

# ÁGUA E SANEAMENTO

## CONTRIBUIÇÕES DA EMBRAPA

Maria Sonia Lopes da Silva  
Alexandre Matthiensen  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Jorge Enoch Furquim Werneck Lima  
Cláudio José Reis de Carvalho

Editores Técnicos



## Capítulo 6

# Conservação de ecossistemas e provisão de água

Rachel Bardy Prado

Joyce Maria Monteiro

Luciano Cordoval de Barros

Lucília Maria Parron

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva

Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro

Ricardo de Oliveira Figueiredo

## Introdução

Neste capítulo é apresentado um panorama das pressões antrópicas sobre os recursos hídricos e seus ecossistemas, algumas estratégias de conservação desses recursos para a produção de água, bem como um retrato das ações da Embrapa com potencial para contribuir no alcance da meta 6.6 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6): proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos até 2020.

As soluções tecnológicas que a pesquisa da Embrapa tem gerado estão relacionadas à redução dos processos erosivos e de sedimentação dos corpos hídricos; ao planejamento, monitoramento e valoração de serviços ecossistêmicos, com destaque para os hídricos; às práticas conservacionistas com reflexos na manutenção da quantidade e qualidade da água, entre outros.

Este capítulo mostra para a sociedade esses resultados de pesquisas, que muito têm contribuído para a melhoria da qualidade de vida do homem no campo, assim como constituem veículo para atrair novos parceiros que possam fortalecer essas ações.

## Escassez hídrica e pressões sobre os serviços ecossistêmicos hidrológicos

Embora possua grandes reservas de água doce, incluindo parte majoritária do maior aquífero do mundo – Aquífero Guarani (70,0%) –, o Brasil está sujeito à distribuição da água de forma não homogênea, tanto no espaço (região Norte

68,5%, região Centro-Oeste 15,7%, região Sul 6,5%, região Sudeste 6,0% e região Nordeste 3,3%) quanto no tempo (algumas regiões têm seu regime de chuvas concentrado em poucos meses, seguidos de longo período de estiagem e rios intermitentes). Também a concentração da população e a demanda hídrica são diferenciadas. A distribuição de renda, a gestão hídrica, o montante de investimentos em infraestrutura e recursos humanos e outros aspectos socioeconômicos podem também influenciar na disponibilidade dos recursos hídricos. Essas diferenças naturais e sociais são em parte responsáveis pela situação de escassez hídrica em algumas regiões do País (Prado et al., 2017).

Os serviços ecossistêmicos hidrológicos são definidos como os benefícios oferecidos pelos ecossistemas de água doce e terrestres, que incluem o abastecimento de água doce, a regulação da qualidade da água, a mitigação das cheias, o controle da erosão e os serviços culturais relacionados à água (Brauman et al., 2007; Terrado et al., 2009).

As principais pressões de origem antrópica 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 nos recursos naturais e clima (Sala et al., 2000). No Brasil, as perdas de ambientes naturais seriam de 15% a 18% no bioma Amazônia, de 50% nos biomas Cerrado, Pampas e Caatinga e de 88% na Mata Atlântica (Relatório..., 2012). Destacam-se ainda o desmatamento de Áreas de Preservação Permanente (APPs), a construção inadequada de estradas, o manejo das terras sem os cuidados conservacionistas que se revertem em pressões sobre os recursos hídricos (Sparovek et al., 2010; Soares-Filho et al., 2014). Como consequência, as perdas de solos anuais no Brasil são da ordem de 500 milhões de toneladas pela erosão, ocasionando a perda média da capacidade de armazenamento dos reservatórios bastante elevada, da ordem de 0,5% ao ano, o que tem contribuído para que muitos rios cheguem ao mar com uma vazão muito reduzida, em razão do assoreamento, como é o caso dos rios Paraíba do Sul e do São Francisco, essenciais para o abastecimento de água de grande parte da população brasileira (Prado et al., 2017).

