



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Pesquisas em serviços ecossistêmicos e ambientais na paisagem rural do Brasil\*

Rachel Bardy Prado<sup>1</sup>, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo<sup>1</sup>, Joice Nunes Ferreira<sup>2</sup>, Mônica Matoso Campanha<sup>3</sup>, Lucília Maria Parron Vargas<sup>4</sup>, Luciano Mansor de Mattos<sup>5</sup>, Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira<sup>1</sup>, Joyce Maria Guimarães Monteiro<sup>1</sup>, Ana Paula Dias Tureta<sup>1</sup>, Alba Leonor da Silva Martins<sup>1</sup>, Guilherme Kangussu Donagemma<sup>1</sup>, Heitor Luiz da Costa Coutinho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisadores da Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ. <sup>2</sup>Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental-PA. <sup>3</sup>Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo-MG. <sup>4</sup>Pesquisadora da Embrapa Florestas-PR. <sup>5</sup>Pesquisador da Embrapa Cerrados-DF

\* Arranjo de Projetos da Embrapa "Serviços Ambientais na Paisagem Rural".

Artigo recebido em 09/10/2015 e aceito em 10/12/2015.

### RESUMO

Pressões antrópicas sobre os ecossistemas causam degradação dos recursos naturais e redução da biodiversidade, com reflexos ao bem estar humano, demandando de forma crescente água, ar, fibras, alimentos, energia e matéria-prima. Em um cenário de alterações climáticas, portanto, a preocupação com este tema aponta para a compatibilização dos componentes econômicos, sociais e ambientais. Muitos foram os dados obtidos por instituições de pesquisa, ensino, governamentais e não governamentais acerca dos recursos naturais nas últimas décadas nos biomas brasileiros, mas sem um foco conceitual e metodológico voltado aos serviços ecossistêmicos. A partir da Avaliação Ecossistêmica do Milênio estão em ascensão pesquisas voltadas ao entendimento dos serviços ecossistêmicos e ambientais mundialmente, assim como no Brasil. A Embrapa também tem acompanhado esta tendência e desde 2014 conta com uma rede de pesquisa intitulada Arranjo em Serviços Ambientais na Paisagem Rural, com mais de 60 projetos vinculados. O propósito do presente artigo é apresentar o estado da arte da pesquisa sobre serviços ecossistêmicos e ambientais relacionados à agropecuária no Brasil, com destaque para o trabalho dessa rede; identificar as suas principais oportunidades e desafios e os resultados potenciais a serem obtidos para a ampliação dos serviços ambientais no meio rural.

Palavras-chave: estudos ecossistêmicos, instrumentos de apoio à decisão, rede de pesquisa, arranjo de projetos SA.

## Ecosystem and environmental services researches in rural landscape in Brazil

### ABSTRACT

Human pressures have caused degradation of natural resources and reduction of biodiversity on the planet, with serious consequences to humanity, which demands so increasing water, air, fibers, food, energy and raw material. It is needed to reconcile economic, social and environmental components in a scenario of climate change. Therefore, concern about this issue increases in all sectors of society. Many data were obtained about natural resources in recent decades in the Brazilian biomes, by research institutions, education, government and non-government, but without a conceptual and methodological focus turned to ecosystem services. From the Millennium Ecosystem Assessment researches aiming at understanding ecosystem and environmental services have been increased worldwide, as well as in Brazil. Embrapa has also followed this trend and in 2014 approved a Projects Arrangement entitled Environmental Services in Rural landscape with over 60 related projects. The purpose of this article is to present the state of the art of researches on ecosystem and environmental services related to agriculture in Brazil, especially at Embrapa SE network; to identify key opportunities and challenges of a research network on this subject and the potential results to be obtained for the expansion of environmental services in rural areas.

Keywords: ecosystem studies, decision support tools, research network, ES projects arrangement.

\*E-mail para correspondência:

[rachel.prado@embrapa.br](mailto:rachel.prado@embrapa.br)

### Introdução

Entende-se por serviços ecossistêmicos,

*Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M.; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Tureta, A.P.D.; Martins, A.L.S.; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.*

“os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas” (MEA, 2003). A excessiva exploração dos recursos naturais nos processos de desenvolvimento econômico tem levado, em diversas regiões do mundo, à desestabilização dos ecossistemas e redução dos serviços ecossistêmicos.

As pressões antrópicas sobre os serviços ecossistêmicos estão relacionadas, à dinâmica de uso e cobertura da terra, às alterações nos ciclos biogeoquímicos, à destruição e fragmentação dos ambientes, à introdução de novas espécies e às interferências das atividades humanas no clima (Sala et al., 2000). Segundo estudo realizado por McNeill e McNeill (2003), em 2002, a perda da biodiversidade original do planeta estava em torno de 73%. Estima-se uma perda ainda maior de 84% até 2050.

No que tange ao meio rural no Brasil, o descumprimento do Código Florestal ao longo das últimas décadas pela sociedade, levou ao desmatamento de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e à expansão da fronteira agrícola para áreas florestadas (Ferreira et al., 2012; Soares-Filho et al., 2014); à degradação das terras e elevada taxa de perda de solos bem como à poluição difusa dos corpos hídricos, pela utilização excessiva de insumos agropecuários (Ferreira et al., 2012). No Brasil foram estimadas perdas anuais de 500 milhões de toneladas de solo pela erosão (Bertoni e Lombardi Neto, 1999), com perda média anual da capacidade de armazenamento de água dos reservatórios do país de 0,5% (Lima e Lopes, 2011), devido ao processo de sedimentação.

Somando-se a isso, o Brasil é o maior consumidor de pesticidas do mundo, utilizando 19% da produção mundial (ANVISA, 2013). Também é um dos maiores consumidores de fertilizantes minerais do mundo: 4,1% de nitrogênio, 10,1% de fósforo e 11,7% de potássio (FAO, 2014).

Portanto, as atividades antrópicas, sem foco conservacionista podem resultar em externalidades negativas na provisão dos serviços ecossistêmicos, tais como a redução do provimento de água, da biodiversidade aquática pela poluição hídrica, dos polinizadores e do estoque de carbono nos solos pelos processos erosivos; comprometendo ainda a produção de alimentos, fibras e energia.

Os impactos socioculturais e ambientais, que não se dissociam, são fenômenos consequentes dos processos de desenvolvimento (Mattos e Hercowitz, 2011), processos estes os

quais resultam em paisagem rural degradada e escassa em recursos naturais (Rodrigues et al., 2009).

Há um consenso crescente de que o caminho da sustentabilidade econômica, ambiental e social seja da conciliação entre demandas humanas atuais e futuras e a conservação dos ecossistemas em um cenário influenciado pelas alterações climáticas. Para tanto é necessário realizar estudos que permitam fazer projeções com maior precisão.

