



Relação entre uso e ocupação do solo e potenciais serviços ambientais em microbacia hidrográfica urbana

Joice Machado Garcia¹ Jocimara Camargo da Silva² Regina Márcia Longo³

¹Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana. Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-Campinas, SP – Brasil. joice_garcia@hotmail.com

²Química. Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-Campinas, SP – Brasil. jocimaracamargo@gmail.com

³Engenheira Agrônoma. Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-Campinas, SP – Brasil. regina.longo@puc-campinas.edu.br

Cite como

American Psychological Association (APA)

Garcia, J. M., Silva, J. C., & Longo, R. M. Relação entre uso e ocupação do solo e potenciais serviços ambientais em microbacia hidrográfica urbana. *Rev. Gest. Ambient. e Sust. - GeAS*, 10(1), 1-26, e17012. <https://doi.org/10.5585/geas.v10i1.17012>.

Resumo

Objetivo: Identificar potenciais serviços ambientais associados aos diferentes usos e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica urbana em Campinas, São Paulo.

Metodologia: Espacialização em software SIG do uso e ocupação do solo seguida de análise qualitativa e quantitativa dos dados com verificação em campo. Neste levantamento assume-se que, o percentual de provável oferta de serviços ambientais em uma bacia hidrográfica se associa exclusivamente à tipologia de uso e ocupação na mesma.

Relevância: O avanço urbano, desenvolvimento industrial e práticas agrícolas insustentáveis têm alterado a quantidade e qualidade dos serviços ambientais providos pelos ecossistemas naturais, reflexo das modificações do uso da terra.

Resultados: 42,3% da área total da bacia apresenta condições de uso e ocupação do solo capaz de fornecer serviços componentes das quatro categorias de serviços. A categoria de fragmentos florestais é tal cuja provisão de serviços se dá em maior quantidade na bacia de estudo, com percentual de provisão de 88,9%, seguida da categoria de área verde (66,7%), atividade agropecuária e recursos hídricos (63% cada) e solo exposto (15%).

Contribuições: O diagnóstico de serviços ecossistêmicos e ambientais na bacia do Ribeirão das Pedras poderá subsidiar programas de Pagamento por Serviços Ambientais e auxiliar na implementação de padrões de gestão para a conservação e recuperação ambiental.

Conclusão: O método aplicado para levantamento de potencial fornecimento de serviços ecossistêmicos e ambientais por bacias hidrográficas possibilitou o entendimento sobre as relações entre uso e ocupação do solo e serviços ofertados bem como das áreas prioritárias para ação do poder municipal.

Palavras-chave: Mudança de paisagem. Bacias hidrográficas urbanas. Geoprocessamento. Recursos naturais. Instrumento econômico ambiental.

Relationship between land use and occupation and potential environmental services in an urban watershed

Abstract

Objective: Identifying potential environmental services associated with different land use and occupation in an urban watershed in Campinas, São Paulo.

Methodology: Spatialization in GIS software of land use and occupation followed by qualitative and quantitative analysis of data with field verification. In this survey, it is assumed that the percentage of probable supply of environmental services in a watershed is exclusively associated to the typology of use and occupation in it.

Relevance: Urban advancement, industrial development and unsustainable agricultural practices have





altered the quantity and quality of environmental services provided by natural ecosystems, reflecting changes in land use.

Results: 42.3% of the total area of the basin has conditions of use and occupation of the soil capable of providing component services of the four categories of services. The category of forest fragments is such that the provision of services occurs in greater quantity in the study basin, with a percentage of provision of 88.9%, followed by the category of green area (66.7%), agricultural activity and water resources (63% each) and exposed soil (15%).

Contributions: The diagnosis of ecosystem and environmental services in the Ribeirão das Pedras basin may support Payment for Environmental Services programs and assist in the implementation of management standards for environmental conservation and recovery.

Conclusion: The method applied to survey the potential supply of ecosystem and environmental services by watershed made it possible to understand the relationships between land use and occupation and services offered, as well as the priority areas for action by the municipal authorities.

