



Foto: Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

COMUNICADO  
TÉCNICO

77

Rio de Janeiro  
Outubro, 2020



## Ferramenta (kit) para avaliação simplificada de serviços ecossistêmicos em agroecossistemas

Joyce Maria Guimarães Monteiro  
Rachel Bardy Prado  
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo  
Azeneth Eufrausino Schuler  
Aline Pacobahyba de Oliveira  
Mariella Camardelli Uzêda  
Guilherme Kangussu Donagemma

# Ferramenta (kit) para avaliação simplificada de serviços ecossistêmicos em agroecossistemas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Joyce Maria Guimarães Monteiro, engenheira-agrônoma, doutora em Planejamento Energético, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Rachel Bardy Prado, bióloga, doutora em Ciências da Engenharia Ambiental, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Azeneth Eufrausino Schuler, engenheira florestal, doutora em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Aline Pacobahyba de Oliveira, engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. Mariella Camardelli Uzêda, agrônoma, doutora em Manejo de Recursos Naturais Renováveis, pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. Guilherme Kangussu Donagemma, engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

## Introdução

Serviços ecossistêmicos (SE) são benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas e garantem a manutenção da qualidade de vida da sociedade e do planeta como um todo. Com suas relações de provisão, regulação e suporte relacionados aos recursos hídricos, clima, solos, carbono, nutrientes e polinização, contribuem para manter a produção de alimentos, minimizar os desastres naturais e valorizar os elementos culturais, a beleza cênica, a manutenção de recursos genéticos, entre muitos outros serviços (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Sistemas agropecuários podem ser provedores de diversos SE se bem manejados. Além do suprimento de alimentos, fibras e energia, podem contribuir com o fornecimento de serviços de suporte, como a formação do

solo, a regulação de processos, como o controle da erosão e de fluxos da água, do clima e da qualidade do ar e a polinização e dispersão de sementes (Haines-Young; Potschin, 2013).

A fim de promover a manutenção de serviços ecossistêmicos em regiões alteradas pela atividade agropecuária, diferentes estratégias têm sido testadas para incentivar práticas de manejo conservacionista nos agroecossistemas e ações de restauração ou conservação dos recursos naturais na paisagem rural. Uma dessas alternativas é o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), um instrumento destinado à gestão de ecossistemas, a partir de incentivos econômicos (Farley; Costanza, 2010). Engel e Muller (2016) comentam que o PSA consiste em estratégia de valoração dos SE, como também em incentivos ao seu provimento por agentes locais. Wunder (2005) define PSA como sendo uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido, ou um

uso da terra que possa assegurar esse serviço, é adquirido por, no mínimo, um comprador, de, no mínimo, um provedor do serviço. Dessa forma, os programas e projetos de PSA ganharam destaque pelo seu potencial de apoiar a proteção e o uso sustentável dos recursos naturais. Contudo, ainda permanecem desafios metodológicos relacionados à avaliação de seus impactos nos SE e na qualidade de vida da população envolvida, assim como na valoração desses serviços (Fidalgo et al., 2017).

As lacunas apresentadas consistem em um problema que atinge gestores e tomadores de decisão no planejamento, implantação e monitoramento de políticas públicas. Esse não é um problema restrito às iniciativas de PSA, mas está presente em outras políticas que preveem algum tipo de compensação baseada em práticas sustentáveis dos recursos naturais e na agropecuária, que precisam de ferramentas para auxiliar no acompanhamento e correção de rumos em relação às metas estabelecidas. Pode-se citar o Código Florestal, a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Política Nacional de Mudanças Climáticas/Plano ABCS, o Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas, o Programa Florestas+, bem como os projetos no âmbito estadual (exemplo: Projeto Conexão Mata Atlântica – RJ, SP e MG) e municipal (exemplo: Projeto Conservador das Águas – Extrema, MG). Apesar do

consenso em torno da necessidade de considerar os serviços ecossistêmicos na tomada de decisão e de conciliar conservação ambiental com as atividades produtivas, há carência de orientação sistemática sobre o que medir e como medir (Boyd et al., 2016). Observa-se que, em geral, as ferramentas disponíveis para a avaliação de serviços ecossistêmicos exigem a aplicação de recursos econômicos substanciais e conhecimento técnico especializado para sua aplicação (Peh et al., 2013). Aliados a isso, a carência ou mesmo a falta de padronização de métodos, indicadores e limiares para essa avaliação atuam como uma barreira àqueles que desejam aplicar abordagens baseadas em SE (Polasky et al., 2008).