Desta forma, é preciso compreender como, onde e em que escala a degradação ambiental ocorreu, para fazer projeções futuras, visando apoiar ações conservacionistas e decisões políticas para mitigar os impactos e evitar danos maiores aos ecossistemas e a sua biota associada.

Os serviços ambientais podem ser entendidos como “os benefícios ambientais resultantes de intervenções intencionais da sociedade na dinâmica dos ecossistemas” (Muradian et al., 2010). Portanto, são aqueles serviços advindos de ações conservacionistas por parte da sociedade, sendo que no meio rural há muitas oportunidades e formas de realizá-las (Prado et al., 2010).

A Avaliação Ecológica do Milênio (MEA, 2003, 2005) foi um marco referencial para estudos dos ecossistemas com foco em suas funções e serviços prestados ao bem-estar humano. Desde então, vários estudos têm sido realizado visando a classificação, avaliação, quantificação, mapeamento, modelagem e valoração dos serviços dos ecossistemas, com o propósito de subsidiar a tomada de decisão (Wilson e Carpenter, 1999; Heal, 2000; De Groot et al., 2002; MEA, 2003; Turner et al., 2003; MEA, 2005; De Groot, 2006; Fisher et al., 2009; De Groot et al., 2010; Rounsevell et al., 2010; Burkhard et al., 2012, dentre outros).

Em 2012, uma nova plataforma internacional foi criada, composta pelos países membros das Nações Unidas, para avaliar o estado da biodiversidade do planeta, seus ecossistemas e os serviços que estes fornecem para a sociedade. Este painel intergovernamental, com ampla participação do Brasil, é conhecido como IPBES - Plataforma Intergovernamental em Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos - e visa a sintetizar, revisar e avaliar criticamente informações relevantes sobre o tema, com funcionamento semelhante ao IPCC (<http://ipbes.net/about-ipbes.html>).

A Embrapa, reconhecida instituição de pesquisa agropecuária no Brasil, vem aumentando

sua atuação no tema e já possui diversos grupos de pesquisa focados nos serviços ecossistêmicos e ambientais em todos os biomas brasileiros. Para integração e troca de experiências entre estes grupos de pesquisa, parceiros externos e produtores rurais, foi criada uma rede de pesquisa intitulada Serviços Ambientais na Paisagem Rural. Esta Rede de Pesquisa é um dos mais de 50 “Arranjos de Projetos” da Embrapa. Os “Arranjos de Projetos” são como os guarda-chuvas de projetos na instituição dentro de uma mesma temática. Neste caso, dentro do tema dos Serviços Ambientais.

O propósito do presente artigo é apresentar o estado da arte da pesquisa sobre serviços ecossistêmicos e ambientais ligados à expansão agrícola no Brasil, com destaque aos grupos e linhas de pesquisa desenvolvidos na Embrapa, bem como identificar as principais oportunidades e desafios a serem enfrentados e como os resultados a serem obtidos poderão contribuir para a ampliação dos serviços ambientais no meio rural brasileiro.

### **Estado da arte das pesquisas em serviços ambientais no Brasil**

Balvanera et al. (2012) realizou um interessante levantamento sobre o estado da arte dos Serviços Ecossistêmicos na América Latina (AL), concluindo que alguns serviços se destacam principalmente os relacionados à água e carbono.

Estudos visando o entendimento dos ecossistemas e sua relação com as ações antrópicas no Brasil, vêm ocorrendo há muitos anos por diversas instituições governamentais e não-governamentais, mesmo não tendo uma abordagem de serviços ecossistêmicos e ambientais conforme apresentou MEA (2003, 2005). Um levantamento de diversas iniciativas e grupos de pesquisa no Brasil, bem como base de dados disponíveis relacionados aos estudos dos ecossistemas foi apresentado por Prado (2014).

Entre as redes de pesquisa (muitas vezes com aporte de recursos internacionais) pode-se mencionar: Programa Biota, Programa Nacional da Diversidade Biológica (PRONABIO), Programa de Cooperação Científica (LBA) - Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, Rede de genética geográfica e planejamento regional para conservação de recursos naturais no Cerrado (GENPAC). Quanto aos programas governamentais relacionados pode-se citar: Programa Produtor de Água (Agência

Nacional de Águas, ANA), Programa Agricultura de Baixo Carbono - ABC (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA) e Programa Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PNAPO (Secretaria Geral da Presidência da República – SGP e Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA), Projeto Nacional de Ações Integradas Público-Privadas para Biodiversidade (MMA) e Programa Áreas Protegidas da Amazônia do Ministério do Meio Ambiente (MMA), dentre outros (Prado, 2014). Diversas iniciativas de formação de redes da sociedade civil organizada em torno de diversos temas também cumprem relevante papel na potencialização de resultados de redes de pesquisa e de programas governamentais, como o caso do protagonismo da Articulação Nacional de Agroecologia (ANA) na execução do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), instrumento de operacionalização das diretrizes do PNAPO.

Há diversas bases de dados sobre os recursos naturais e ambiente no Brasil organizadas por diferentes instituições como, por exemplo: Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre outros (Prado, 2014).

Muitas informações sobre os recursos naturais, ambiente e temas correlatos dos diferentes biomas brasileiros encontram-se disponíveis nestas bases de dados. Porém, foram coletadas e analisadas aplicando-se metodologias e escalas espaciais e temporais diferentes, sendo armazenadas em instituições que não atuam em rede, dentre outras dificuldades na atualização e disponibilização destas bases. Portanto, há ainda no país uma atuação sincronizada, havendo a necessidade de formação de Redes de Pesquisa e Fóruns de discussão específicos no tema.

Como salientado na “Mensagem de Salzau” (Burkhard et al., 2012), a comunidade científica deve continuar a desenvolver melhores métodos para medir, monitorar, mapear, modelar e valorar os serviços ecossistêmicos em múltiplas escalas. Além disso, essa informação deve ser fornecida aos tomadores de decisão de forma apropriada e transparente, para que possam identificar claramente as diferenças de resultados dentre as escolhas.

A realização de pesquisas diretamente relacionadas aos serviços ecossistêmicos e ambientais tem aumentado no Brasil. Uma busca

na Base Scopus em 2014 permitiu verificar que sua produção científica no tema, de 2004 a 2014, está em 16<sup>a</sup> posição no *ranking* mundial.

Desde a criação da Embrapa, na década de 1970, as pesquisas sobre conservação dos recursos naturais vêm aumentando consistentemente. Mais recentemente, pesquisas focando particularmente serviços ecossistêmicos e ambientais têm ganhado espaço. O interesse e investimento da Embrapa sobre os serviços ambientais foram demonstrados na contratação de pesquisadores exclusivamente dedicados ao tema a partir de 2006. Os diferentes grupos de pesquisa, atuando nos biomas brasileiros, de norte a sul do país, começaram a interagir e trocar experiências, o que fomentou a idéia da criação de uma rede de projetos no tema. Atuando em todos os biomas e em diferentes escalas, a Embrapa, no âmbito de suas Unidades, tem gerado dados e conhecimento acerca do tema serviços ecossistêmicos e ambientais em todas as suas dimensões. São mais de 60 projetos, em andamento e planejados para atuação nos próximos 10 anos. Essa rede de pesquisa foi oficializada em 2014, na forma de um Arranjo de Projetos da Embrapa e parceiros sendo intitulado Serviços Ambientais na Paisagem Rural (Arranjo SA).