As fontes de poluentes também são uma ameaça aos recursos hídricos, na forma de esgotos domésticos e industriais (pontuais) e dos resíduos provindos da agropecuária (difusas). Como resultado, ocorrem a contaminação e diminuição da biodiversidade aquática, levando a impactos negativos à saúde e abastecimento de água humano. As pressões antrópicas e das mudanças climáticas nos recursos hídricos podem ser transfronteiriças, podendo haver até mesmo influência de um

bioma em outro, como mostra o estudo recente de Bergier et al. (2018) em relação à influência da Amazônia no controle de chuvas no Pantanal.

## Estratégias de conservação dos ecossistemas para a produção de água

As florestas tropicais possuem ambientes ricos em recursos naturais e estão sob a influência de uma gama de fatores biofísicos, que contribuem para a provisão de diversos serviços ecossistêmicos. É possível que as florestas sejam os ambientes que mais proporcionam benefícios à humanidade, pois esses benefícios são também sistêmicos, havendo sinergias entre eles (Locatelli et al., 2014). Protegendo as florestas, a proteção dos serviços ecossistêmicos é assegurada (Arriagada; Perriings, 2009).

Apesar das pressões decorrentes do uso e cobertura da terra pela agricultura e pecuária, sobre os serviços ecossistêmicos (Ferreira et al., 2014; Lapola et al., 2014) (Figura 1), o Brasil tem se destacado em medidas, políticas e legislação ambientais para a conservação dos ecossistemas. Como exemplo de leis e políticas, pode ser destacada a lei de proteção da vegetação nativa (Brasil, 2012), que estabelece a preservação de áreas permanentes como as matas ciliares e uma área de reserva legal nas propriedades rurais. Também o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc) (Brasil, 2000) estabelece um conjunto de unidades de conservação (UC) federais, estaduais e municipais, cobrindo cerca de 20% do território nacional (Hassler, 2005).

O ICMS Ecológico é um exemplo de mecanismo financeiro de incentivo à conservação no nível municipal. Consiste em um mecanismo tributário que possibilita aos municípios o acesso a parcelas – maiores que aquelas a que já têm direito – dos recursos financeiros arrecadados pelos estados, por meio do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), em razão do atendimento de determinados critérios ambientais estabelecidos em leis estaduais (Novion; Vale, 2009; Mattos; Hercowitz, 2011). Ressaltam-se também alguns métodos de extração madeira, da pesca, de fibras e de frutos de forma sustentável nos diferentes biomas brasileiros, com destaque para a Amazônia (Becker, 2006; Gariglio et al., 2010), agregando valor à produção de pequenos produtores rurais. Com relação aos recursos hídricos, a [Lei nº 9.433, de 1997](#), estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), prevendo diversos instrumentos de gestão integrada e participativa no âmbito de comitês de bacias hidrográficas.



**Figura 1.** Dinâmica do uso da terra sobre os serviços ecossistêmicos.

Embora a conservação do solo não tenha sido considerada uma prioridade nas agendas governamentais no passado (Guerra et al., 2014), foram desenvolvidos pela Embrapa muitos sistemas de produção agrícola, focados na conservação dos solos, os quais estão atualmente em uso no Brasil, tais como o Sistema Plantio Direto (SPD), Sistema Integrado de Lavoura-Pecuária (ILP) e de Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Machado; Silva, 2001).

Em razão do compromisso voluntário em 2009, assumido pelo Brasil durante a *15ª Conferência das Partes (COP-15)*, de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) pela agropecuária, projetada para 2020, foi estabelecida a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (Brasil, 2009), que, por sua vez, gerou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação de uma Economia e Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC). Na agricultura familiar, novos sistemas integrados com base ecológica têm sido adotados, tais como a agricultura orgânica, a agroecologia e os sistemas agroflorestais (Martinelli et al., 2010; Porro; Miccolis, 2011), os quais permitem maior sustentabilidade da paisagem rural, agregação de renda ao pequeno produtor rural, manutenção dos serviços ecossistêmicos, além de maior segurança alimentar. Conseqüentemente, o uso conservacionista do solo e da água induz a utilização

adequada de fertilizantes e a redução da utilização de pesticidas, além de ações conservacionistas para redução dos processos erosivos e assoreamentos dos corpos hídricos. No entanto, há muitos desafios para que as políticas e leis sejam efetivas e que a escala de atuação de programas e projetos conservacionistas seja ampliada, contemplando as grandes extensões do Brasil, um país continental, e tornando realidade o uso sustentável dos recursos naturais (Sparovek et al., 2010; Grisa; Schneider, 2015).