Keywords: Landscape change; urban river basins; geoprocessing; natural resources; environmental economic instrument.

Relación entre uso y ocupación del suelo y servicios ambientales potenciales en una cuenca urbana

Resumen

Objetivo: Identificar los servicios ambientales potenciales asociados con diferentes usos y ocupaciones del suelo en una cuenca urbana en Campinas, São Paulo.

Metodología: Espacialización en software SIG del uso y ocupación del suelo seguido de análisis cualitativo y cuantitativo de datos con verificación de campo. En este levantamiento se asume que el porcentaje de suministro probable de servicios ambientales en una cuenca hidrográfica está asociado exclusivamente a la tipología de uso y ocupación en la misma.

Relevancia: El avance urbano, el desarrollo industrial y las prácticas agrícolas insostenibles han alterado la cantidad y calidad de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas naturales, reflejando cambios en el uso de la tierra.

Resultados: El 42,3% del área total de la cuenca tiene condiciones de uso y ocupación del suelo, capaces de brindar servicios componentes de las cuatro categorías de servicios. La categoría de fragmentos de bosque es tal que la prestación de servicios se da en mayor cantidad en la cuenca de estudio, con un porcentaje de provisión del 88,9%, seguida de la categoría de área verde (66,7%), actividad agrícola y recursos hídricos (63% cada uno) y suelo expuesto (15%).

Aportes: El diagnóstico de servicios ambientales y ecosistémicos en la cuenca de Ribeirão das Pedras puede apoyar los programas de Pago por Servicios Ambientales y ayudar en la implementación de estándares de gestión para la conservación y recuperación ambiental.

Conclusión: El método aplicado para relevar la oferta potencial de servicios ecosistémicos y ambientales por cuencas hidrográficas permitió comprender las relaciones entre uso y ocupación del suelo y los servicios ofrecidos, así como las áreas prioritarias de actuación de las autoridades municipales.

Palabras clave: Cambio de paisaje. Cuencas fluviales urbanas. Geoprosesamiento. Recursos naturales. Instrumento económico ambiental.

Introdução

Durante muito tempo, o mercado de capital não considerou os impactos de suas atividades sobre o meio ambiente, assumindo uma ausência de interação entre os sistemas ecológicos e o econômico. O capital natural, por não ser reconhecido e muito menos contabilizado no esquema de fluxo monetário, era definido como uma externalidade, ou seja, uma consequência indireta da atividade econômica considerada. No entanto, Santos e Silvano (2016) afirmam que, ao passo em que uma economia baseia seu crescimento na exploração de recursos naturais e a utilização desses recursos não é incorporada na análise



econômica, pode-se comprometer o processo de produção pela ruptura dos limites do ecossistema.

Os ecossistemas fornecem produtos e serviços que representam benefícios ao ser humano. Estes serviços, denominados serviços ecossistêmicos, receberam ampla divulgação em 2005 com o trabalho internacional intitulado Avaliação Ecossistêmica do Milênio, em que os serviços foram definidos como condições e processos pelos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam a vida humana (MEA, 2005). Ainda segundo referida Avaliação, a espécie humana, embora protegida de mudanças ambientais pela cultura e tecnologia, depende do fluxo dos serviços, pois o homem atua como parte integrante desses ecossistemas.

Na literatura, o termo “serviços ecossistêmicos” é comumente empregado como sinônimo de “serviços ambientais”. No entanto, no Projeto de Lei sobre a Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (PL 792/2007), os serviços ecossistêmicos são definidos como benefícios diretos e indiretos providos pelo funcionamento dos ecossistemas e os serviços ambientais são aqueles que podem favorecer a manutenção ou o melhoramento desses benefícios, por meio de ações de manejo do homem em sistemas naturais.

Neste contexto, os serviços ecossistêmicos ou ambientais, a depender da origem ecológica ou econômica de abordagem que se queira adotar, desempenham um papel crucial para o bem-estar humano, ao passo em que são fundamentais para o equilíbrio dos ciclos naturais, pois contribuem direta e indiretamente para o bem-estar humano e representam parte considerável do valor econômico do planeta (Melo, 2016).