O objetivo da Rede é desenvolver conhecimento, tecnologias e ferramentas para subsidiar ações e políticas de restauração, manutenção e ampliação dos serviços ambientais e fortalecer sistemas de produção com base sustentável em paisagens rurais. Mais especificamente o Arranjo SA se propõe a:

- Consolidar um conjunto de indicadores ecológicos, socioeconômicos e agroambientais capazes de avaliar o estado dos serviços ecossistêmicos e ambientais e a sua resposta ao uso e cobertura da terra e manejo agropecuário e florestal.
- Desenvolver, padronizar e adaptar ferramentas e métodos (para avaliação, monitoramento, valoração e compensação, análise espacial, análise da dinâmica de uso da terra, sistemas de suporte à decisão no que tange aos serviços ambientais) para obter informações que permitam conduzir avaliações integradas com foco na conservação e na agricultura sustentável;
- Compreender a relação da agricultura com os fluxos ecossistêmicos e subsidiar políticas públicas e o planejamento agroambiental.
- Organizar e integrar em base de dados a informação sobre os serviços ecossistêmicos e ambientais obtidos pelos diferentes grupos de pesquisa e sistematizar métodos de obtenção e

análise de dados, permitindo a sua utilização pelos tomadores de decisão relacionados à produção agropecuária e florestal nacional (governo, produtores, consumidores, pesquisa, sociedade).

- Transferir e disseminar tecnologias e processos que potencializem a geração dos serviços ecossistêmicos e ambientais em paisagens rurais.
- Compreender a relação da agricultura com os fluxos ecossistêmicos e subsidiar políticas públicas e o planejamento agroambiental.
- Identificar e estimular o grau de percepção ambiental das diferentes comunidades envolvidas em relação aos serviços ecossistêmicos e ambientais na paisagem rural e sua relação com a produção agropecuária e florestal.

#### Grupos de pesquisa envolvidos

O Arranjo SA está atualmente constituído por 18 unidades da Embrapa e parceiros abrangendo todos os biomas brasileiros, em destaque na Figura 1, estando aberto para novas adesões via submissão de projetos.

A composição destes grupos é heterogênea, sendo a equipe de pesquisadores e analistas formada por agrônomos, biólogos, engenheiros florestais, ecólogos, meteorologistas, engenheiros da computação, geógrafos, economistas, advogados, dentre outros. Possuem especialização em áreas diversas relacionadas desde a produção agropecuária à ecologia e hidrologia ou direito ambiental.

Estes grupos de pesquisa tem interagido com outras redes de pesquisa da Embrapa que atuam em temas correlatos, bem como com diversas universidades e centros de pesquisas nacionais e internacionais. Estas constituem outras redes específicas de pesquisa por biomas ou temas, tais como: Rede Aquaripária (Zonas Ripárias), Rede Amazônia Sustentável (Serviços Ecossistêmicos), Rede Agrohidro (Recursos Hídricos), Rede Pecus (Gases de Efeito estufa – GEE), Rede de Manejo Florestal da Caatinga, Rede de Agroecologia e Rede Brasileira de Restauração. Entre as as redes internacionais com participação de pesquisadores da Embrapa podem ser citadas: *Ecosystem Service Partnership* (ESP), *Vulnerability Ecosystem Services and Rural Territorial Management in Latin America* (VESPLAN), Programa Iberoamericano de ciência e tecnologia para o desenvolvimento (CYTED), Fundos de Água para a América Latina, Rede Iberoamericana de PSA (REDIPASA) e *International Payments for Ecosystem Services* (IPES), iniciativa global de

Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.

pesquisa no tema promovida pela *United Nations Environment Programme* (UNEP), *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), em cooperação com *Secretariat of the Convention on Biological Diversity* (CBD).

É crescente o consenso de que o desenvolvimento científico em todos os níveis depende da formação de redes de pesquisa (Lahsen e Nobre, 2007; Barlow et al., 2010; Gardner et al., 2013). Dentre os desafios do sistema de Ciência e Tecnologia no Brasil, que podem ser enfrentados pela pesquisa em rede estão a qualidade e os impactos social, econômico e educacional dos estudos, o melhor uso da infraestrutura científico-acadêmica, a internacionalização da ciência brasileira e a inovação.

Um dos propósitos do Arranjo SA é fazer a conexão dos diferentes grupos de pesquisa no tema Serviços Ecológicos e Ambientais da Embrapa com outras redes, fomentando a troca de experiências, o estabelecimento de protocolos e metodologias comuns, buscando soluções conjuntas para a organização e disseminação dos dados e conhecimento gerado, bem como buscando oportunidades de capacitação e inserção nas discussões de políticas públicas relacionadas.

Ressalta-se a importância da utilização de ferramentas integradoras nos grupos de pesquisa, como por exemplo, os Sistemas de Informação Geográfica, uma vez que a abordagem é interdisciplinar e em múltiplas escalas.

#### Temas abordados e linhas de pesquisa

Existem lacunas relativas ao conhecimento dos serviços ecológicos e ambientais e sua relação com a produção agropecuária e florestal, que levam à incompreensão do papel dessas atividades na geração e manutenção dos serviços ambientais, quando praticadas de forma adequada.

Para que se possa avançar na busca de uma condição de sustentabilidade efetiva (socioeconômica e ambiental) assegurando lucratividade, mas também aumento do bem-estar da sociedade, o Arranjo SA contribuirá gerando subsídios à conservação, recuperação e valorização dos serviços ambientais em sistemas naturais e de produção agropecuária.

A redução e a degradação de serviços ecológicos no meio rural foram identificadas no Arranjo SA como o problema fundamental de pesquisa a ser abordado e para onde todas as perguntas de pesquisa convergem. Foram priorizados três grandes eixos de atuação da Rede: avaliação e análise integrada como suporte à decisão; desenvolvimento e adaptação de métodos e ferramentas; organização da informação e transferência/comunicação. Os mesmos foram desdobrados em linhas de ação apresentadas na Figura 2.

Dessa forma, espera-se promover de forma transversal ao Arranjo SA a construção participativa do conhecimento e internalização dos serviços ambientais. Procurou-se ainda fazer um alinhamento dos propósitos do Arranjo SA em termos de transferência de tecnologias com a agenda de atuação da Embrapa já prevista em relação às políticas públicas relacionadas.