Assim, foi identificada a demanda, a partir da atuação de um grupo de pesquisadores da Embrapa Solos, junto aos comitês de bacias hidrográficas e instituições públicas e privadas envolvidas em PSA hídricos, que consiste no desenvolvimento, proposição e validação de métodos expeditos que sejam capazes de medir os serviços ecossistêmicos de maneira simples, prática e com baixo custo, permitindo a avaliação de seus resultados pelos tomadores de decisão, da mesma forma que auxiliar em estratégias de valoração desses serviços.

Visando atender às demandas citadas, apresenta-se uma ferramenta

(kit) para avaliação simplificada de SE em agroecossistemas, que está em desenvolvimento por pesquisadores da Embrapa Solos nos últimos anos. A ferramenta agrega um conjunto de protocolos e instrumentos, bem como um manual com orientações de uso para a avaliação simplificada dos serviços ecossistêmicos, a saber: controle à erosão, provisão e regulação hídrica, sequestro de carbono, regulação da fertilidade e avaliação da polinização.

## Ferramenta (kit) para avaliação simplificada de serviços ecossistêmicos em agroecossistemas

A Ferramenta, chamada de kit, é composta por protocolos e instrumentos para a caracterização da área de estudo e avaliação de um conjunto de indicadores das funções dos serviços ecossistêmicos provenientes do solo, da água e de polinizadores. O kit é acompanhado de um manual para sua utilização, com orientações para a realização das análises e a interpretação dos resultados. O kit pode ser utilizado de forma integral para a avaliação do conjunto de serviços ecossistêmicos propostos, ou parcialmente, ao se restringir a alguns dos serviços.

O desenho amostral para a coleta de dados sugerido no kit é composto de três parcelas na propriedade rural, sendo

uma em área com manejo convencional, uma em área com manejo conservacionista e uma em área de remanescente de vegetação natural. Preferencialmente, as áreas devem estar situadas na mesma superfície morfoedológica e contíguas na paisagem, pois esses fatores influem nos resultados, impedindo a correta interpretação dos efeitos ou impactos das intervenções sobre os SE. O kit também pode ser aplicado antes e depois da adoção de alguma tecnologia de conservação do solo e da água para avaliar o impacto dessa intervenção sobre os serviços ecossistêmicos. Para auxiliar na interpretação dos resultados, sugere-se a comparação com valores de referência, que podem ser obtidos em área de vegetação natural e área de cultivo convencional.

O esquema amostral (número de repetições e localização da coleta de dados) variará de acordo com o serviço ecossistêmico que se pretender avaliar e com o objetivo da avaliação. No que tange à frequência das avaliações, sugere-se anual para os parâmetros relacionados aos solos, trimestral para os parâmetros relacionados a água e semestral para a avaliação da polinização.

A abordagem metodológica do kit para a avaliação simplificada de serviços ecossistêmicos é baseada no uso de

indicadores da qualidade do solo, água e polinização que descrevem processos (ou funções) diretamente relacionados aos SE em estudo, apresenta baixo custo de obtenção e é prevista para ser executada de forma participativa, a partir de treinamento local, permitindo ampla aplicação e adoção. Os SE avaliados (sequestro de carbono do solo, regulação da fertilidade, controle da erosão, provisão e regulação hídrica e avaliação da polinização) referem-se às respostas das funções dos agroecossistemas afetados pelas intervenções conservacionistas.

## Caracterização da área de estudo

Para uso do kit, propõe-se uma análise preliminar do local onde se insere a área de estudo, coletando-se informações importantes para a interpretação dos resultados. As informações necessárias (Tabela 1) são coletadas uma única vez, utilizando um formulário, que requer respostas simples.