## Soluções tecnológicas e impactos potenciais

Como missão, a Embrapa busca contribuir, a partir dos resultados de suas pesquisas, com o desenvolvimento da agricultura, mas também assegurar a sustentabilidade do meio ambiente. Dessa forma, as tecnologias e soluções da Embrapa voltadas à conservação de ecossistemas e produção das águas são muitas, sendo geradas, validadas, disseminadas e adotadas por diferentes setores da sociedade. Algumas delas são apresentadas na sequência, mas longe de esgotar o rol de soluções tecnológicas voltadas ao tema deste capítulo.

### *Barraginha*

A Barraginha é uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo com o objetivo de captar a água das chuvas, eliminando as enxurradas e proporcionando infiltração gradativa dessa água em toda a propriedade rural, o que contribui para amenizar os efeitos negativos da estiagem e viabiliza o [plantio das culturas](#). Trata-se de uma pequena bacia escavada (Figura 2) que enche e esvazia várias vezes ao longo da estação chuvosa. Geralmente mede 16 m de diâmetro, podendo variar de acordo com o tipo de solo (Barros; Ribeiro, 2009). Várias barraginhas devem ser abertas em vários locais da propriedade, onde ocorrem enxurradas significativas, nas pastagens e lavouras. O conjunto de barraginhas provoca a elevação do lençol freático, aumentando a disponibilidade de água, que pode ser percebida pela elevação do nível de água nas cisternas tipo cacimbão (Figura 3), pelo umedecimento das baixadas, proporcionando o surgimento de [minadouros](#) e a revitalização de córregos e rios.

### *Biomonitoramento em sistemas aquáticos*

A Embrapa Meio Ambiente vem trabalhando nos últimos 14 anos o biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos em ecossistemas naturais (rios e



Foto: Luciano Cordoval de Barros

Foto: Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro

**Figura 2.** Barraginhas escavadas (A) e barraginha com plantio de culturas (B).



Foto: Luciano Cordoval de Barros

**Figura 3.** Elevação do nível de água nas cisternas tipo cacimbão.

lagos) (Silveira et al., 2005) e sistemas de produção aquícola (tanques-rede em reservatórios e viveiros escavados) (Silva et al., 2016). Os macroinvertebrados bentônicos são organismos aquáticos que vivem associados/habitam no fundo de rios e lagos, isto é, que habitam o fundo de rios e lagos aderidos a pedras, cascalhos e folhas, ou enterrados na lama ou areia (Queiroz et al., 2008). São organismos sensíveis à poluição ou degradação dos ecossistemas aquáticos (Figura 4), por isso

são capazes de refletir de maneira integrada os impactos ocorridos na água e no ambiente de entorno, por um prazo maior do que as variáveis físicas e químicas medidas rotineiramente. Dentre os compartimentos do ecossistema aquático, os sedimentos de lagos e viveiros de criação de peixes são frequentemente os que mais acumulam matéria orgânica e outros poluentes, e o último repositório (local) de contaminantes antropogênicos (ação humana) (Batley; Maher, 2001). É importante que sejam estabelecidas parcerias com os produtores aquícolas para a difusão do método e para que eles possam – ainda que de maneira superficial – fazer o diagnóstico da qualidade de sua água a um menor custo. Uma ferramenta bastante utilizada em ecossistemas naturais e que está sendo testada na piscicultura de viveiros escavados é o biomonitoramento com coletores com substrato artificial, cuja metodologia de confecção e aplicação é detalhada em Silva et al. (2012). Na aquicultura, uma água de boa qualidade significa um produto final saudável, além de minimizar os impactos na água fora dos empreendimentos. Os desafios encontrados são principalmente conhecer a fauna bentônica colonizadora dos corpos hídricos associados ao sistema aquícola, e identificar quais as alterações esperadas na estrutura dessa comunidade aquática em caso de implantação da atividade.



