



## 16358 A Agroecologia e os Desserviços Ecosistêmicos da agricultura

*Agroecology and the ecosystem disservices from agriculture*

BUQUERA, Rodrigo Brezolin<sup>1</sup>; FRANCO, Fernando Silveira<sup>1</sup> CORREA, Carina Julia Pensa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos - Campus Araras, SP, rodrigobbuquera@gmail.com; fernandosf@ufscar.br; carinapensa@gmail.com.

**Resumo:** O conceito de Serviços Ecosistêmicos (SE) é utilizado para avaliar os diversos bens e serviços providos pelos ecossistemas. Os agroecossistemas são ecossistemas modificados para que haja uma maior provisão de determinados SE, tais como alimentos, fibras e combustíveis, Mas para isso ocorra, eles necessitam de outros SE que supram as necessidades das culturas mantendo a capacidade produtiva. Os impactos gerados pela agricultura nos ecossistemas são chamados de Desserviços Ecosistêmicos (DSE). Este trabalho consiste em uma reflexão teórica sobre o papel da Agroecologia na construção de uma agricultura mais sustentável, partindo de uma análise de SE. Dessa forma, busca-se avaliar como os DSE e os *trade-offs* afetam a agricultura, e como a Agroecologia, através da promoção da complexidade e dos sinergismos entre seus elementos, pode auxiliar na construção de uma agricultura mais sustentável.

**Palavras-chave:** agroecossistemas, serviços ecosistêmicos, *trade-offs* e sinergismo.

**Abstract:** The concept of Ecosystem Services (ES) is used to evaluate different goods and services provided by ecosystems. Agroecosystems ecosystems are modified so that there is greater provision of certain ES, such as food, fiber and fuel, but for this happens, they need other ES that meet crop needs while maintaining the productive capacity. The impacts of agriculture on ecosystems are called Ecosystem Disservice (ESD). This work consists of a theoretical reflection on the role of Agroecology in the construction of a more sustainable agriculture, based on an analysis of ES. Thus, we seek to evaluate how the ESD and the trade-offs that affect agriculture and how Agroecology, by promoting the complexity and synergism between its components can assist in the construction of a more sustainable agriculture.

**Keywords:** agroecosystems, ecosystem services, trade-offs and synergism.

### Introdução

O conceito de ecossistemas é crucial para o entendimento da vida na terra. Os ecossistemas podem ser considerados um complexo dinâmico de plantas, animais, microrganismos e suas interações com o meio ambiente, como uma unidade funcional. O ser humano interage constantemente com os ecossistemas e retira deles diversos bens e serviços, chamados “Serviços Ecosistêmicos” (SE) (MEA, 2003).