## Protocolos de avaliação de SE previstos no kit

O kit para avaliação simplificada de serviços ecossistêmicos utiliza protocolos, materiais e instrumentos

**Tabela 1.** Informações do formulário para a caracterização da área de estudo.

- Identificação área estudo
- Nome do proprietário
- Município, estado:
- Coordenadas geográficas
- Clima
- Histórico de uso da área
- Uso atual
- Manejo
- Desenvolvimento das plantas
- Rendimento da produção
- Condições de drenagem
- Condição de umidade
- Declividade
- Erosão
- Tipo de solo
- Textura do solo
- Pedregosidade
- Cor predominante do solo
- Áreas fonte de biodiversidade\*

\*Áreas sob pouso, fragmentos de vegetação nativa ou áreas em recuperação que atuam como refúgio da fauna que possam interferir nos resultados encontrados.

para a avaliação de propriedades influenciáveis do solo, da água e da polinização. As propriedades influenciáveis são aquelas que podem ser alteradas em função dos fatores antropogênicos, como o uso do solo, as práticas agrícolas e o uso de tecnologias. Essas propriedades são também as que exercem impactos no funcionamento dos agrossistemas, como a regulação da fertilidade e a regulação hídrica, a atividade biológica, dentre outros, que por sua vez sustentam os fluxos emergentes de serviços ecossistêmicos (Bennett et al., 2009; Dominati et al., 2010).

Alterações nessas propriedades podem ser estimadas por indicadores de solo, tais como o conteúdo da matéria orgânica, o teor de carbono, o grau de cobertura vegetal, o tamanho dos agregados, a presença de organismos e a densidade do solo; assim como de água, tais como o pH, a temperatura e a

turbidez, e ainda da polinização, como a riqueza (número de espécies) e abundância (número de indivíduos) de abelhas nativas.

A Tabela 2 apresenta os principais indicadores e materiais que se pretende utilizar no kit para avaliar os serviços ecossistêmicos.

**Tabela 2.** Indicadores para avaliação simplificada de serviços ecossistêmicos.

SE	Indicador	Materiais e equipamentos
Provisão hídrica	Turbidez	Frascos, tubos de ensaio, reagentes, cartelas plastificadas e termômetro, anel simples
	pH água	
	Condutividade elétrica	
	Temperatura	
	Nitrato	
	Fosfatos	
	Coliformes	
	Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD)	
Regulação hídrica	Infiltração da água no solo	
Controle da erosão	Infiltração da água no solo	
	Profundidade da camada superficial e raízes	
	Escoamento superficial	
	Turbidez	
Sequestro carbono e Regulação da fertilidade	Profundidade da camada superficial e raízes	Balança, bandeja plástica, cartolina, copo plástico, copo ou vidro transparente, enxadinha, faca, fita medidora de pH, gabarito de metal, pá dobrável, piseta, régua de madeira, tela de arame, trena
	Cor do solo	
	Estabilidade de agregados	
	pH do solo	
	Taxa e vigor da cobertura da vegetação	
	Estrutura do solo	
Quantidade e distribuição de minhocas		
Avaliação da Polinização	Abundância e riqueza de abelhas nativas	Armadilhas do tipo pan-trap

Quanto aos materiais e equipamentos utilizados no kit, pode-se citar: (i) Avaliação do SE sequestro de

carbono e regulação da fertilidade: balança, bandeja plástica, cartolina, copo plástico, copo ou vidro

transparente, enxadinha, faca, fita medidora de pH, gabarito de metal, pá dobrável, piseta, régua de madeira, tela de arame, trena; (ii) Avaliação do SE provisão e regulação hídrica e controle de erosão: frascos, tubos de ensaio, reagentes, cartelas plastificadas e termômetro, anel simples; (iii) Avaliação da polinização: armadilhas do tipo pan-trap para avaliação de polinizadores (abelhas).

Os protocolos para mensuração dos indicadores, cujos resultados serão utilizados para a avaliação de SE, são descritos no próximo item.