Foto: Mariana Silveira Guerra Moura e Silva

**Figura 4.** Ecossistemas aquáticos.

## *Monitoramento do solo e da água em sistemas de produção conservacionistas*

A Embrapa, de forma participativa com técnicos e agricultores, tem efetuado pesquisas sobre o monitoramento de parâmetros de qualidade da água, clima, solos e o estoque de carbono em áreas de referência e em sistemas agropecuários, com a adoção de práticas conservacionistas do solo e da água no estado do Rio de Janeiro, RJ. Pesquisas estas que estão permitindo a identificação de um conjunto de indicadores ambientais capazes de avaliar e monitorar os impactos desses sistemas nos solos e nos recursos hídricos de microbacias, por meio da correlação entre o uso e a cobertura da terra e os sistemas de produção agropecuários. As informações geradas poderão subsidiar o planejamento agroambiental e a formulação de políticas públicas, bem como gerar informações para os programas de compensação por serviços ambientais (Monteiro et al., 2017).

## *Ferramentas para avaliação e valoração de serviços ecossistêmicos hídricos*

A identificação e a mensuração dos serviços ecossistêmicos (SEs) e desserviços ecossistêmicos (DEs) permitem traduzir os benefícios e prejuízos ao bem-estar para a métrica monetária (Zhang et al., 2007; Costanza et al., 2014). Isso é possível porque os SEs têm valor positivo para a sociedade, e os DEs representam uma perda (custo negativo) e, portanto, ambos são passíveis de valoração. Todavia, nem sempre é possível apresentar o resultado da valoração na métrica monetária. Por isso, a identificação ou mensuração biofísica dos SEs e DEs são um avanço em termos de informação disponível para a tomada de decisão. A Embrapa Florestas e a Universidade Federal do Paraná (UFPR) desenvolveram duas ferramentas, uma para avaliar SEs em sistemas produtivos e outra para valoração na métrica monetária. A primeira utiliza gráficos do tipo radar. Para isso, é necessário ter previamente uma base de dados contendo os valores de SEs na mesma unidade de área e/ou tempo. Cada sistema é representado num gráfico em que os indicadores dos SEs são comparados entre si. Para que isso ocorra, os valores para cada eixo são relativos aos valores máximos para cada serviço avaliado. Um eixo completo do gráfico representa a provisão máxima de serviços no sistema, enquanto uma porção menor representa uma redução na provisão de SEs em relação àquele serviço fornecido por outro sistema (Syswerda; Robertson, 2014). Os sistemas em que ocorre maior provisão de SEs associados aos recursos hídricos – como taxa de infiltração da água no solo, perdas de solo, água e nitrato, volume de escoamento

superficial, redução da erosão (que afetam diretamente a qualidade de água e o aumento de vazão hídrica de cursos de água) – são percebidos como sendo mais sustentáveis. A ferramenta de valoração econômica é uma planilha desenvolvida para cálculo do valor de bens não mensuráveis no mercado econômico. O valor é o produto da quantidade de SEs pelo seu respectivo preço. A valoração das perdas de solo, água e nitrato, volume de escoamento superficial, bem como redução da erosão é realizada com base no método custos de reposição (Garcia et al., 2015). O método consiste em estimar os custos econômicos de reposição de nutrientes do solo em áreas produtivas, e o objetivo da valoração é reverter a degradação do solo e seus efeitos nos recursos hídricos. As limitações da ferramenta podem ser os baixos valores dos indicadores avaliados e a obtenção dos preços de mercado dos insumos.

### *Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos*

O manual está disponibilizado, em linguagem acessível, visando

[...] aprofundar conhecimentos, promover a identificação de áreas prioritárias à intervenção, a seleção de indicadores e diretrizes para o monitoramento, e assim contribuindo para um ambiente mais adequado para a aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) hídricos, identificando como e quando utilizá-lo com segurança e garantindo, a efetividade de seu uso. (Fidalgo et al., 2017).