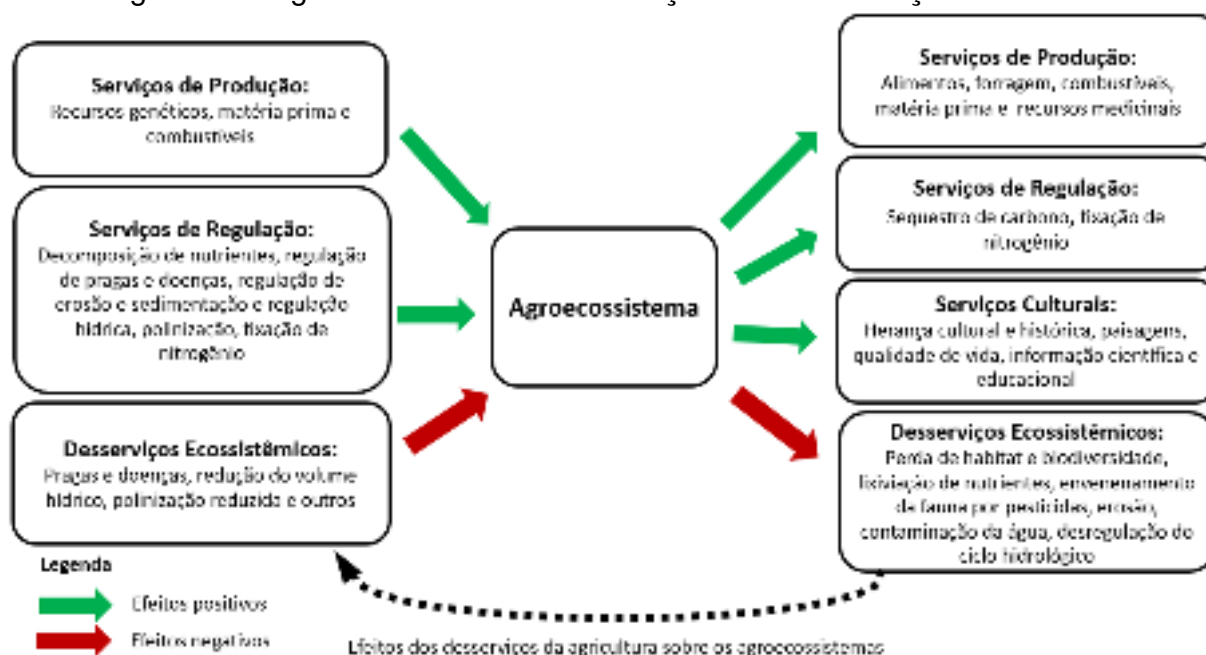
A abordagem dos SE busca analisar os múltiplos benefícios providos pelos ecossistemas, motivada principalmente pela subestimação destes benefícios na utilização dos mesmos (HEIN et al, 2006). Fisher, Turner e Morling (2009) definem SE como “os aspectos dos ecossistemas utilizados (ativa ou passivamente) para produção do bem estar humano”, sendo estes serviços base para a avaliação dos ecossistemas (HEIN et al, 2006). Os SE prestados por um ecossistema são diversos, incluindo a produção de bens, como alimento, combustíveis e matéria prima; serviços, como regulação hídrica e climática, ou até mesmo serviços culturais, como provisão de herança cultural, histórica e religiosa (HEIN et al, 2006).

Os ecossistemas agrícolas, ou agroecossistemas, tanto provêm como dependem de SE. Os agroecossistemas são modificados para que haja uma maior provisão de determinados SE, tais como alimentos, fibras e combustíveis. Mas, para isso ocorra, eles necessitam de uma variedade de outros serviços capazes de suprir as necessidades das culturas (ZHANG et al, 2007). A intervenção humana nos agroecossistemas para produzir determinados serviços acarreta em passivos para o resto do ecossistema, e comumente estes impactos afetam os bens e serviços que consideramos gratuitos e abundantes (SWIFT et al, 2004).

Contudo, nem todas as práticas agrícolas afetam os SE negativamente. Algumas práticas, que buscam aumentar a produtividade, acarretam numa redução de outros SE providos (*trade-offs*). Entretanto, outras podem manter ou até mesmo aumentar a oferta de determinados SE, através de efeitos sinérgicos (PALM et al, 2014). Segundo Sandhu, Crossman e Smith (2012), apesar do crescente interesse nos SE providos pelos agroecossistemas, ainda não há entendimento dos impactos e da dependência dos SE relacionados à agricultura.

A agricultura e os serviços ecossistêmicos relacionam-se de pelo menos três maneiras: (1) agroecossistemas geram Serviços benéficos; (2) agroecossistemas são beneficiados por SE; e (3) os SE do próprio agroecossistemas e de outros ecossistemas podem ser impactados negativamente pelas práticas agrícolas (DALE e POLASKY, 2007), estes impactos são chamados de Desserviços Ecossistêmicos (DSE) da agricultura; (ZHANG et al, 2007). A Figura 1 expõe a relação entre os SE e DSE agrícolas:

Figura 1: O agroecossistema e sua relação com os Serviços Ecossistêmicos.



Fonte: Adaptado de (ZHANG et al, 2007).

### *Serviços gerados pelos agroecossistemas*

A provisão de alimentos é o serviço de maior importância prestado pela agricultura (PALM et al, 2014). No entanto, os agroecossistemas provêm diversos outros SE que trazem benefícios públicos, sequestro de carbono) e privados (controle de erosão, controle de pragas e doenças).

A agricultura contribui fornecendo também diversos serviços culturais. Recentemente, tem sido reconhecido a importância crítica dos serviços culturais providos pela agricultura (BARRENA et al, 2014). As áreas agrícolas possuem valores de herança cultural próprios (SANDHU, CROSSMAN E SMITH, 2012). A “herança agrícola” pode ser entendida como um tipo específico de herança, composta da organização da vida dos agricultores, da produção e das atividades agrícolas. A herança agrícola afeta como os agricultores realizam o manejo de sua propriedade, influenciando sua relação com os outros SE (BARRENA et al, 2014). Segundo Altieri (2012), o conhecimento tradicional é um recurso poderoso para completar o conhecimento científico produzido.