## Avaliação dos serviços ecossistêmicos de provisão, regulação hídrica e controle à erosão

Para medir os impactos dos agroecossistemas (convencionais e conservacionistas) nos SE de provisão hídrica e controle à erosão nas propriedades rurais, há a necessidade de implantação de parcelas de perda de água e solo. As parcelas seguem o modelo utilizado por Silveira (2009), contando também com um galão coletor na sua saída. Elas medem 9 m de comprimento por 3,5 m de largura (Figura 1) e são de baixo custo. Após implantação das parcelas dentro dos

agroecossistemas, são coletadas amostras de água acumulada no galão coletor para análise a partir do kit.



Foto: Pedro Luiz de Freitas

**Figura 1.** Modelo de parcela simplificada de perda de solo e água.

Os indicadores de qualidade da água propostos para a avaliação simplificada do SE de provisão hídrica são: turbidez, pH, OD, DBO, temperatura, condutividade elétrica, nitratos, fosfatos e coliformes totais. As análises que o kit fará serão baseadas em colorimetria e realizadas em campo. Dependendo do objetivo do projeto, podem-se avaliar todos esses indicadores ou parcialmente, focando naqueles de maior interesse. Por exemplo: a turbidez está relacionada à perda de solos e processos erosivos; os coliformes estão relacionados à contaminação pela presença de animais, e os nitratos e fosfatos, à utilização de insumos agropecuários (fertilizantes, adubação, etc.) na parcela ou agroecossistema.

O volume total de água coletada na parcela de perda de solo é obtido para estimar o escoamento superficial como um dos indicadores do controle de erosão, no período chuvoso. Serão feitas coletas nos reservatórios sempre que necessário para fazer a medição e também não haver perda de material. Os valores de turbidez são relacionados aos sedimentos carregados na água de escoamento superficial. Em relação ao controle à erosão, além dos indicadores turbidez e escoamento superficial, são avaliados os indicadores profundidade da camada superficial do solo (Rocha Junior, 2012) e de raízes, utilizando uma trena em uma trincheira aberta de aproximadamente 20 cm de largura e 40 cm de profundidade. A infiltração de água no solo será medida pelo método do anel simples (Figura 2) e, quando usado ao longo do tempo, será um indicador da melhoria ou degradação do serviço de regulação hídrica pelo sistema de manejo adotado.

No caso dos indicadores relacionados à qualidade de água, recomenda-se que a avaliação ocorra em três momentos ao ano, no período chuvoso. No caso da regulação hídrica, as estimativas serão realizadas na estação seca e chuvosa. No caso dos demais indicadores citados neste protocolo para avaliação dos SE de provisão hídrica e controle à erosão, recomenda-se uma frequência anual, também no período chuvoso.



Foto: Pedro Luiz de Freitas

**Figura 2.** Anel simples para medição de infiltração de água no solo.

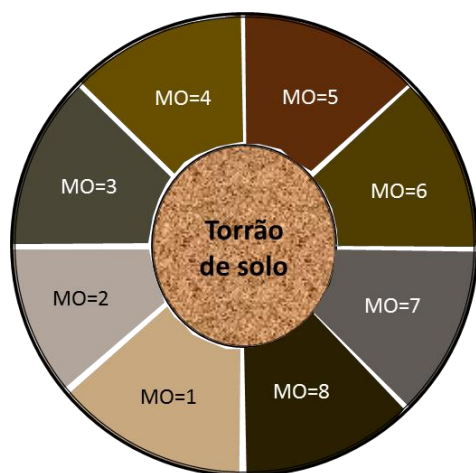
## Avaliação dos serviços ecossistêmicos sequestro de carbono e regulação da fertilidade no solo

A estimativa do conteúdo de carbono do solo e da regulação da fertilidade é realizada em parcela de aproximadamente 50 m x 10 m de extensão, onde são abertas 3 trincheiras com 20 cm de largura e 40 cm de profundidade.