### *Sistema rotacional para a agricultura familiar na Amazônia*

Pesquisas da Embrapa na Amazônia Oriental confirmam o ganho em produtividade e o ganho ambiental quando o sistema tradicional na agricultura familiar com o preparo de área de plantio pela derruba-e-queima da vegetação de pousio (capoeiras/vegetação secundária) é substituído pelo preparo de área por corte-e-trituração da biomassa acima do solo (Davidson et al., 2008; Figueiredo et al., 2013). Nesse sistema rotacional com base no uso da vegetação secundária (capoeira), a permanência das raízes no solo promove a formação de “redes protetoras”, reduzindo a lixiviação de nutrientes, evitando a perda destes e a contaminação dos corpos d’água vizinhos (Sommer et al., 2004).

Avaliações em microbacias apontaram que essa situação é também detectada em nível de paisagem e potencializada pela presença de vegetação ciliar ao longo

dos igarapés (riachos amazônicos) (Figura 5), evitando maior transporte de nutrientes e sedimentos para os cursos de água. Ao comparar uma microbacia com derruba-e-queima com outra com corte-e-trituração, as avaliações hidrológicas concluíram ter esta última microbacia uma menor variação do nível estático entre períodos chuvoso e seco, e, conseqüentemente, uma maior capacidade de recarga subterrânea (Wickel, 2004). Conseqüentemente, as vazões são maiores no igarapé em área triturada comparado ao igarapé em área queimada, já que as vazões são principalmente reguladas pela água subterrânea armazenada. Além disso, observaram-se alterações importantes na composição química das águas fluviais na microbacia com áreas queimadas, ocorrendo entradas significativas de cálcio e magnésio, disponibilizados pelas cinzas, nas águas do igarapé, e alterando assim as características físico-químicas deste ecossistema e o seu funcionamento (Comte et al., 2012, 2013). Diante desses resultados, recomendam-se como ferramentas para uma agricultura sustentável e gestão das bacias na região: a conservação da vegetação ripária, hoje em sua maior parte de vegetação secundária; a substi-



Foto: Ricardo de Oliveira Figueiredo

**Figura 5.** Vegetação ciliar ao longo dos riachos amazônicos.

tuição de práticas como o uso do fogo por técnicas sustentáveis de produção; e cuidados quanto ao uso de agroquímicos (Figueiredo, 2009).

## Considerações finais

Muitas medidas (leis e políticas) têm sido estabelecidas nas últimas décadas pensando na conservação dos ecossistemas, contudo, o ritmo da degradação é elevado e são necessários esforços no intuito de colocar leis e políticas em prática. Vale salientar que é importante aumentar a percepção de todos os setores da sociedade de que os serviços que os ecossistemas prestam ao homem são esgotáveis.

A Embrapa, com sua pesquisa voltada para a sustentabilidade da agricultura, possui papel de extrema relevância nesse cenário, podendo contribuir com suas diversas soluções tecnológicas, para a reversão do quadro de degradação dos serviços ecossistêmicos, com destaque para a água, para um quadro de uma agropecuária mais consciente e sustentável, com ganhos também ambientais e sociais, além dos econômicos. Para tal, é preciso se aliar aos diferentes setores público e privado para avançar ainda mais em soluções de baixo custo e de fácil aplicação.

## Referências

ARRIAGADA, R.; PERRINGS, C. **Making payments for ecosystem services work**. Nairobi: Unep, 2009.

BARROS, L. C. de; RIBEIRO, P. E. de A. **Barraginhas: água de chuva para todos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 49 p. il. (ABC da agricultura familiar, 21). Disponível: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128246/1/ABC-Barraginhas-agua-de-chuva-para-todos-ed01-2009.pdf>>. Acesso: 31 jan. 2018.

BATLEY, G.; MAHER, W. A. The development and application of ANZEEC and ARMCANZ Sediment quality Guidelines. **Australasian Journal of Ecotoxicology**, v. 7, p. 81-92, Jan. 2001.