### *Serviços utilizados pelos agroecossistemas*

Os agroecossistemas utilizam-se de diversos Serviços. Contudo, existem SE particularmente importantes para os agroecossistemas, tais como: recursos genéticos, ciclagem de nutrientes, regulação de pragas e doenças, regulação de



erosão e sedimentação e regulação hídrica, polinização e fixação de nitrogênio (SWIFT et al, 2004; ZHANG et al, 2007).

### *Desserviços dos agroecossistemas*

Com o intuito de reduzir os riscos associados à dependência dos SE, os agroecossistemas são manejados através da substituição e suplementação de muitos SE, pela intervenção humana e/ou pela utilização de petroquímicos e outros insumos, comumente utilizados na agricultura de larga escala. Essa substituição traz o risco de prejudicar as funções do próprio ecossistema, e dessa forma, um risco é substituído por outro (SWIFT et al, 2004). O manejo dos ecossistemas visando o aumento da provisão de um determinado serviço frequentemente leva a redução da provisão de outros SE (BENAYAS e BULLOCK, 2012). Como exposto na Figura 1, os agroecossistemas são afetados por DSE vindos dos ecossistemas naturais, como também por DSE gerados pelos próprios agroecossistemas.

### **Metodologia**

A presente reflexão foi desenvolvida a partir da análise de trabalhos que relacionam a abordagem dos SE com o estudo dos sistemas agrícolas. Objetiva-se focar, principalmente nas questões relacionadas a provisão de SE, os DSE e os *trade-offs* existentes nos sistemas agrícolas convencionais e em sistemas que buscam a sustentabilidade (agricultura orgânica, natural, biodinâmica e outras). Ainda, busca-se relacionar os conceitos dos SE aos objetivos e práticas da Agroecologia, visto que dentro do contexto da Agroecologia, o conceito de SE ainda é pouco explorado.

### **Resultados e discussões**

Os principais problemas relacionados aos SE agrícolas estão relacionados ao *trade-off* entre os Serviços de Produção e os Serviços de Regulação (POWER, 2010). Um exemplo dessa relação de *trade-off* com externalidades pode ser visto na seguinte situação: agricultores se beneficiam com o aumento da produção ao utilizar grandes quantidades de fertilizantes, no entanto, não pagam o custo ambiental associado à contaminação de águas superficiais e subterrâneas, por exemplo com nitrato (DALE e POLASKY, 2007).

Os Serviços Culturais e a conservação da biodiversidade são frequentemente vistos como *trade-offs* com a produção (POWER, 2010). Essa relação pode ser observada no caso da expansão dos cultivos em monoculturas, os quais reduzem a biodiversidade a um nível mínimo, padronizando os meios de produção (ALTIERI, 2012), e ocasionando a perda da herança agrícola das regiões.





O ganho de produtividade e previsibilidade da produção agrícola em detrimento das paisagens naturais e a perda de seus SE é uma fonte de conflito. Há um entendimento que os *trade-off* influenciam a capacidade dos ecossistemas de regular os SE. No entanto, não está claro como os *trade-off* agem em resposta à perda de complexidade trazida pela agricultura (LATERRA, ORÚE e BOOMAN, 2012).

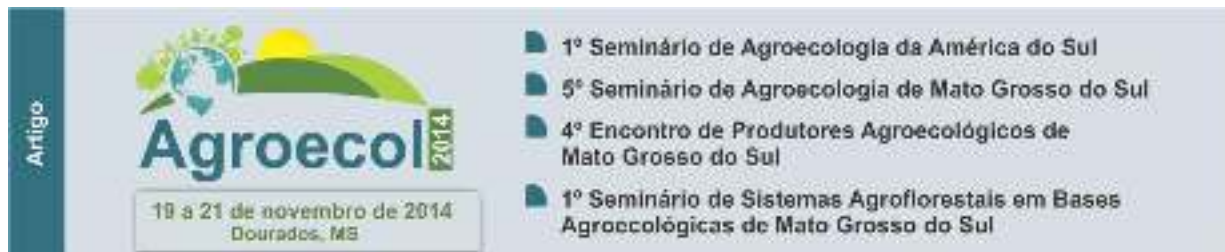
### *Os Desserviços Ecológicos e seus trade-offs*

Os DSE gerados pela agricultura acarretam em custos significativos para os seres humanos. Porém, é comum uma incompatibilidade entre os benefícios e os custos, normalmente transmitidos para a sociedade, em diversas escalas, desde comunidades impactadas pelos agrotóxicos na água para consumo até aos efeitos do aquecimento global (POWER, 2010).