O conteúdo de carbono é estimado com base: i) na medida da profundidade da camada superficial (camada mais escura ou horizonte A)(Rocha Junior, 2012) e ii) na avaliação visual da cor do



solo com base em uma paleta de cores adaptada da carta de cores de Munsell (Figura 3). A avaliação simplificada da regulação da fertilidade é estimada pela: medida do pH de uma solução aquosa de solo utilizando fita medidora de pH, conforme recomendação do fabricante, utilizando uma tabela de interpretação; observação do estado nutricional das plantas no campo, como o desenvolvimento da parte aérea e das raízes; estrutura do solo pela distribuição de agregados em folha de papel com escala (Shepherd, 2000); estabilidade de agregados pela avaliação da integridade de um torrão imerso em água (Soil Quality Institute, 2001) e avaliação visual da quantidade e distribuição de minhocas no solo (Shepherd, 2000). É importante também obter a informação sobre o tipo de solo local para inferência dos resultados.



**Figura 3.** Exemplo da cartela de cores para avaliação visual da cor do solo.

Fonte: Adaptado de Munsell (2009).

## Avaliação da polinização

Estudos têm comprovado que paisagens modificadas e com ausência de elementos naturais comprometem a existência de vetores de serviços ecossistêmicos como polinizadores e agentes de controle biológico, uma vez que os remanescentes de vegetação natural representam áreas-fonte desses grupos funcionais (Tscharrntke et al., 2016; Salliou; Barnaud, 2017). Em adicional, a adoção de práticas de manejo menos impactantes e a inserção de árvores permitem a existência de comunidades mais ricas em espécies e mais abundantes, capazes de prover os serviços de polinização e controle biológico de maneira mais ampla (Salliou; Barnaud, 2017). Fundamentada nesses princípios, a metodologia propõe uma avaliação da composição da comunidade de abelhas (riqueza e abundância) como indicadora do serviço de polinização nas áreas monitoradas.

As abelhas são tomadas como espécies indicadoras para essa ferramenta por trazerem um elemento pedagógico e se apresentarem como um grupo bastante ameaçado pela perda de vegetação nativa e uso abusivo de agrotóxicos. A avaliação dos polinizadores, na sua totalidade, envolveria pássaros, morcegos, moscas entre outros.

A avaliação da abundância e riqueza de abelhas nativas é realizada utilizando armadilhas do tipo pan-trap (Figura 4).



**Figura 4.** Armadilhas do tipo pan-trap dispostas no campo para captura de abelhas.

Fonte: Campbell et al. (2016)

As armadilhas são dispostas em campo durante dois dias, e é avaliado o padrão espacial e temporal da ocorrência das espécies. Esse procedimento é realizado por quatro semanas consecutivas em período de seca e em período de chuvas.

É esperado que a diversidade de abelhas nativas apresente uma relação direta com a estrutura atual das paisagens agrícolas e, destacadamente, com a quantidade de cobertura natural existente na paisagem que compõe o entorno das áreas agrícolas (Fahrig, 2013). Dessa forma, é proposto, adicionalmente, um método simplificado e de baixo custo para avaliação das áreas fonte de biodiversidade, que agregue informações sobre presença de fragmentos e uso da terra no entorno da área estudada pela análise de imagens

gratuitas e disponíveis on-line. O método está pautado na hipótese da quantidade de habitat (Fahrig, 2013) e permite estabelecer estimativas da contribuição das áreas estudadas na manutenção do fluxo da polinização por abelhas nativas nas paisagens agrícolas em que elas se inserem.

## Manual para aplicação do kit de avaliação de serviços ecossistêmicos

O manual com informações sobre a aplicação do kit de avaliação simplificada de serviços ecossistêmicos tem por objetivo nortear o usuário do kit em campo, fornecendo informações precisas sobre como utilizar os equipamentos, as metodologias e indicadores relacionados a cada serviço ecossistêmico que será avaliado, assim como chamar a atenção sobre cuidados que deverão ser tomados para a segurança do usuário e a qualidade dos resultados a serem obtidos.