Segundo Costanza et al. (1997), em trabalho pioneiro na questão da valoração de serviços ecossistêmicos, no ano de 1995 os ecossistemas forneceram US\$ 33 tri em serviços, dos quais 63% correspondiam a serviços ofertados por ecossistemas marinhos, sobretudo sistemas costeiros (US\$ 10,6 tri/ano) e 38% de ambientes terrestres, que tem nas zonas úmidas e nos sistemas florestais a maior fonte provedora (US\$ 4,9 tri/ano e US\$ 4,7 tri/ano, respectivamente). Em dados atualizados, Schuler et al. (2017) calcularam um montante de US\$ 125 tri para o ano de 2011. Hernández-Blanco, Costanza, Anderson, Kubiszewski e Sutton (2020) observaram que no ano de 2011, o valor total dos serviços ecossistêmicos terrestres somente na América Latina e no Caribe correspondiam a um total de US\$ 15,3 tri/ano, tendo no Brasil o maior representante com US\$ 6,8 tri/ano em função da extensa cobertura de floresta tropical.

No entanto, a interferência humana sobre os ecossistemas naturais, explorando-os e degradando-os tem causado alterações na quantidade ou qualidade de vários tipos de capital natural e, juntamente a subvalorização dos serviços prestados por estes, tem impactado no bem-estar humano, bem como nos custos das atividades humanas locais (MEA, 2005). Principalmente em centros urbanos, o fornecimento destes serviços tem se tornado escasso,





dado que a expansão urbana acarreta alterações do uso e cobertura da terra e promove alterações nas funcionalidades dos serviços naturais, sobretudo em benefícios do setor de construção civil e industrial (Burkhard, Kandziora, Hou & Muller, 2014).

Em áreas agrícolas a situação não é menos problemática: segundo Alves-Pinto et al. (2017), a agricultura e pecuária estão entre os principais fatores de mudança no uso da terra, sendo a última um fator primordial para os altos índices de desmatamento. Em contrapartida, no Brasil, os proprietários de terra são obrigados por lei a cumprirem com o Código Florestal - Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), que estabelece percentuais de preservação de áreas com cobertura de vegetação nativa.

Atualmente no Brasil são aplicados diversos instrumentos econômicos de cunho ambiental, a citar-se o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) – Ecológico, a compensação ambiental, a cobrança pelo uso e descarte da água, sistemas de concessões florestais e taxa de reposição florestal, servidão ambiental, créditos por reduções de emissão de gases de efeito estufa, certificação e selos ambientais, e os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) (Young & Bakker, 2015).

A política de Pagamento por Serviços ambientais surge, segundo Seehusen e Prem (2011), como instrumento econômico para lidar com a falha de mercado relativa à tendência à suboferta de serviços ambientais, que, por sua vez, decorre da falta de interesse por parte de agentes econômicos em atividades de proteção e uso sustentável dos recursos naturais. O objetivo principal de um esquema de PSA é dividir com os beneficiários dos serviços os custos de execução das ações praticadas pelos provedores, ou seja, é a internalização dos benefícios externos (Jardim & Bursztyn, 2015).

Os programas de PSA aparecem no cenário mundial como uma inovação na tentativa de financiar o desenvolvimento econômico, social e o ambiental. A ideia central desses programas é mostrar que a questão econômica não é oposta à ambiental, de forma que o meio ambiente também pode ser tratado como um ambiente para desenvolvimento econômico (Bolfé, Amaral, Pfitscher, Vicente & Tengaten, 2013).