BECKER, B. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

BERGIER, I.; ASSINE, M. L.; McGLUE, M. M.; ALHO, C. J. R.; SILVA, A.; GUERREIRO, R. L.; CARVALHO, J. C. Amazon rainforest modulation of water security in the Pantanal wetland. **Science of the Total Environment**, v. 619-620, p. 1116-1125, Apr. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.163.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 30 dez. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/lei/12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/12187.htm)>. Acesso em: 5 mar. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário**

**Oficial da União**, 28 maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 5 mar. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 19 jul. 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm)>. Acesso em: 5 mar. 2018.

BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K.; MOONEY, H. A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 67-98, Nov. 2007. DOI: 10.1146/annurev.energy.32.031306.102758.

COMTE, I.; DAVIDSON, R.; LUCOTTE, M.; CARVALHO, C. J. R. de C.; OLIVEIRA, F. de A.; SILVA, B. P. da; ROUSSEAU, G. X. Physicochemical properties of soils in the Brazilian Amazon following fire-free land preparation and slash-and-burn practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 156, p. 108-115, Aug. 2012. DOI: 10.1016/j.agee.2012.05.004.

COMTE, I.; LUCOTTE, M.; DAVIDSON, R.; CARVALHO, C. J. R. de; OLIVEIRA, F. de A.; ROUSSEAU, G. X. Impacts of land uses on mercury retention in long-time cultivated soils, Brazilian Amazon. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 224, n. 4, p. 1515-1529, Apr. 2013. DOI: 10.1007/s11270-013-1515-3.

COSTANZA, R.; GROOT, R. de; SUTTON, P.; PLOEG, S. van der; ANDERSON, S.J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, n. 1, p. 152-158, May 2014. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

DAVIDSON, E. A.; SÁ, T. D. A. de; CARVALHO, C. J. R.; FIGUEIREDO, R. de O.; KATO, M. do S. A.; KATO, O. S.; ISHIDA, F. Y. An integrated greenhouse gas assessment of an alternative to slash-and-burn agriculture in eastern Amazonia. **Global Change Biology**, v. 14, n. 5, p. 998-1007, May 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01542.x.

FERREIRA, L. G.; SOUSA, S. B.; ARANTES, A. E. **Radiografia das pastagens do Brasil**. Goiânia: LAPIG/UFG, 2014.

FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; SCHULER, A. E. **Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos: seleção de áreas e monitoramento**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 80 p. Disponível: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160960/1/Manual-PSA-hidricos-2017.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

FIGUEIREDO, R. de O. Processos hidrológicos e biogeoquímicos em bacias hidrográficas sob usos agrícola e agroflorestal na Amazônia Brasileira. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 477-500.

FIGUEIREDO, R. de O.; BÖRNER, J.; DAVIDSON, E. A. Watershed services payments to smallholders in the Brazilian Amazon: challenges and perspectives. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 2, p. 6-17, 2013. DOI: 10.4136/ambi-agua.1056.

GARCIA, J. R.; REIS, J. C. dos; MOREIRA, J. M. M. A. P.; FERRONATO, C. Considerações teórico-metodológicas sobre o processo de valoração dos recursos naturais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 191-198.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E.; CESTARO, KAGEYAMA, L. A. (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368 p.

GRISA, C.; SCHNEIDER, S. **Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2015. 624 p.

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; ALEXANDRE, S. T. Soil erosion and conservation in Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, p. 81-91, 2014. DOI: 10.11137/2014\_1\_81\_91.

HASSLER, M. L. A importância das Unidades de Conservação no Brasil. **Sociedade e Natureza**, v. 17, n. 33, p. 79-89, dez. 2005.

LAPOLA, D. M.; LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27- 35, 2014. DOI: 10.1038/nclimate2056.

LOCATELLI, B.; IMBACH, P. WUNDER, S. Synergies and trade-offs between ecosystem services in Costa Rica. **Environmental Conservation**, v. 41, n. 1, p. 27-36, Mar. 2014. DOI: 10.1017/S0376892913000234.