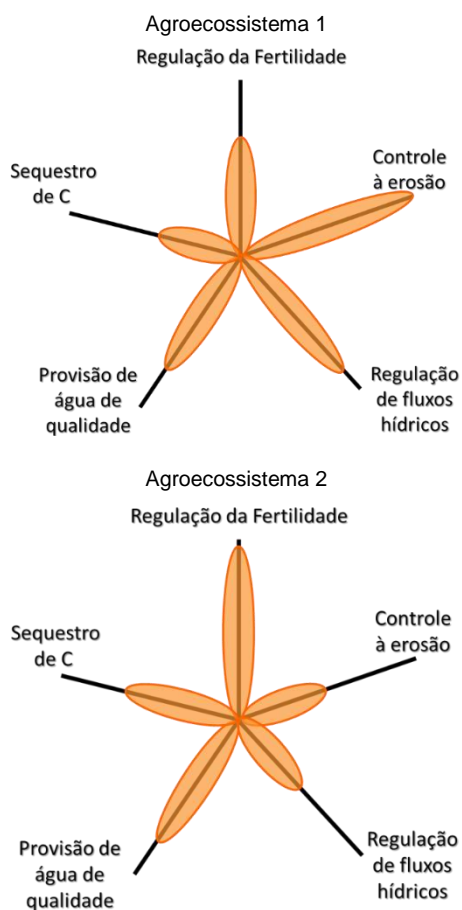
O manual também apresenta instruções sobre a avaliação dos resultados da aplicação dos protocolos que compõem o kit, apresentando o desempenho de cada SE em relação às áreas de referências e do conjunto dos SE avaliados, destacando eventuais sinergias e conflitos (trade-offs) e a relação entre os SE avaliados. O manual será composto pelos tópicos: a) objetivo do kit e contextualização a respeito da

importância dos SE a serem avaliados; b) orientação para se realizar a caracterização e histórico da área onde o kit será aplicado, assim como para registrar a percepção do aplicador sobre os mesmos; c) descrição do método e indicadores a serem utilizados; d) passo a passo para a aplicação do kit e avaliação dos serviços ecossistêmicos, acompanhado por sugestões para garantir a segurança do aplicador e para a confiabilidade dos resultados a serem obtidos; e) orientações de como analisar os resultados da avaliação; f) descarte adequado dos resíduos e material do kit após utilização. O plano gráfico e editorial se baseia no emprego de linguagem simplificada e acessível à grande diversidade do público-alvo, com o mínimo de texto possível, bastante ilustrado e em formato de fichário (para permitir sua substituição), papel resistente e de fácil manuseio, tendo em vista sua utilização no campo.

## Avaliação Integrada dos Serviços Ecossistêmicos

A avaliação integrada dos serviços ecossistêmicos permite identificar sinergias e conflitos (trade-offs) da provisão dos serviços ecossistêmicos nos diferentes usos e coberturas da terra, e diferentes manejos adotados por agroecossistemas. Foley et al. (2005) utilizam o diagrama de pétalas para comparar diferentes usos da terra e trade-offs entre serviços ecossistêmicos.

Esse tipo de análise ilustra bem a provisão de múltiplos serviços ecossistêmicos em áreas sob diferentes usos e apresenta como vantagem ser simples e fácil de se obter a partir dos resultados obtidos para cada indicador, segundo proposta descrita nos itens anteriores. Uma simulação dos resultados é apresentada na Figura 5.



**Figura 5.** Exemplo de resultado da avaliação integrada de SE em agroecossistemas distintos.

Observa-se que as principais diferenças entre os agroecossistemas é que, no primeiro, os serviços de controle à erosão e regulação de serviços hídricos são mais favorecidos, enquanto, no segundo, a regulação da fertilidade é o serviço privilegiado. Em ambos, o serviço de provisão de água de qualidade é igualmente fornecido, e o sequestro de carbono é ligeiramente superior no segundo agroecossistema. A partir da análise do balanço do desempenho do agroecossistema no fornecimento dos serviços ecossistêmicos, podem-se tomar decisões para a seleção de práticas de manejo que propiciem melhorias para a provisão do conjunto de serviços.