Contudo, para implementação e funcionamento adequado, os programas de PSA necessitam da definição de quais serviços são prioritários, ou seja, por qual serviço existe uma demanda, estabelecer as práticas que levam à geração desse serviço, identificar se há uma pré-disposição ao pagamento bem como possíveis pagadores. Os projetos serão elaborados para atender caso a caso e contemplarão as etapas descritas anteriormente, bem como o monitoramento dos serviços prestados, a fim de analisar os progressos alcançados pelo projeto (Távora, Silva & Turetta, 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar potenciais serviços ambientais oferecidos pela bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras (Campinas, SP) associados aos diferentes usos e ocupações do solo na paisagem, de forma a subsidiar a



implantação do Programa de Pagamento por Serviços Ambientais na área desta bacia.

Metodologia

Nessa pesquisa de natureza exploratória, a abordagem metodológica consistiu no levantamento de informações geoespaciais e posterior elaboração de mapas em software SIG (Sistema de Informação Geográfica), a fim de espacializar e quantificar o fornecimento de potenciais serviços ambientais (análise qualitativa e quantitativa). Em um primeiro momento, realizaram-se visitas à campo em parte da extensão do Ribeirão das Pedras a fim de verificar as circunstâncias atuais de uso e ocupação do solo.

Caracterização da área de estudo

A sub-bacia do Ribeirão das Pedras tem área de 29,3 km² e se localiza entre as coordenadas 22°47'10" e 22°52'20" S, e 47°07'15" e 46°02'55" O, estando inserida majoritariamente no município de Campinas, SP, enquanto uma pequena parcela localiza-se sobre o município de Paulínia. O Ribeirão das Pedras é afluente do Ribeirão Anhumas, que nasce no centro do município de Campinas, tem suas águas poluídas por esgotos domésticos e efluentes industriais e posteriormente deságua no Rio Atibaia, cujas águas abastecem em 90% o município de Campinas (Dagnino, 2007).

A configuração pedológica da microbacia em estudo se dá predominantemente por latossolos vermelhos, seguida de latossolos vermelho-amarelo e argissolos amarelo. Os primeiros e segundos apresentam teor mais elevado de óxido de ferro, fator que lhes confere a característica avermelhada, são profundos e porosos, permitindo bom desenvolvimento radicular em profundidade. Normalmente apresentam ligeira susceptibilidade à erosão. Já os últimos são igualmente profundos, apresentam um horizonte de acumulação de argila e baixa fertilidade natural (IAC, 2019).

Ao longo de sua extensão, o Ribeirão das Pedras perpassa áreas urbanas, que incluem condomínios residenciais, áreas rurais e áreas de preservação, a citar-se parte da Mata de Santa Genebra (Dagnino, 2007). Tal configuração se deve ao fato da área de estudo estar contida em quatro categorias de macrozoneamento estabelecidos pelo Plano Diretor do ano de 2018 (CAMPINAS, 2018), expostas na Figura 1, sendo elas: (1) Macrometropolitana; (2) Estruturação Urbana; (3) Desenvolvimento Ordenado; e (4) Relevância Ambiental.