A Avaliação Ecológica do Milênio classificou os serviços ambientais em quatro categorias fundamentais: provisão, regulação, cultural e de suporte (MEA, 2005). A Tabela 1 apresenta uma diversidade de exemplos de problemas da sociedade associados à perda ou degradação de serviços ecológicos, causas associadas a eles e os tipos de serviço que afetam. Muitos desses problemas são abordados nos projetos do Arranjo SA.

Diante do crescente desafio de se promover o desenvolvimento rural sustentável, cresce a importância da valorização e estudo também dos serviços ecológicos culturais. Estes são aqueles relacionados com a importância dos ecossistemas em oferecer benefícios recreacionais, educacionais, estéticos e espirituais (MEA, 2005; Guedes e Seehusen, 2012). O agroturismo, fortemente associado à agropecuária de cunho familiar, é um exemplo e tem por uma de suas premissas o aumento da produtividade sem sobreuso da terra, com potencial para fortalecer as atividades econômicas e melhorar a renda dos pequenos produtores rurais.

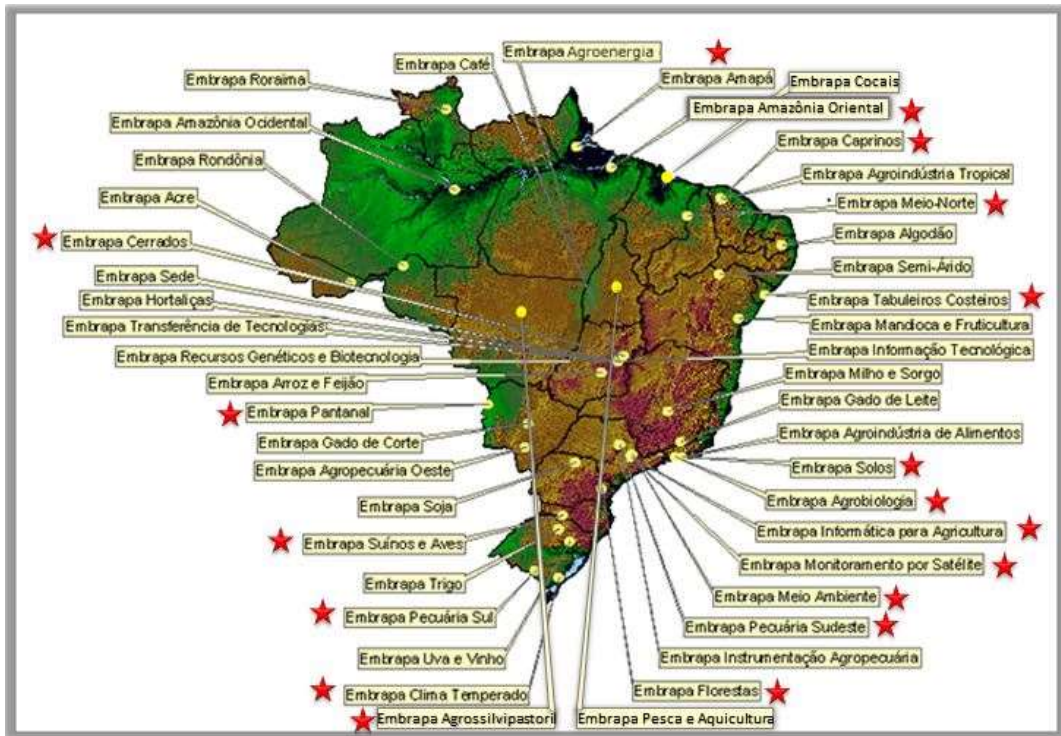


Figura 1. Mapa das unidades da Embrapa, destacando as relacionadas ao Arranjo Serviços Ambientais na Paisagem Rural, em destaque.

Tabela 1. Alguns problemas associados à perda ou degradação de serviços ecossistêmicos, suas causas e tipo de serviço ecossistêmico afetado a serem tratados no Arranjo Serviços Ambientais.

PROBLEMAS	POSSÍVEIS CAUSAS ASSOCIADAS	TIPO DE SERVIÇO ECOSISTÊMICO AFETADO
Declínio na população de polinizadores, com impactos na produção de alimentos como, por exemplo, no cultivo de maracujá.	Redução e degradação de ecossistemas, uso de pesticidas, aumento de pragas.	Provisão
Aumento na ocorrência de pragas nas culturas com impactos negativos nas safras, um exemplo bastante atual é da lagarta da espécie <i>Helicoverpa armigera</i> .	Redução na população de inimigos naturais em decorrência principalmente da redução de ecossistemas naturais.	Provisão Regulação
Redução na produção de chuvas com amplos impactos na produção agrícola, no abastecimento de água e de energia elétrica, entre outros.	Mudanças de uso da terra com substituição de áreas de floresta.	Provisão Regulação
Diminuição da qualidade e quantidade de água nas bacias hidrográficas, com impactos negativos sobre a produção agrícola, pecuária e florestal, os recursos pesqueiros e saúde humana.	Mudanças de uso da terra resultando em assoreamento dos cursos d'água, uso excessivo de fertilizantes ou agrotóxicos com consequente poluição das águas.	Provisão Regulação
Declínio ou extinção de espécies da fauna utilizadas como caça na alimentação de populações tradicionais.	Redução e degradação de ecossistemas naturais, caça excessiva.	Provisão Cultural
Mudanças do clima com aumento de temperatura, ocorrência de secas ou imprevisibilidade de chuvas, entre outros eventos.	Mudanças de uso da terra, produção pecuária e uso indiscriminado de fertilizantes resultando em emissões de gases	Regulação

Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.

	de efeito estufa.	
Declínio na produtividade agrícola resultante da diminuição da fertilidade dos solos.	Uso excessivo de agroquímicos em grandes propriedades rurais focadas em commodities agrícolas (soja, milho); uso excessivo do fogo no corte de cana-de-açúcar em usinas sucroalcooleiras e na reavaliação de pastagens em grandes propriedades rurais; uso excessivo do fogo na agricultura de corte e queima em estabelecimentos rurais da agricultura familiar com práticas mais primitivas de uso da terra e dos recursos naturais.	Provisão Suporte
Ocorrência de alagamentos com fortes impactos em comunidades rurais e urbanas.	Mudanças de uso da terra, especialmente desmatamentos de áreas de preservação permanentes.	Regulação
Insegurança alimentar e diminuição da soberania alimentar resultante da redução da agrobiodiversidade, dos produtos florestais não maderáveis (NTPFs) e do declínio da produtividade agrícola.	Mudanças de uso da terra, redução e degradação de ecossistemas naturais, uso indiscriminado do fogo e exploração indiscriminada de recursos madeireiros.	Provisão Cultural
Riscos a saúde humana em decorrência do uso excessivo de agroquímicos na produção agrícola, da poluição do ar pelas queimadas realizadas no manejo agrícola, entre outros.	Uso indiscriminado de agroquímicos e do fogo no manejo agrícola.	Regulação
Plantio de organismos geneticamente modificados sem respeito à zona de amortecimento entre a área com e sem transgênia.	Falta de conhecimento ou consciência dos produtores rurais sobre normas legais no uso de OGMs; interesse das empresas de sementes e de revendas de insumos na venda de sementes transgênicas para posteriormente viabilizar venda de agroquímicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e afins).	Provisão Cultural

Elaborada pelos autores.