## Considerações finais

O kit foi planejado para apoiar políticas públicas de forma que seu baixo custo e fácil aplicação permitam avaliações contínuas dos impactos de ações e intervenções locais sobre os serviços ecossistêmicos. Como próximas etapas para seu desenvolvimento, planeja-se a aplicação do kit em diversas condições de ambiente e uso da terra para sua validação. Dessa forma, espera-se que que ele possa vir a contribuir para verificar o cumprimento de acordos nacionais e internacionais com foco na provisão de SE, a conformidade junto a mercados internos e externos com foco

na sustentabilidade, facilitando ainda mecanismos de compensação ao produtor rural que conciliar a conservação dos recursos naturais (em especial solo e água) com a produção agropecuária, com o PSA. O kit também poderá ter um papel importante para a ampliação da percepção de produtores e tomadores de decisão em direção à adoção de manejo sustentável dos sistemas de produção como provedores de SE. Os principais beneficiários do kit serão: pequenos e grandes produtores rurais, técnicos envolvidos em iniciativas de Pagamento de Serviço Ambiental (PSA) e projetos conservacionistas, comitês de bacias, órgãos federais, estaduais e municipais ambientais e agropecuários, fundos internacionais e nacionais com foco na conservação e mercados visando à diferenciação e agregação de valor ao produto oriundo de sistemas sustentáveis.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos pesquisadores da Embrapa Solos pelos Protocolos Simplificados para Avaliação de Serviços Ecossistêmicos, assim como àqueles que nos ajudaram em relação à definição dos equipamentos/materiais, a saber: Fabiano Balieiro, Wenceslau Teixeira, Daniel Perez, Ademir Fontana, Alba Martins, Helga Hissa, Silvio Bhering, Maurício Rizatto, Eliane Clemente,

Nerilde Favaretto (Departamento de Solos - UFPR), Julio Cezar Franchini dos Santos (Embrapa Soja).

## Referências

- BENNETT, E. M.; PETERSON, G.; GORDON, L. J. Understanding relationship among multiple ecosystem services. **Ecology Letters**, v. 12, n. 12, p. 1394-1404, Dec. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>.
- BOYD, J.; RINGOLD, P.; KRUPNICK, A.; JOHNSTON, R. J.; WEBER, M. A.; HALL, K. Ecosystem services indicators: improving the linkage between biophysical and economic analyses. **International Review of Environmental and Resource Economics**, v. 8, n. 3/4, p. 359-443, Jun. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1561/101.00000073>.
- CAMPBELL, J. W.; MILLER, D. A.; MARTIN, J. A. Switchgrass (*Panicum virgatum*) intercropping within managed loblolly pine (*Pinus taeda*) does not affect wild bee communities. **Insects**, v. 7, n. 4, 62, Nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects7040062>.
- DOMINATI, E.; PATTERSON, M.; MACKAY, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v. 69, n. 9, p. 1858-1868, Jul. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002>.
- ENGEL, S.; MULLER, A. Payments for environmental services to promote "climate-smart agriculture"? Potential and challenges. **Agricultural Economics**, v. 47, n. S1, p. 173-184, Nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/agec.12307>.
- FAHRIG, L. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. **Journal of Biogeography**, v. 40, n. 9, p. 1649-1663, Sept. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12130>.
- FARLEY, J. E.; COSTANZA, R. Payments for ecosystem services: from local to global. **Ecological Economics**, v. 69, n. 11, p. 2060-2068, Sept. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.010>.
- FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; SCHULER, A. E. (ed.). **Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos: seleção de áreas e monitoramento**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 78 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160960/1/Manual-PSA-hidricos-2017.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; STUART CHAPIN, F.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, Jul. 2005. DOI: [10.1126/science.1111772](https://doi.org/10.1126/science.1111772).
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)**: Version 4.3. 2013. Disponível em: [www.cices.eu](http://www.cices.eu). Acesso em: 5 out. 2020.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.
- MUNSELL, A. H. **Munsell soil color charts**. Grand Rapids, MI, 2009.
- PEH, K. S.-H.; BALMFORD, A.; BRADBURY, R. B.; BROWN, C.; BUTCHART, S. H. M.; HUGHES, F. M. R.; STATTERSFIELD, A.; THOMAS, D. H. L.; WALPOLE, M.; BAYLISS, J.; GOWING, D.; JONES, J. P. G.; LEWIS, S. L.; MULLIGAN, M.; PANDEYA, B.; STRATFORD, C.; THOMPSON, J. R.; TURNER, K.; VIRA, B.; WILLCOCK, S.; BIRCH, J. C. TESSA: a toolkit for rapid assessment of ecosystem services at sites of biodiversity conservation importance. **Ecosystem Services**, v. 5, p. 51-57, Sept. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.06.003>.
- POLASKY, S.; NELSON, E.; CAMM, J.; CSUTI, B.; FACKLER, P.; LONSDORF, E.; MONTGOMERY, C.; WHITE, D.; ARTHUR, J.; GARBER-YONTS, B.; HAIGHT, R.; KAGAN, J.; STARFIELD, A.; TOBALSKE, C. Where to put things? Spatial land management to sustain biodiversity and economic

returns. **Biological Conservation**, v. 141, n. 6, p. 1505-1524, Jun. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.03.022>.