MACHADO, P. O. L. A.; SILVA, C. A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 1-2, p. 119-130, Sept. 2001. DOI: 10.1023/A:1013331805519.

MARTINELLI, L. A.; NAYLOR, R.; VITOUSEK, P. M.; MOUTINHO, P. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 5-6, p. 431-438, 2010. DOI: 10.1016/j.cosust. 2010.09.008.

MATTOS, L. M. de; HERCOWITZ, M. (Ed.). **Economia do meio ambiente e serviços ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; TURETTA, A. P. D.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P.; DONAGEMMA, G. K. Soil and water management for ecosystem services provision in agricultural landscapes: the challenge of monitoring. In: NEHREN, U.; SCHLÜTER S.; RAEDIG, C.; SATTLER, D.; HISSA, H. (Ed.). **Strategies and tools for a sustainable rural Rio de Janeiro**. [S.l.]: Springer, 2017. In press.

NOVION, H. de; VALLE, R. do. **É pagando que se preserva?: subsídios para políticas públicas de compensação por serviços ambientais**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009. 343 p.

PORRO, R.; MICCOLIS, A. (Org.). **Políticas públicas para o desenvolvimento agroflorestal no Brasil**. Belém, PA: ICRAF, 2011. 80 p.

PRADO, R. B.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; MARQUES, G. F. Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, n. 2, p. 43-48, maio/ago. 2017.

QUEIROZ, J. F. de; SILVA, M. S. G. M. e; SILVINHO-STRIXINO, S. **Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de água**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 91 p. Disponível: <<http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroBentonicos.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

RELATÓRIO técnico de monitoramento do desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 71 p. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA/PNUD. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/)>

[arquivos/relatorio\\_tecnico\\_monitoramento\\_desmate\\_bioma\\_cerrado\\_csr\\_rev\\_72\\_72.pdf](#)>.

Acesso em: 10 dez. 2017.

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. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, v. 287, n. 5459, p. 1770-1774, 2000. DOI: 10.1126/science.287.5459.1770.

SILVA, M. S. G. M. e; GRACIANO, T. S.; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B. Assessment of benthic macroinvertebrates at Nile tilapia production using artificial substrate samplers. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 3, p. 735-742, July/Sept. 2016. DOI: 10.1590/1519-6984.02815.

SILVA, M. S. G. M. e; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E.; MARIGO, A. L. S.; NASCIMENTO, M. **Utilização de coletores com substrato artificial para o biomonitoramento da qualidade da água na aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 23).

SILVEIRA, M. P.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; EGLER, M. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 101, n. 1-3, p. 117-128, Feb. 2005.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, Apr. 2014. DOI: 10.1126/science.1246663.

SOMMER, R.; VLEK P. L. G.; SÁ, T. D. de A.; VIELHAUER, K.; COELHO, R. de F. R.; FÖLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon – evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 68, p. 257-271, Mar. 2004. DOI: 10.1023/B:FRES.0000019470.93637.54.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; KLUG, I. L. F.; BARRETTO, A. G. O. P. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 16, p. 6046-6053, 2010. DOI: 10.1021/es1007824.

SYSWERDA, S. P.; ROBERTSON, G. P. Ecosystem services along a management gradient in Michigan (USA) cropping systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 189, p. 28-35, May 2014. DOI: 10.1016/j.agee.2014.03.006.

TERRADO, M.; LAVIGNE, M.-P.; TREMBLAY, S.; DUCHESNE, S.; VILLENEUVE, J.-P.; ROUSSEAU, A. N.; BARCELÓ, D.; TAULER, R. Distribution and assessment of surface water contamination by application of chemometric and deterministic models. **Journal of Hydrology**, v. 369, n. 3-4, p. 416-426, May 2009. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.02.030.

WICKEL, B. **Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazonia**. [S.l.]: University of Bonn, 2004. 120 p. (Ecology and development series, 21).

ZHANG, W.; RICKETTS, T. H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S. M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecological Economics**, v. 4, n. 2, p. 253-260, Dec. 2007. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.02.024.