Figura 2. Principais eixos e linhas de pesquisa abordados no Arranjo de Projetos: Serviços Ambientais na Paisagem Rural (Arranjo SA). Elaborada pelos autores.



### Principais oportunidades para o Arranjo SA

Um importante conceito considerado nas pesquisas do Arranjo SA refere-se à multifuncionalidade da paisagem, que denota a capacidade da paisagem em fornecer vários bens (materiais e “imateriais”) que satisfazem as necessidades sociais (Barkmann et al., 2004). Esse conceito pode ser aplicado quando se deseja enfatizar os serviços prestados pela agricultura, foco de pesquisa da Embrapa, além de sua função

primária que é a produção de alimentos e fibras. Como resultado, a agricultura realizada em bases

conservacionistas pode ser valorizada também no contexto de estratégias para proteção da biodiversidade, sequestro de carbono, de lazer e recuperação de espaço, bem como paisagem cultural (Wiggering et al., 2006).

Visando reduzir a degradação dos ecossistemas, o conceito de serviços ecossistêmicos tornou-se tema central no planejamento conservacionista (Fisher e Turner, 2008; Koschke et al., 2012). Neste contexto, os instrumentos econômicos são um importante mecanismo para orientar, de maneira sustentável, as atividades dos agentes econômicos e distribuir de uma maneira mais adequada os custos socioambientais (Mattos e Hercowitz, 2011; Peralta, 2014).

Neste sentido, os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), apesar de todas as dificuldades encontradas, foram pioneiros em relação ao estabelecimento de regras e procedimentos aplicados à comercialização de créditos de carbono no mercado internacional (UNFCCC, 1998). Os mecanismos REDD (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) e REDD+ incluem também a conservação, manejo florestal sustentável e o aumento dos estoques de carbono florestais (UNFCCC, 2009). Em May et al. (2011) podem ser encontradas mais informações sobre o REDD+.

Balvanera et al. (2012) mencionam que esquemas de pagamentos por serviços ambientais tem aumentado na América Latina (AL), apresentando diferenças entre os países, bem como diversas limitações na sua aplicação. E que o futuro do paradigma dos serviços ecossistêmicos e ambientais vai depender da capacidade em demonstrar seus impactos efetivos na conservação e desenvolvimento local.

Pagiola et al. (2012) e Peralta (2014) ressaltam o uso crescente do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como um incentivo econômico de gestão ambiental. Conforme Mattos e Hercowitz (2011), o incentivo econômico na forma de PSA necessita ser operado por um instrumento econômico, como fundo perdido (doação) ou crédito rural (financiamento), com o intuito de internalizar externalidades ambientais positivas. No Brasil, pode-se citar as orientações do Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Água (ANA) (Santos et al., 2010), que não contempla execução orçamentária para

programas de PSA, mas traça as diretrizes gerais e fornece apoio técnico para as iniciativas federais, estaduais e municipais com seus próprios orçamentos. Uma contextualização mais atual dos pagamentos por serviços ambientais no Brasil pode ser vista em Coudel et al. (2015).

Na mesma direção, várias linhas de crédito rural público e de cooperativas de crédito têm taxas de juros diferenciadas que incentivam a produção sustentável. Do mesmo modo, o novo Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012) abre toda uma perspectiva de mercados para os serviços ambientais e de financiamento para os proprietários privados de terras que preservarem florestas em limites acima dos mínimos exigidos pela lei (Leite, 2014).

Está em curso também o Cadastro Ambiental Rural (CAR) relacionado ao Código Florestal, bem como políticas públicas de incentivo fiscal relacionadas à promoção dos serviços ambientais, muitas delas com ações e compromissos assumidos pela Embrapa, como é o caso do Programa de Governo intitulado Agricultura de Baixo Carbono (ABC).

Surgem, a partir destas iniciativas, demandas por pesquisas, métodos e tecnologias que possam subsidiar as ações previstas, tais como: métodos para seleção de áreas prioritárias à intervenção conservacionista; modelos economicamente viáveis para restauração florestal e o manejo conservacionista da terra; indicadores de serviços ambientais de fácil utilização e replicáveis para o monitoramento e certificação de práticas conservacionistas em relação aos serviços ecossistêmicos; protocolos para o monitoramento dos impactos dos projetos e programas conservacionistas; métodos de valoração para estimar o custo da perda ou incremento dos serviços ecossistêmicos; métricas capazes de indicar o estado de fragmentação das paisagens rurais; sistemas de suporte à decisão espacial; validação científica de métodos empíricos utilizados no manejo de recursos naturais por populações tradicionais e povos indígenas, a partir de abordagens científicas e etnográficas integradas, dentre outros.

Segundo Leite (2014) alterações são projetadas em ecossistemas na medida em que as mudanças climáticas alteram as faixas geográficas de maior incidência de espécies de plantas e animais. Desta forma, poderá haver uma aceleração da crise de biodiversidade, com extinção de 15% a 40% de todas as espécies existentes (Parry et al., 2007). Para Allison et al. (2005), a produtividade na agricultura, silvicultura

*Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.*



e pesqueiros será afetada, justamente pela perda de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

Sendo assim, outra oportunidade de pesquisa que se apresenta é entender a correlação das mudanças climáticas com os serviços ecossistêmicos, trazendo respostas para melhor adaptabilidade da agricultura e outras práticas no meio rural.

A organização e disponibilização de informações de apoio à decisão no meio rural é um importante papel da pesquisa agropecuária e florestal, visando aproximar a ciência das políticas públicas. Parte destas demandas poderá ser suprida com os produtos obtidos e previstos no Arranjo SA.

Para apoiar políticas públicas e programas voltados à conservação no meio rural, muitas alterações e inovação na legislação também tem sido necessárias no âmbito federal, estadual e municipal. Grupos de pesquisa que atuam no tema tem sido consultados na elaboração do Novo Código Florestal e Projeto de Lei para a criação da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais.

A percepção, a sensibilização e a internalização ambiental dos atores/sociedade em relação aos serviços ecossistêmicos está vinculado ao conceito de participação social, que possibilita estimular os processos de geração, difusão do conhecimento e conseqüentemente de desenvolvimento rural. De acordo com Simon et al. (2013), a participação social se baseia no diálogo e na comunicação no sentido de melhor entender os fatores que estimulam certas escolhas em diferentes contextos. Além disso, possibilita que esses atores com base em suas experiências coloquem em pauta suas necessidades e expectativas para a construção participativa do conhecimento. Dessa forma, constitui oportunidade o avanço no estudo das pesquisas participativas que incluam a abordagem construtivista, o uso de métodos qualitativos e o enfoque sistêmico para o avanço no tema do Arranjo SA.