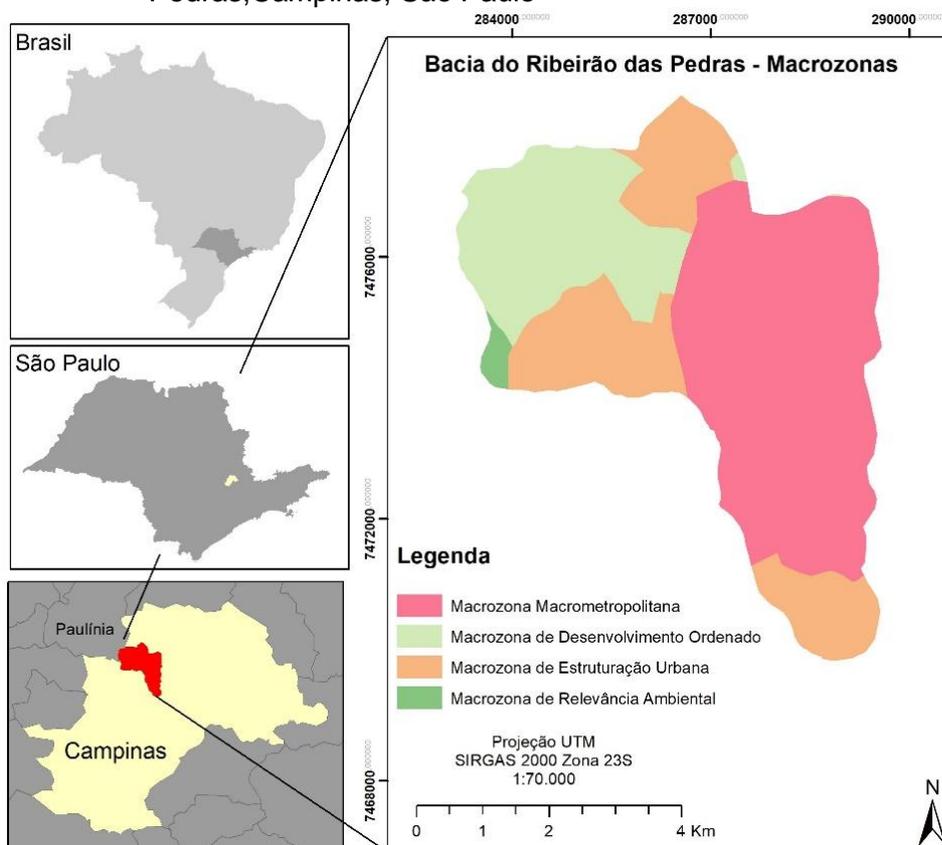
As zonas (1) Macrometropolitana e (2) Estruturação Urbana abrangem regiões situadas integralmente em perímetro urbano, com diferença que a primeira é impactada por estruturas viárias, equipamentos e atividades econômicas de abrangência regional, nacional e internacional, sofrendo influência direta e indireta pela proximidade dessas estruturas no território que alteram dinâmicas socioeconômicas, culturais e ambientais; já a segunda



abrange, além de áreas consolidadas, em fase de consolidação.

A zona (3) de Desenvolvimento Ordenado, por sua vez, é situada integralmente na zona rural e destinada ao desenvolvimento de usos rurais e urbanos compatíveis com os termos da legislação específica. Já a zona (4) Relevância Ambiental abrange região situada, em maior grau, na zona rural e que apresenta relevância ambiental e áreas públicas e privadas estratégicas à preservação ambiental e dos recursos hídricos.

Figura 1 - Categorias de macrozoneamento na bacia do Ribeirão das Pedras, Campinas, São Paulo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Ainda na bacia do Ribeirão das Pedras são frequentes os eventos de inundação, favorecidos pelo clima subtropical de inverno seco e verão quente, cujo volume de chuva nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) atinge 245 mm (CEPAGRI, 2019). Souza, Laganá e Chaves (2012) verificaram ainda que, os índices pluviométricos do município no ano de 2012, haviam apresentado aumento considerável, que aliado ao sistema de infraestrutura mal planejado, possibilitam eventos de inundações mais recorrentes.

Uso e ocupação do solo e caracterização dos potenciais serviços ambientais

A Figura 2 expõe o fluxograma de execução desta pesquisa quanto à associação entre uso e ocupação do solo e serviços ambientais.

O termo potencial adicionado à serviços ambientais remete a independência de



demanda pela função, ou ainda, quando o serviço é resultado de um processo natural (Longo & Rodrigues, 2017). A partir da relação de serviços ambientais encontrados na literatura foi elaborada uma lista dos mesmos associados à paisagem da área de estudo. Os potenciais serviços identificados foram agrupados em quatro categorias, conforme a classificação proposta pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005): serviços de suporte (necessário para a produção dos demais), de provisão (serviços de abastecimento), de regulação (controle do ambiente por meio de características regulatórias) e serviços culturais (benefícios não materiais).

Cabe ressaltar que, com a iniciativa da Plataforma Intergovernamental da Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (IPBES) e da Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecosistêmicos (CICES), atualmente são consideradas três categorias: serviços de provisão, regulação e culturais, pois entende-se que os serviços de suporte são caracterizados como uma função de serviços necessários para a oferta de todos os demais (MMA, 2019).