As práticas de manejo utilizadas podem gerar diversos DSE, incluindo a perda de habitats, escoamento e lixiviação de nutrientes, sedimentação dos cursos d'água, entre outros (VIGLIZZO et al 2012). O processo de intensificação da agricultura com o objetivo de aumentar a produção pode afetar diversos componentes e processos dos ecossistemas, prejudicando ou até mesmo interrompendo a provisão de diversos SE (PALM et al, 2014). O aumento da produção agrícola global acarreta na redução de outros serviços como a regulação climática, controle de erosão, regulação de pragas e polinização (DALE e POLASKY, 2007).

O aumento da agricultura intensiva reduz o suprimento e a qualidade da água em diversas partes do mundo (DALE e POLASKY, 2007; POWER, 2010), principalmente devido à retirada da água para irrigação e a redução da qualidade pela contaminação por nutrientes, sedimentos e agroquímicos vindos dos plantios (DALE e POLASKY, 2007). Além disso, agricultura leva a modificação da estrutura radicular da comunidade vegetal, a produção de resíduos orgânicos, a cobertura do solo e a composição da comunidade de microrganismos do solo; influenciando a infiltração e a retenção de água no solo (POWER, 2010). A macrofauna do solo, principalmente as minhocas, possuem um importante papel na formação do solo, mantendo suas características físicas e químicas. As práticas de preparo intensivo impactam a fauna do solo e prejudicam os SE por eles gerados (SANDHU, WRATTEN e CULLEN, 2010).

O uso de agrotóxicos para o controle pragas e doenças que causam danos imediatos a produção, afeta também organismos não-alvos, acarretando em danos a outros serviços, como a polinização, decomposição da matéria orgânica, fixação biológica de nutrientes e o controle biológico natural (SWIFT et al, 2004). Ironicamente, o uso de agrotóxicos levou a um aumento do surto de pragas e ressurgência, pois a dependência do uso de pesticidas levou algumas espécies a desenvolverem resistência a compostos específicos dos agrotóxicos. Além disso, os



agrotóxicos tornam o processo de controle mais custoso, causam danos à saúde humana, ocasionam perda da biodiversidade e contaminam os recursos hídricos, prejudicando diversos SE (POWER, 2010; ZHANG et al, 2007).

A matéria orgânica do solo é um componente chave nos ecossistemas, mediando diversos SE, como o armazenamento e liberação de nutrientes, a retenção de água, a estrutura do solo e a resistência à erosão. A redução de matéria orgânica, devido à conversão dos ecossistemas naturais para agroecossistemas, normalmente é compensada pelos agricultores com a aplicação de nutrientes mineralizados provenientes de fertilizantes químicos. Este *trade-off* entre o aumento da produção pela “mineração” da matéria orgânica em contrapartida com os impactos negativos nos outros SE e na própria resiliência do sistema é um fator chave no manejo dos agroecossistemas (SWIFT et al, 2004).

A mudança no uso da terra gera uma alteração no balanço da emissão de gases, influenciando a regulação climática global (SWIFT et al, 2004). A agricultura contribui para o aumento das emissões de diversas maneiras, emitindo gases como: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, amônia e óxidos nítricos (POWER, 2010). O desflorestamento para implantação da agricultura reduz a matéria orgânica armazenada solo, liberando grandes quantidades de CO<sub>2</sub> na atmosfera. (POWER, 2010; SWIFT et al, 2004).

Segundo Viglizzo et al, (2012), os *trade-offs* entre os SE aumentam em escalas menores e diminuem em escalas maiores. As escalas menores, como no caso de agroecossistemas, normalmente estão associadas a paisagens mais homogêneas. Já escalas maiores, como na somatória de diversos agroecossistemas associados a ecossistemas naturais subjacentes, estão associadas a complexidade e heterogeneidade. Os SE tendem a ser complementares à medida que a complexidade da paisagem aumenta (VIGLIZZO et al 2012).