São vislumbradas ainda oportunidades de capacitação sobre o tema pelo corpo técnico da Embrapa e seus parceiros.

### **Principais desafios para o Arranjo SA**

Para Dias et al. (2008) a manutenção de uma rede de pesquisa é uma tarefa difícil e depende principalmente da comunicação e integração entre os diferentes grupos, além do grau da intensidade e do comprometimento que os

atores dedicam ao estabelecimento e cooperação dessa rede. Portanto, destaca-se como um primeiro desafio a comunicação eficiente para manter a rede ativa e dinâmica.

No caso do Arranjo SA destacam-se outros desafios que deverão ser priorizados. Entre eles podem ser citados a ampliação da captação de recursos financeiros e o apoio para a gestão do Arranjo SA e projetos associados; a proposição de base de dados comum aos projetos relacionados e padronização de métodos; a participação efetiva de profissionais e tomadores de decisão de instituições externas à Embrapa; o desenvolvimento de instrumentos e meios para difusão dos principais produtos para a sociedade; a participação e contribuição para a elaboração de políticas públicas; a ampliação da interdisciplinaridade na elaboração de projetos, no desenvolvimento das pesquisas e na produção de resultados; a inserção do Arranjo SA no contexto e questões internacionais relacionadas aos serviços ecossistêmicos e ambientais; e a atuação nas diferentes dimensões no espaço rural, seja no âmbito da agricultura familiar como do agronegócio e nas diferentes escalas local, regional e nacional.

### **Impactos e disseminação dos resultados obtidos no âmbito do Arranjo SA**

Há diversos problemas que afetam o Brasil onde as pesquisas em serviços ecossistêmicos e ambientais podem contribuir para a sua solução, gerando impactos positivos na sociedade. De modo geral, são esperados os seguintes impactos a partir do Arranjo SA: sensibilização da sociedade sobre a importância dos serviços ambientais, determinação de conexões entre as mudanças nos ecossistemas e os impactos sobre os serviços ecossistêmicos e ambientais, espacialização do *status* dos serviços ambientais nas diferentes regiões brasileiras identificando áreas potenciais, críticas e vulneráveis, predição de impactos decorrentes de ações de mitigação, promoção de intercâmbio entre pesquisadores dos diferentes biomas brasileiros e entre os diferentes atores e tomadores de decisão capazes de mitigar impactos negativos e promover aumento dos serviços ecossistêmicos e ambientais, dentre outros.

Estes impactos ocorrerão a partir de resultados específicos do Arranjo SA, bem como a partir dos resultados dos projetos que o compõem, entre eles:

*Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.*

i) marco referencial/conceitual sobre serviços ecossistêmicos e ambientais no Brasil; ii) instrumentos de apoio à organização dos dados sobre os serviços ecossistêmicos e ambientais em base de dados; iii) conjunto de indicadores para mensurar, reportar e verificar iniciativas em serviços ambientais e validação de sistemas produtivos como prestadores de SA; iv) metodologias elaboradas e aperfeiçoadas para a caracterização, o monitoramento e a valoração dos serviços ecossistêmicos e ambientais; v) tecnologias e processos que potencializem a geração dos serviços ecossistêmicos e ambientais em paisagens rurais; vi) mecanismos de valoração e compensação direta e indireta de SA; vii) formação de recursos humanos e internalização dos SA na Embrapa; viii) geração de material de apoio a capacitação no tema em linguagem acessível a técnicos, produtores e tomadores de decisão; ix) prospecção de demandas institucionais relacionadas aos serviços ambientais e instrumentos de suporte a políticas públicas; x) diretrizes para processos de certificação e xi) realização de eventos nacionais e internacionais no tema.

Alguns resultados obtidos pelos diferentes grupos e projetos relacionados ao Arranjo SA encontram-se disponíveis, de modo a subsidiar a manutenção e recuperação de serviços ecossistêmicos e ambientais no meio rural. Estes se relacionam a indicadores e métodos obtidos para verificar o impacto do manejo conservacionista nos serviços ecossistêmicos (Parron et al., 2015 – no prelo), subsidiar programas de PSA (Prado et al., 2013; Turetta et al., no prelo), avaliar o estado de degradação dos SE em função dos diferentes usos da terra como os estoques de carbono (Berenguer et al., 2014) e a biodiversidade (Moura et al., 2013), identificar áreas vulneráveis (Thompson e Fidalgo, 2013) ou prioritárias à conservação (Rodriguez-Osuna et al., 2014) em bacias hidrográficas, fortalecer os serviços culturais como fonte de renda no campo e valorar SE e SA (Pedreira et al., 2014), dentre outros.

## Conclusões

Os impactos negativos das pressões antrópicas e as alterações climáticas tem aumentado a busca de soluções para a sustentabilidade socioambiental e econômica na utilização dos recursos naturais. Pesquisas que elucidem a relação entre serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano e aquelas com foco na

manutenção dos serviços ecossistêmicos revelaram-se de grande importância nos cenários atuais e futuros. Neste contexto, a formação de Redes de Pesquisa e Fóruns de discussão no tema são alternativas relevantes para se alcançar resultados concretos, uma vez que por meio delas pode-se promover uma atuação de forma sincronizada e organizada das informações sobre os biomas brasileiros em diferentes bases de dados.

O Arranjo de Serviços Ambientais na Paisagem Rural, criado em 2014 por grupos de pesquisa da Embrapa, abrange um conjunto de projetos, atuando em diferentes biomas, com o propósito de contribuir para a conservação e ampliação dos serviços ecossistêmicos no meio rural. A partir deste Arranjo se descortinam oportunidades no que tange à maior aproximação da ciência com os tomadores de decisão; apoio às políticas públicas vigentes; capacitação; além de troca de conhecimentos e experiências entre Embrapa, Instituições de Ensino e Pesquisa e outros parceiros.

Há grandes desafios para a condução de uma rede tão extensa de projetos. Contudo, os resultados que serão alcançados em muito contribuirão para ampliar o alcance e importância do tema, com alto potencial de beneficiar a sociedade brasileira em seus diferentes níveis.