Figura 2 - Fluxograma de execução da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Para avaliação do fornecimento de serviços ambientais na bacia de estudo, realizou-se levantamento do uso e ocupação do solo da bacia do Ribeirão das Pedras. O diagnóstico se deu a partir do Mapa “Uso e Cobertura da Terra da UGRHI 05 (PCJ) – 2013” desenvolvido pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo com base em interpretação visual da imagem SPOT com resolução de 10 m, para o período 2007 a 2009 (SMA, 2013). A atualização das informações foi realizada por meio de visitas a campo em outubro de 2019.

Posteriormente, para análise dos potenciais serviços ambientais oferecidos pela bacia do Ribeirão das Pedras foram aglomeradas diferentes tipologias de uso e ocupação do solo, consideradas passíveis de fornecer serviços ecosistêmicos e ambientais em quatro grandes



grupos: fragmentos florestais, áreas verdes, atividade agropecuária e recursos hídricos, conforme Tabela 1.

Ressalta-se que a tipologia de solo exposto, não abordada pela Tabela 1 também foi considerada para fornecimento de serviços, considerando unicamente sua própria tipologia. Os dados geoespaciais utilizados foram adquiridos na plataforma Geoambiental da Prefeitura Municipal de Campinas (SVDS, 2019) ou adaptados do arquivo de uso e ocupação citado. As informações foram tratadas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) por meio do software ArcGIS.

Tabela 1 - Categorias de uso e ocupação do solo e exemplares da área de estudo

Categoria de uso	Classes originais consideradas (SMA, 2013)	Exemplos na área de estudo	
Fragmentos florestais (FF)	Mata, reflorestamento		
		a) Mata de Santa Genebra; b) fragmento Santa Genebrinha.	
Categoria de uso	Classes originais consideradas (SMA, 2013)	Exemplos na área de estudo	
Áreas verdes (AV)	Campo natural e espaço verde urbano - parques, praças, áreas de agricultura urbana e demais áreas públicas		
		a) Associação das Hortas Santa Genebra; b) Parque Hermógenes de Freitas Leitão Filho.	
Atividade agropecuária (AA)	Cultura perene, semiperene, temporária e pastagem		
		a) e b) área agrícola entre as universidades PUC e UNICAMP.	
Recursos hídricos (RH)	Corpos d'água, nascentes.		
		a) Nascente Ribeirão das Pedras; b) Lagoa de contenção Shopping Dom Pedro.	

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).



O percentual de provável oferta de serviços ambientais pela bacia, associa-se, portanto, exclusivamente a manifestação da tipologia de uso e ocupação do solo na mesma, ressaltando-se que estas áreas, em suas condições de origem são potenciais em fornecer os referidos serviços. Assim sendo, um serviço passível de ser ofertado pelas quatro categorias descritas na Tabela 1 e pela classe de solo exposto terá área percentual provável referente a somatória de expressão destas categorias em relação à área total da bacia.

Resultados e discussão

Uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão das Pedras

A pressão oriunda do crescimento populacional e industrial configuram, atualmente, fatores de impacto sobre as bacias hidrográficas, sobretudo no fornecimento de funções, bens e serviços ambientais, podendo comprometer os processos ecológicos que ocorrem dentro destas áreas (Andrade, Romeiro, Fasiaben & Garcia, 2012). O declínio na oferta de serviços ecossistêmicos faz-se, então, problemático uma vez que a demanda pelos mesmos continua a crescer frente ao aumento populacional e à adoção de padrões de consumo e produção atuais (Dominati, Patterson & Mackay, 2010; Bennett, Peterson & Gordon, 2009).