Os *trade-offs* entre os SE enfraquecem a sustentabilidade dos agroecossistemas (PALM et al, 2014). A priorização de determinados SE, normalmente os Serviços de Produção, acarretam em perdas, principalmente nos Serviços de Regulação (POWER, 2010). Esse panorama leva a DSE, além de tornar os agroecossistemas mais dependentes de insumos externos, aumentando os custos de produção e enfraquecendo sua sustentabilidade.

### *A Agroecologia e os sinergismos*

Contrapondo-se ao modelo agrícola vigente, surge a Agroecologia, buscando estabelecer um novo caminho para a construção de agriculturas mais sustentáveis (CAPORAL e AZEVEDO, 2011). Segundo Francis et al, (2003), a Agroecologia enfoca na estrutura e nos processos de cada nível relevante dos agroecossistemas, possibilitando uma melhor análise da sustentabilidade ou dos potenciais impactos ambientais negativos das práticas e sistemas agrícolas atuais



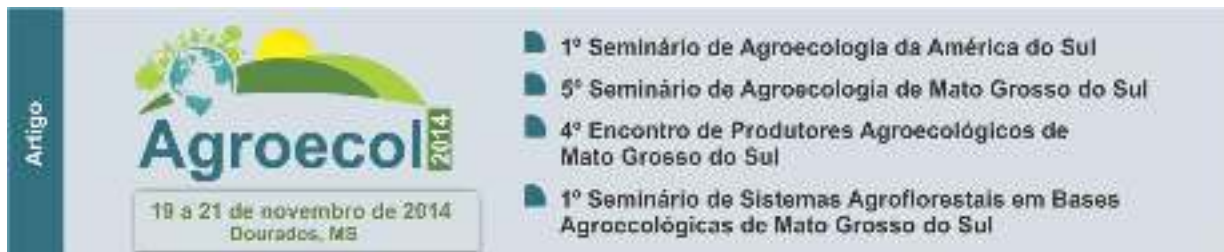
Sob uma perspectiva de manejo, a Agroecologia busca proporcionar ambientes equilibrados, com rendimentos sustentáveis, a obtenção de fertilidade do solo através de processos biológicos, a regulação natural de pragas pela alteração no desenho dos agroecossistemas e a utilização de tecnologias de baixo insumo. Tal alternativa busca estabelecer sistemas de produção que mimetizem a natureza, e traz um melhor uso dos recursos naturais. A agroecologia utiliza as complementariedades e os sinergismos resultantes das combinações entre os elementos do sistema (ALTIERI, 2012).

As práticas agroecológicas fundamentam-se no conjunto de técnicas e conhecimentos desenvolvidos, ao longo do tempo, a partir dos agricultores e seus processos de experimentação, sendo estes baseados em grande parte nos conhecimentos das culturas tradicionais. Dentre as práticas agroecológicas, as mais eficientes são aquelas de natureza preventiva, que atuam restaurando a imunidade e a resiliência dos agroecossistemas. Estas técnicas buscam: aumentar as espécies de plantas e a diversidade genética, melhorar a biodiversidade funcional, incrementar matéria orgânica no solo, aumentar a cobertura do solo e eliminar os agrotóxicos e seus resíduos (ALTIERI, 2012). Essas práticas condizem ao que Power (2010) chama de “manejo adequado”, que pode reduzir os DSE gerados pela agricultura, enquanto mantém a provisão de SE.

O manejo agroecológico busca diretamente ou indiretamente aumentar a biodiversidade presente nos agroecossistemas, seja diversidade vegetal, animal ou microbiana, favorecendo diversos SE. Conforme aponta Altieri (2012) e Gliessman (2009), o enfoque tecnológico das práticas agroecológicas está enraizado na diversidade, em suas interações e sinergismos.

Estas práticas agrícolas favorecem os Serviços de Regulação, buscando manter ou aumentar/diversificar os Serviços de produção, podendo ou não modificar os Serviços Culturais. Diferentemente das práticas convencionais, que buscam um aumento de alguns SE de produção específicos, tais como alimentos, combustíveis e matéria prima. Esse Serviços possuem um valor de uso direto, em detrimento (*trade-off*) dos SE de regulação e culturais, conforme apontado por Power (2010) e Zhang et al (2007).