## Referências

- Allison, E.H., Adger, W.N., Badjeck, M. C., Brown, K., Conway, D., Dulvy, N.K., Halls, A., Perry, A., Reynolds J.D., 2005. Effects of climate change on the sustainability of capture and enhancement fisheries important to the poor: analysis of the vulnerability and adaptability of fisherfolk living in poverty. Fisheries Management Science Programme Project No. R4778J. Department for International Development, London. Disponível: <http://www.fmsp.org.uk>. Acesso: 20 fev. 2015.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA): relatório de Atividades de 2011 e 2012. Brasília. Disponível: [http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/58a5580041a4f6669e579ede61db78cc/Relat%C3%B3rio+PARA+2011-12+-+30\\_10\\_13\\_1.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/58a5580041a4f6669e579ede61db78cc/Relat%C3%B3rio+PARA+2011-12+-+30_10_13_1.pdf?MOD=AJPERES). Acesso: 20 fev. 2015.
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Lenero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., Hall, J.,
- Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.*

- Lara, L., Lateralra, P., Pena-Claros, M., Matos, D.M. S., Vogl, A.L., Romero-Duque, L.P., Arreola, L.F., Caro-Borrero, A.P., Gallego, F., Jain, M., Little, C., Xavierm, R.O., Paruelo, J.M., Peinado, J.E., Poorter, L., Nataly Ascarrunz, N., Correa, F., Cunha-Santinom, M.B., Hernandez-Sanchez, A.P., Vallejos, M., 2012. Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services* 2, 56-70.
- Barkmann, J., Helming, K., Müller, K., Wiggering, H., 2004. MultiLand - Multifunctional landscapes: towards an analytical framework for sustainability assessment of agriculture and forestry in Europe. Centre for Agricultural Landscape and Land Use Research, Müncheberg. Final report, EVK2-CT-2002-80023.
- Barlow, J., Ewers, R.M., Anderson, L., Aragão, L.E.O.C., Baker, T.R., Boyd, E., Feldpausch, T.R., Gloor, E., Hall, A., Malhi, Y., Milliken, W., Mulligan, M., Parry, L., Pennington, T., Peres, C. A.; Phillips, O.L.; Roman-Cuesta, R.M.; Tobias, J.A., Gardner, T.A., 2010. Using learning networks to understand complex systems: a case study of biological, geophysical and social research in the Amazon. *Biological Reviews* 86, 457-474.
- Berenguer, E., Ferreira, J.N., Gardner, T.A., Aragão, L.E.O.C., Camargo, P.B., Cerri, C.E., Durigan, E.M., Santos Junior, R.A.O., Vieira, I.C.G., Barlow, J., 2014. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Global Change Biology* 20, 3713-3726.
- Bertoni, J., Lombardi Neto, F., 1999. *Conservação do solo*. 4. ed. Ícone, São Paulo.
- Brasil, 2012. Lei 12.651, de 25 de maio.
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators - Special issue* 21, 17-29.
- Coudel, E., Ferreira, J., Amazonas, J., Eloy, M., Hercowitz, L.M., Mattos, L., May, P.H., Muradian, R., Piketty, M.G., Toni, F., 2015. A ascensão do pagamento por serviços ambientais no Brasil: negociando uma governança policêntrica. *Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica* 32-33, 6-15.
- De Groot R.S., Wilson M.A., Boumans R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408.
- De Groot, R.S., 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75, 175-186.
- De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. 2010. *Ecological Complexity* 7, 260-272.
- Dias, E.L., Bonacelli, M.B.M., Mello, D.L., 2008. A dinâmica da pesquisa em redes: avanços e desafios do sequenciamento genético da vassoura de bruxa e do eucalipto. *Liinc em Revista* 4, 120-137.
- Ferreira, J.N., Barlow, J., Parry, L., Lees, A., Vieira, I. C.G., Gardner, 2012. Avaliação da sustentabilidade social e ecológica dos usos da terra na Amazônia em múltiplas escalas: rede Amazônia sustentável, in: Vieira, I.C.G., Toledo, P.M., Santos Junior, R.A. O. (Orgs.), *Ambiente e sociedade na Amazônia uma abordagem interdisciplinar*. Garamond, Rio de Janeiro, pp.435-456.
- Fisher, B., Costanza, R., Turner, R.K., Morling, P., 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, 643-653.
- Fisher, B., Turner, R.K., 2008. Ecosystem services: classification for valuation. *Biological Conservation* 141, 1167-1169.
- FAO. Food and Agriculture Organization, 2014. The statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. Disponível: <http://faostat.fao.org/default.aspx>. Acesso: 10 dez. 2014.
- Gardner, T.A., Ferreira, J., Barlow, J., Lees, A.C., Parry, L., Vieira, I.C.G., Berenguer, E., Abramovay, R., Aleixo, A., Andretti, C., Aragão, L.E.O.C., Araujo, I., Avila, W.S., Bardgett, R.D., Batistella, M., Begotti, R.A., Beldini, T., Blas, D.E., Braga, R.F., Braga, D.L., Brito, J.G., Camargo, P.B., Santos, F.C., Oliveira, V.C., Cordeiro, A.C.N., Cardoso, T.M., Carvalho, D.R., Castelani, S.A., Chaul, J.C.M., Cerri, C.E., Costa, F.A., Costa, C.D.F., Coudel, E., Coutinho, A.C., Cunha, D., D'Antona, A., Dezincourt, J., Dias-Silva, K., Durigan, M., Esquerdo, J.C.D.M., Feres, J., Ferraz, S.F.B., Ferreira, A.E.M., Fiorini, A.C., Silva, L.V.F., Frazão, F.S., Garrett, R., Gomes, A.S., Gonçalves, K.S., Guerrero, J.B., Hamada, N., Hughes, R.M., Iglioni, D.C., Jesus, E.C., Juen, L., Junior, M., Oliveira
- Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.*

