3, p. 14, 2011.

EBERHARDT, D. S.; SCHIOCCHE, M. A. (Org.). **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado)**. Florianópolis: Epagri, 2015. 92 p.

EEA (European Environmental Agency). **Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2009 and inventory report 2011**. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2011/annex-1.8-crf-tables-agriculture.zip>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 214 p.

EPA (Environmental Protection Authority). **Annual Report 2010-2011**. Perth: EPA-OEPA, 2011. 79 p. Disponível em: <http://www.epa.wa.gov.au/EPADocLib/EPA-OEPA2011_final-web.pdf>. Acesso em: 31 out. 2011.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.1029- 1034, jul. 2007.

FAO. **Competitividad de la agricultura en América Latina y Caribe. Matriz de Análisis de Política**: Ejercicios de Cómputo. Santiago de Chile: FAO-RLC, 2007. 112 p. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/uploads/media/map.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2009.

FARBER, S.; COSTANZA, R.; WILSON, M. Economic and Ecological Concepts for Valuing Ecosystem Services. **Ecological Economics**, v. 41, p. 375-392, 2002.

GIBBONS, D.; MORRISSEY, C.; MINEAU, P. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 103-118, 2015.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; PICAZO-TADEO, A. J.; REIG-MARTÍNEZ, E. Eco-efficiency Assessment of Olive Farms in Andalusia. **Land Use Policy**, v. 29, n. 2, p. 395-406, Apr. 2012.

GRÜTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. da S.; CUNHA, U. S. da; GIOLO, F. P.; NEVES, M. B. das; HÄRTER, W. da R.; FRNACO, D. F.; MATTOS, M. L. T. Viabilidade da antecipação do tratamento de sementes de arroz com inseticidas em relação à data de semeadura no controle de *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, 2008.

HIRZEL, J.; RODRÍGUEZ, F. Increasing nitrogen rates in rice and its effect on plant nutrient composition and nitrogen apparent recovery. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 73, n.4, p. 385-390, 2013.

LI, P.; AKK, G. The insecticide fipronil and its metabolite fipronil sulphone inhibit the rat $\alpha 1\beta 2\gamma 2L$ GABAA receptor. **British Journal of Pharmacology**, v. 155, p. 783- 794, 2008.

LIU, S.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; TROY, A. Valuing ecosystem services: Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. **Annals of the New York Academy of Sciences**, n. 1185, p. 54-78, Jan. 2010.

LOPES, M. de R.; BELARMINO, L. C.; OLIVEIRA, A. J.; LIMA FILHO, J. R.; TORRES, D. R. P.; TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M. **Matriz de Análise de Política**: metodologia e análise. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 227 p.

MARTÍNEZ DE ANGUITA, P.; BENITEZ, J. Pagos por servicios ambientales en América Latina: aspectos pendientes de investigación. In: SIMPÓSIO ÍBEROAMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA FORESTAL, 2., 2006, Barcelona.

MARTINS, J. F. da S.; ANDRES, A.; ROSA, A. P. S. A. da; GRÜTZMACHER, A. D.; NUNES, C. D. M.; PAZINI, J. de B.; VISOLI, M. C.; MATTOS, M. L. T. **Adequação agronômica, toxicológica e ambiental de agrotóxicos utilizados no controle de pragas do arroz, milho e soja em terras baixas no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 26 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 176.)

MARTINS, J. F. da S.; MATTOS, M. L. T.; SILVA, F. F. da; BÜTTOW, G. T.; AZAMBUJA, I. H. V.; PAZINNI, J. de B. **Viabilidade agronômica, ambiental e econômica do aproveitamento de resíduos de Fipronil em solos orizícolas para controle da bicheira-da-raiz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 10 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 187).

MARTINS, J. F. S.; CUNHA, U. S. Gorgulho-aquático-do-arroz, *Oryzophagus oryzae* (Lima). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil**: insetos e ácaros. Piracicaba: FEALQ, 2015. 908 p.

MONKE, E.; PEARSON, S. R. **The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development**. Ithaca: Cornell University Press, 1989. 279 p.

MOTTA, R. S. da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998. 459 p.

MOTTA, R. S. da. **Economia Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

NOGUEIRA, J. M.; SANTANA, A. C. Valoração Econômica dos Serviços Ambientais de Florestas Nacionais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL. 47., 2009, Porto Alegre. **Anais do Encontro da SOBER**, 2009.

ODUM, H. T. **Environmental Accounting. Emery and Environmental Decision Making**. New York: J. Wiley & Sons, 1996.

ONU. **Integrated Environmental and Economic Accounting 2003**. UN-European Commission-International Monetary Fund-OECD-World Bank. New York, 2003. Disponível em: <<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea2003.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

PAGIOLA, S.; AGOSTINI, P.; GOBBI, H.; DE HAAN, C.; IBRAHIM, M.; MURGUEITO, E.; ROSALES, M.; RUIZ, J. **Paying for Biodiversity Conservation in Agricultural Landscape**. The World Bank-Environment Department, 2004. 48 p.

PEARSON, S.; GOTSCH, C. H.; BAHRI, S. **Application of the Policy Analysis Matrix in Indonesian Agriculture**. Indonesian Food Program. Disponível em: <<http://www.stanford.edu/group/FRI/Indonesia/newbook.htm>>. Acesso em: 19 set. 2009.