Em relação aos Serviços Culturais, a Agroecologia apresenta vantagens em relação aos sistemas convencionais, visto que ela fundamenta-se em nos conhecimentos vindos dos processos de experimentação dos agricultores (ALTIERI, 2012). De acordo com Niggli, Earley e Ogorzalek (2007), o conhecimento tradicional, que foi negligenciado pelas práticas de intensificação agrícola, possui grande importância para o manejo de agroecossistemas complexos, reduzindo a necessidade de insumos externos.



## Conclusões

- O modelo agrícola vigente, intensivo, com alta utilização de insumos e com baixa complexidade, acarreta em diversos DSE levando a *trade-offs* que prejudicam a provisão de SE.
- Buscando compensar a reduzida provisão de SE necessários para a agricultura, são necessárias grandes quantidades de insumos externos.
- As práticas agroecológicas buscam aumentar sinergismos entre os SE, reduzindo os *trade-offs*, buscando um aumento na provisão de SE.
- A Agroecologia, por embasar-se em conhecimentos tradicionais, valoriza os Serviços Culturais, diferentemente do sistema agrícola vigente, que os trata como *trade-offs* com a produção.

## Referências bibliográficas

ALTIEIRI, M. A.; NICHOLLS, C. I. *In*: ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3ª Ed. Expressão Popular, AS-PTA. São Paulo, Rio de Janeiro, 2012, 400p.

BARRENA, J.; NAHUELHUAL, L.; BÁEZ, A.; SCHIAPPACASSE, I.; CERDA, C. Valuing cultural ecosystem services: Agricultural heritage in Chiloé island, southern Chile. **Ecosystem Services**, 7 66–75, 2014.

BENAYAS, J. M. R.; BULLOCK, J. M. Restoration of Biodiversity and Ecosystem Services on Agricultural Land. **Ecosystems**, 15: 883–899, 2012.

CAPORAL, F. R.; AZEVEDO, E. O. (Org.). **Princípios e perspectivas da agroecologia**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, 2011.

DALE, V. H.; POLASKY, S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. **Ecological Economics**, 64, 286–296, 2007.

FISHER B., TURNER R. K., MORLING P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics** 68, 643–653, 2009.

FRANCIS C.; LIEBLEIN G.; GLIESSMAN S.; BRELAND T. A.; CREAMER N.; HARWOOD R.; SALOMONSSON L.; HELENIUS J.; RICKERL D.; SALVADOR R.; WIEDENHOEFT M.; SIMMONS S.; ALLEN P.; ALTIERI M.; FLORA C.; POINCELOT





R. Agroecology: The Ecology of Food Systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, 22:3, 99-118, 2003

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: Processos ecológicos em agricultura sustentável. 4° Ed., Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre/ RS, 2009. 658p.

HEIN L., KOPPEN K. V., DE GROOT R. S., IERLAND E. C. V. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. **Ecological Economics**, 57, 209–228, 2006.

LATERRA P.; ORÚE, M. E.; BOOMAN G. C. Spatial complexity and ecosystem services in rural landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 154 56–67, 2012.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and Human Well-being**: A Framework for Assessment. Island Press, Washington, DC, 2003.

NIGGLI, U.; EARLEY, J.; OGORZALEK, K. Issues paper: organic agriculture and environmental stability of the food supply. **OFS/3**, 2007.

PALM C., BLANCO-CANQUI H., DECLERCK F., GATEREA L., GRACE P. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 187 87–105, 2014.

POWER A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365, 2959–2971, 2010.

SANDHU H. S.; CROSSMAN N. D.; SMITH F. P. Ecosystem services and Australian agricultural enterprise. **Ecological Economics**, 74, 19–26, 2012.

SANDHU H. S.; WRATTEN S. D.; CULLEN R. The role of supporting ecosystem services in conventional and organic arable farmland. **Ecological Complexity**, 7 302–310, 2010.

SWIFT M. J.; IZAC A. M. N.; NOORDWIJK M. V. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 104 113–134, 2004.

VIGLIZZO E. F.; PARUELO J. M.; LATERRA P.; JOBBÁGY E. G. Ecosystem service evaluation to support land-use policy. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 154 78– 84, 2012.

ZHANG W., RICKETTS T. H., KREMEN C., CARNEY K., SWINTON S. M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecological Economics**, 64, 253–260, 2007.