ROCHA JUNIOR, P. R. da. **Indicadores de qualidade do solo e determinação de níveis de degradação de pastagens**. 133 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/1212/1/Dissertacao.Paulo%20Roberto%20da%20Rocha%20Junior.texto%20completo.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.

SALLIOU, N.; BARNAUD, C. Landscape and biodiversity as new resources for agro-ecology? Insights from farmers' perspectives. **Ecology and Society**, v. 22, n. 2, 16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-09249-220216>.

SHEPHERD, T. G. **Visual soil assessment: field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country**. Palmeston North: horizons.mv & Landcare Research, 2000. v. 1. Disponível em: [https://orgprints.org/30582/1/VSA\\_Volume1\\_small.er.pdf](https://orgprints.org/30582/1/VSA_Volume1_small.er.pdf). Acesso em: 5 out. 2020.

SILVEIRA, F. M. **Perda de solo, água e nutrientes com aplicação de dejetos líquidos**

**bovino em latossolo franco argiloso arenoso sob plantio direto e chuva natural**. Dissertação (Mestrado). 89 f. Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SOIL QUALITY INSTITUTE (Estados Unidos). **Guidelines for soil quality assessment in conservation planning**. Washington, DC, 2001. Disponível em: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051259.p df](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051259.p df). Acesso em: 5 out. 2020.

TSCHARNITKE, T.; KARP, D. S.; CHAPLIN-KRAMER, R.; BATÁRY, P.; DECLERCK, F.; GRATTON, C.; HUNT, L.; IVES, A. R.; JONSSON, M.; LARSEN, A.; MARTIN, E.; MARTÍNEZ-SALINAS, A.; MEEHAN, T.; O'ROURKE, M.; POVEDA, K.; ROSENHEIM, J. A.; RUSCH, A.; SCHELLHORN, N.; WANGER, T.; WRATTEN, S.; ZHANG, W. When natural habitat fails to enhance biological control - five hypotheses. **Biological Conservation**, v. 204, pt. B, p. 449-458, Dec. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001>.

WUNDER, S. **Payments for environmental services: some nuts and bolts**. Bogor: Cifor, 2005. (Cifor occasional paper, n. 42). Disponível em: [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-42.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf). Acesso em: 5 out. 2020.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**  
Rua Jardim Botânico, nº 1.024,  
Jardim Botânico  
CEP: 22460-000, Rio de Janeiro, RJ  
Fone: + 55 (21) 2179-4500  
Fax: + 55 (21) 2179-5291  
[www.embrapa.br/solos](http://www.embrapa.br/solos)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

1ª edição  
on-line (2020)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Solos

Presidente:  
*Daniel Vidal Perez*

Secretário-Executivo:  
*Marcos Antônio Nakayama*

Membros:  
*Bernadete da Conceição Carvalho Gomes*  
*Pedreira, Evaldo de Paiva Lima, José*  
*Francisco Lumbreiras, Joyce Maria*  
*Guimarães Monteiro, Lucia Raquel Queiroz*  
*Pereira da Luz, Maurício Rizzato Coelho,*  
*Ricardo de Oliveira Dart, Wenceslau*  
*Geraldes Teixeira*

Supervisão editorial:  
*Marcos Antônio Nakayama*

Revisão de texto:  
*Marcos Antônio Nakayama*

Normalização bibliográfica:  
*Luciana Sampaio de Araujo (CRB 7/5165)*

Editoração eletrônica:  
*Alexandre Abrantes Cotta de Mello*

Foto da capa:  
*Amaury de Carvalho Filho*