- Junior, J.M.B., Oliveira Junior, R.C., Souza Junior, C., Kaufmann, P., Korasaki, V., Leal, C.G., Leitão, R., Lima, N., Almeida, M.F.L., Lourival, R., Louzada, J., Mac Nally, R., Marchand, S., Maués, M.M., Moreira, F.M.S., Morsello, C., Moura, N., Nessimian, J., Nunes, S., Oliveira, V.H.F., Pardini, R., Pereira, H.C., Pompeu, P.S., Ribas, C.R., Rossetti, F., Schmidt, F.A., Silva, R., Silva, R.C.V.M., Silva, T.F.M.R., Silveira, J., Siqueira, J.V., Carvalho, T.S., Solar, R.R.C., Tancredi, N.S.H., Thomson, J.R., Torres, P.C., Vaz de Mello, F.Z., Veiga, R.C.S., Venturieri, A., Viana, C., Weinhold, D., Zanetti, R., Zuanon, J., 2013. A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 368. Disponível: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/368/1619/20120166>. Acesso: 01 mar. 2015.
- Guedes, F. B., Seehusen, S. E. (Orgs.), 2012. *Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios*. 2, ed. rev. MMA, Brasília. (MMA. Série Biodiversidade, 42).
- Heal, G., 2000. Valuing ecosystem services. *Ecosystems* 3, 24-30.
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F., 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological Indicators* 21, 54-66.
- Lahsen, M., Nobre, C.A., 2007. Challenges of connecting international science and local level sustainability efforts: the case of the large-scale biosphere – atmosphere experiment in Amazonia. *Environmental Science Policy* 10, 62-74.
- Leite, J.F., 2014. *O Enredo da conservação no Estado de Goiás: possibilidades e desafios para a valorização do Cerrado em pé*. Tese (doutorado). Goiânia, UFG.
- Lima, J.E.F.W., Lopes, W.T.A., 2011. *Engenharia de Sedimentos – na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento*. ABRH, Brasília.
- Mattos, L., Hercowitz, M. (Eds.), 2011. *Economia do Meio Ambiente e Serviços Ambientais. Estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- May, P.H., Millikan, B., Gebara, M.F., 2011. The context of REDD+ in Brazil: Brazil country profile. 2. ed. International Center for Forestry Research (CIFOR), Bogor.
- McNeill, J.R., McNeill, W.H., 2003. *The Human Web: a bird's-eye view of world History*. Norton & Company, New York.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment, 2003. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Island Press, Washington. Disponível: <http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.Html>. Acesso: 20 fev. 2015.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press, Washington. Disponível: <http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>. Acesso: 20 fev. 2015.
- Moura, N.G., Lees, A.C., Andretti, C.B., Davis, B.J.W., Solar, R.R.C., Aleixo, A., Barlow, J.N., Ferreira, J., Gardner, T.A., 2013. Avian biodiversity in multiple-use landscapes of the Brazilian Amazon. *Biological Conservation* 167, 339-348.
- Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., Kosoy N., May, P.H., 2010. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* 69, 1202-1208.
- Pagiola, S., Von Glehn, H.C., Taffarello, D., 2012. *Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil*. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- Parron, L.M., Garcia, J.R., Oliveira, E.B., Brown, G.G., Prado, R.B., 2015. *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Embrapa Florestas, Colombo.
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van Der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.), 2007. *Climate Change: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pedreira, B.daC.C.G., Fidalgo, E.C.C., 2014. *Desenvolvimento do agroturismo em Cachoeiras de Macacu, RJ: subsídios ao planejamento da atividade agroturística associada à produção agropecuária de base familiar*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 244).
- Peralta, C.E., 2014. O pagamento por serviços ambientais como instrumento para orientar a sustentabilidade ambiental: a experiência da Costa Rica, in: Lavratti, P., Tejeiro, G. (Orgs.).
- Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.

- Direito e Mudanças Climáticas e Pagamento por Serviços Ambientais: experiências locais e latino-americanas. Instituto o Direito por um Planeta Verde, São Paulo.
- Prado, R.B., 2014. Serviços ecossistêmicos e ambientais na agropecuária, in: Palhares, J.C., Gebler, L. (Eds.). *Gestão Ambiental na Agropecuária*. Embrapa, Brasília, pp. 413-456.
- Prado, R.B., Schuler, A.E., Fidalgo, E.F., Turetta, A.P.D., Diederichsen, A., Kriek, C., 2013. Memória do curso: avaliação e compensação econômica de serviços ambientais - conceitos, estado-da-arte e implicações na pesquisa agropecuária brasileira. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. (Embrapa Solos. Documentos, 158).
- Prado, R.B., Turetta, A.P.D., Andrade; A.G. (Orgs.), 2010. *Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- Rodrigues, A.S.L., Ewers, R.M., Parry, L., Souza, C., Veríssimo, A., Balmford, A., 2009. Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation frontier. *Science* 324, 1435-1437.
- Rodríguez-Osuna, V., Börner, J., Nehren, U., Prado, R.B., Gaese, H., Heinrich, J., 2014. Priority areas for watershed service conservation in the Guapi-Macacu region of Rio de Janeiro, Atlantic Forest, Brazil. *Ecological Processes* 16, 2-21. Disponível: <http://www.ecologicalprocesses.com/content/3/1/1>. Acesso: 20 fev. 2015.
- Rounsevell, M.D.A., Dawson, T.P., Harrison, 2010. P.A. A conceptual framework to assess the effects of environmental change on ecosystem services. *Biodiversity and Conservation* 19, 2823-2842.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald; E., Huenneke; L. F., Jackson; R., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, L.T., Sykes, M., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D., 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770-1774.
- Santos, D.G., Domingues, A.F., Gisler, C.V.T., 2010. Gestão de recursos hídricos na agricultura: O Programa Produtor de Água, in: Prado, R.B., Turetta, A.P.D., Andrade, A.G. *Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, pp. 353-376.
- Simon, A.A., Pinheiro, S.L.G., Gómez, C.U., Benez, M.C., 2013. Marcos de referência teórico e histórico: contexto do desenvolvimento de experiências de PEAP, in: Benez, M.C., Gómez, C.U., Pinheiro, S.L.G., Simon, A.A. *Pesquisa-Extensão e Aprendizagem Participativa (PEAP): a formação de equipes interinstitucionais e a implementação de dez experiências piloto em Santa Catarina*. Epagri, Florianópolis, pp. 11-14.
- Soares Filho, B., Rajão, R., Macedo, M., Carneiro, A., Costa, W., Coe, M., Rodrigues, H., Alencar, A., 2014. Cracking Brazil's forest code. *Science* 344, 363-364.
- Thompson, D., Fidalgo, E.C.C., 2013. Vulnerabilidade dos solos à erosão: estimativa da perda de solos na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu – RJ Embrapa Solos, Rio de Janeiro. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 237).
- Turetta, A.P.D., Prado, R. B., Coutinho, H.L., Fidalgo, E.C.C., Schuler, A.E., Martins, A.L.S., Diederichsen, A. Memória da oficina Ranqueamento de indicadores de serviços ambientais. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. (Embrapa Solos. Série Documentos, no prelo).
- Turner, R.K., Paavola, J., Cooper, P., Farber, S., Jessamy, V., Georgiou, S., 2003. Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics* 46, 493-510.
- UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change, 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Climate Change Secretariat, Bonn. Disponível: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Acesso: 05 Julho 2015.
- UNFCCC. United Nations Framework Conference on Climate Change, 2009. Copenhagen Accord. FCCC/CP/2009/L.7. Disponível: <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/107.pdf>. Acesso: 20 fev. 2015.
- Wiggering, H., Dalchow, C., Glemnitz, M., Helming, K., Müller, K., Schultz, A., Stachow, U., Zander, P., 2006. Indicators for multifunctional land use – Linking socio-economic requirements with landscape potentials. *Ecological Indicators* 6, 238-249.
- Wilson, M.A., Carpenter, S.R., 1999. Economic valuation of freshwater ecosystem services in The United States: 1971-1997. *Ecological Applications* 9, 772-783.
- Prado, R.B.; Fidalgo, E.C.C.; Ferreira, J.N.; Campanha, M.M; Vargas, L.M.P.; Pedreira, B.C.C.G.; Monteiro, J.M.G.; H.L.C., Turetta, A.P.D; Martins, A.L.S; Donagemma, G.K., Coutinho, H.L.C.*