Como resposta a esta observação de degradação, nas últimas décadas diversas instituições e pesquisadores têm direcionado esforços para a pesquisa em serviços ecossistêmicos, buscando a promoção do avanço no conhecimento e o desenvolvimento de mecanismos capazes de responder as principais indagações sobre o tema (Seppelt, Dormann, Eppink, Lautenbach, & Schmidt, 2011; Balvanera et al., 2012; McDonough, Hutchinson, Moore & Hutchinson, 2017; Jiang, 2017; Parron et al., 2019).

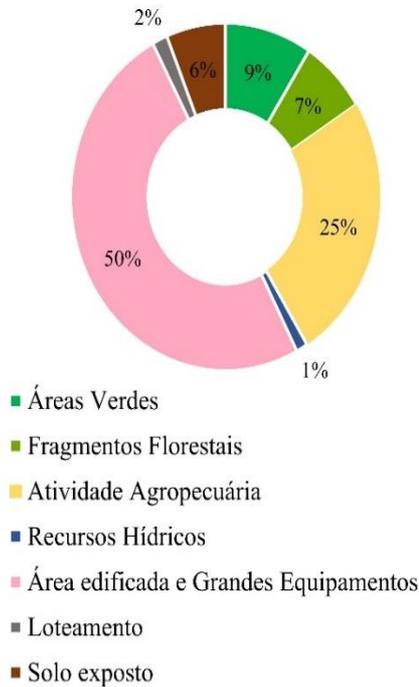
O impacto da modificação do uso da terra na provisão de serviços ecossistêmicos tem sido fortemente discutido na América Latina, de maneira que são reconhecidas alterações no estoque de carbono, produção primária e no fluxo e qualidade da água. Tais alterações podem ser observadas por meio do mapeamento e quantificação da oferta destes serviços, com exemplos de caso de aplicação na Argentina, Colômbia, México, Panamá e Chile (Balvanera et al., 2012).

Essas intervenções no ambiente natural, exemplificadas pelas alterações no uso e ocupação da terra, quando analisadas na bacia do Ribeirão das Pedras, permitiram a transição de uma condição predominantemente rural, com exemplares de café e cana-de-açúcar (Damame, Longo & Oliveira, 2019) para uma situação urbanizada. A Figura 3 apresenta os percentuais de uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão das Pedras, bem como das subcategorias analisadas.

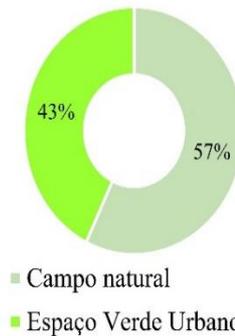


Figura 3 - Uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão das Pedras, Campinas

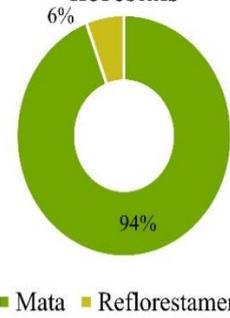
Uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão das Pedras, Campinas (SP)



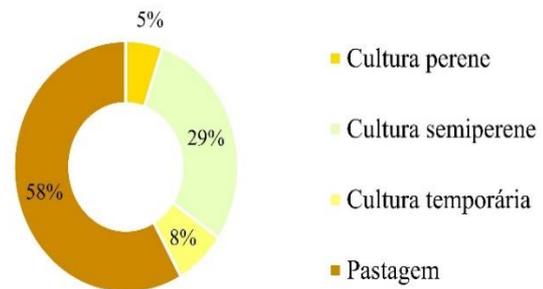
Áreas Verdes



Fragmentos florestais



Atividade agropecuária



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Cerca de 50% de toda a extensão da bacia do Ribeirão das Pedras encontra-se edificada e com grandes equipamentos (áreas institucional, industrial, comercial e de desporto). Somado a isso, verifica-se a ocorrência de 2% de área destinada a loteamentos, ainda em processo de implantação, sobretudo localizadas ao longo da estrada da Rhodia, como verificado por Jacomazzi (2015). O mesmo autor afirma que o vetor de crescimento verificado na bacia do Ribeirão das Pedras se deu principalmente em função da valorização das terras próximas aos centros universitários UNICAMP e PUC-Campinas. Além destes, a presença de outros centros institucionais e tecnológicos como o Centro Infantil Boldrini e o Polo Tecnológico influenciam fortemente o processo de urbanização.