PICAZO-TADEO, A. J.; BELTRÁN-ESTEVE, M.; GÓMEZ-LIMÓN, J. A. **Assessing eco-efficiency with directional distance functions**. Valencia: Department of Applied Economics II, Universidad de Valencia. 2011. (Working Papers, 1110).

PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). **Green Economy. Synthesis**. Mar. 2014. Disponível em: <http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/1101-GREENECONOMY-synthesis_PT_online.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2014.

PORRAS, I. Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas. Consideraciones metodológicas. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PROTECCIÓN DE CUENCAS, 3., 2003, Arequipa, Chile. 15 p.

RAFIQUE, R.; HENNESSY, D.; KIELY, G. Nitrous oxide emission from grazed grassland under different management systems. **Ecosystems**, New York, v. 14, p. 563-582, 2011.

ROSAS, H.; HERRADOR, D.; GONZÁLEZ, M. **Valoración y pago por servicios ambientales**. Las experiencias de Costa Rica y El Salvador. Prisma 35. 20 p.

SARMIENTO, M. **Desarrollo de un nuevo método de valoración medioambiental**. 2006. 199 f. Tesis doctoral. Escuela Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

SCARCELLI, R. O. C.; OLIVEIRA FILHO, D.; RIBEIRO, M. C.; LOPES, D. C. Economia de energia com uso de inversor de frequência em sistemas de bombeamento de água para perímetro irrigado. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 6, p. 462-472, 2009.

SCIVITTARO, W. B.; JARDIM, T. M.; GUEVARA, M. D. F.; MARTINAZZO, R.; KUNDE, R. J.; BARROS, L. M.; RODRIGUES, R. A.; SOUSA, R. O.; MONTEIRO, A. B.; STÖCKER, C. M. **Dinâmica de carbono e fluxos de gases de efeito estufa em sistemas de produção em terras baixas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 19 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 184).

SCIVITTARO, W. B.; CORRÊA, G. da S.; SILVEIRA, A. D.; FARIAS, M. de O.; LACERDA, C. L.; MACIEJEWSKI, P.; BÜSS, G. L.; SOUSA, R. O. de; SILVA, J. J. C. da. Emissões anuais de óxido nitroso em planossolo sob influência do manejo do solo e do cultivo de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas. **Ciência e tecnologia para otimização da orizicultura**: anais. Brasília, DF: Embrapa; Pelotas: Sosbai, 2015.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n. 1, p. 131-143, 2007.

SWITZER, D.; VEDLITZ, A. Investigating the determinants and effects of local drought awareness. **Weather, Climate, and Society**, v. 9, n. 4, p. 641-657, 2017.

TERÇARIOL, P. R. G.; GODINHO, A. F.. Behavioral effects of acute exposure to the insecticide fipronil. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 99, n. 3, p. 221-225, 2011.

TINGLE, C. D.; ROTHER, J. A.; DEWHURST, C. F.; LAUER, S.; KING, W. J. Fipronil: environmental fate, ecotoxicology, and human health concerns. In: **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 176, p. 1-66, 2003.

VEÇOZZI, T. A.; SCIVITTARO, W. B.; SOUSA, R. O. de; SILVEIRA, A. D.; JARDIM, T. M. **Emissões de gases de efeito estufa em cultivo de arroz irrigado: efeito do manejo da adubação nitrogenada**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 39 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 259).

YAO, Z.; ZHOU, Z.; ZHENG, X.; XIE, B.; MEI, B.; WANG, R.; BUTTERBACHBAHL, K.; ZHU, J. Effects of organic matter incorporation on nitrous oxide emissions from rice-wheat rotation ecosystems in China. **Plant and Soil**, Tóquio, v. 327, p. 315-330, 2010.

Literatura recomendada

ANDERSEN, L. E. **Cost-Benefit analysis of deforestation in the Brazilian Amazon**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1997. (IPEA. Texto para Discussão, 455).

BENITEZ, R. M. **Impactos das preferências ambientais sobre os resultados dos métodos de análise conjunta de valoração ambiental - Rating e Ranking Contingent**. 2005. Tese (Doutorado em Economia) - Faculdade de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COSTANZA, R. D. 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.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260. 1997.

OIT (Organização Internacional do Trabalho). **Working towards sustainable development: opportunities for decent work and social inclusion in a green economy**. Mar. 2012. Disponível em: <http://www.oit.org.br/sites/default/files/topic/gender/doc/empregosverdes2012_844.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2014.

SILVA, J. T. da; SOUSA, R. O. de; SCIVITTARO, W. B.; PARFITT, J. M. B.; VEÇOZZI, T. A.; GOMES, J. Caracterização química da solução de um solo alagado cultivado com arroz, submetido a diferentes tensões de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **O solo e suas múltiplas funções**: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: SOSBAI, 2016. 200 p.

TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D'ANTONIO, C.; DOBSON, A.; HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W. H.; SIMBERLOFF, D.; SWACKHAMER, D. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, n. 5515, p. 281-284, 2001.

VIEIRA, R. C.; TEIXEIRA FILHO, A. R.; OLIVEIRA, A. J.; LOPES, M. R. (Ed.). Cadeias produtivas no Brasil. Análise da competitividade. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 10, n. 4, 2001.

ZHANG, W.; QI, Y.; ZHANG, Z. A long-term forecast analysis on worldwide land uses. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 119, n. 1-3, p. 609, 2006.