Em contrapartida, quando analisada a extensão de fragmentos florestais (mata e reflorestamento), verifica-se que os fragmentos, cada vez mais degradados e dispersos em função da ação antrópica, ocupam área de aproximadamente 7%. Apesar de serem reconhecidamente grandes fornecedores de serviços ecossistêmicos à sociedade, os fragmentos componentes da bacia do Ribeirão das Pedras possuem, conforme estudo realizado por Silva, Longo, Bressane e Carvalho (2019), baixos índices de circularidade e pouca representatividade de área nuclear, estando, dessa forma, sujeitos ao efeito de borda, capaz de comprometer a estabilidade e a resiliência dos mesmos.

Quando avaliada a tipologia de uso e ocupação na categoria de áreas verdes (campo natural e espaço verde urbano), verifica-se que esta compõe 9% do total. Dentro do contexto



de planejamento urbano, o conceito de infraestrutura ecológica captura o papel que a vegetação, dentro ou perto do ambiente construído, desempenha na prestação de serviços ambientais (Gómez-Baggethun et al., 2013; Calderón-Contreras & Quiroz-Rosas, 2017).

A categoria de atividade agropecuária, por sua vez, formada por áreas de pastagem e culturas (perene, semiperene e temporária) somam um total de 25%, dos quais: 58% representam áreas de pastagem, com presença significativa de arbustos, domínio de formação herbácea e poucos elementos arbóreos, 5% formam as áreas de culturas perenes, sobretudo de citrus, 29%, semiperene, representado majoritariamente pela cultura de cana-de-açúcar e 8% compreende áreas de culturas temporárias.

No se tratar de recursos hídricos, os corpos d'água da bacia de estudo somam 0,35 km², ou ainda, um percentual em torno de 1%. Gomes et al. (2016), ao analisarem o Ribeirão das Pedras, cujo rio dá nome à bacia desse estudo, verificaram que a influência antrópica sobre o curso principal do rio, decorrente de alterações no uso e ocupação natural, influencia negativamente sobre parâmetros de qualidade da água, tais como oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, teor de fósforo e nitrogênio. De maneira complementar, Garcia et al. (2018) ao analisarem as condições ambientais das nascentes distribuídas sob área da mesma bacia constataram que, apesar das mesmas estarem distribuídas sobre a malha urbana e sofrerem com a pressão antrópica, ainda assim apresentaram qualidade boa, revelando, assim, a possibilidade de uso para abastecimento após o devido tratamento.

A bacia apresenta, ainda, um percentual de solo exposto de 6%, cujas áreas sofreram intervenção antrópica de terraplanagem ou aração, tornando possível a ocorrência de processos erosivos que expuseram o solo.

Como verificado por Etto, Longo, Arruda & Invenioni (2013) pela análise detalhada de uso e ocupação do solo houve queda no percentual de uso rural em favorecimento do desenvolvimento urbano. Ainda segundo mesmos autores, verificou-se redução na extensão de fragmentos florestais localizados na porção Noroeste da bacia e substituição por atividades e conglomerados urbanos, sobretudo nas partes Norte e Nordeste da mesma.

Segundo Boumanns, Ambrosio, Romeiro & Campos (2010) as condições de uso do solo estão intimamente relacionadas com os serviços ecossistêmicos, de forma que sua conservação ou não possibilite a oferta destes serviços. Polasky, Nelson, Pennington & Johnson (2012) ressaltam que as mudanças no uso ou na gestão da terra podem alterar não somente a provisão, mas também o valor dos serviços ecossistêmicos. Essa constatação pode ser visualizada, por exemplo, pelo estudo de Zhou, Sun, Zang e Wang (2017), na cidade de Daqing, China. Tais autores verificaram que, zonas úmidas e corpos hídricos foram os dois principais tipos de utilização da terra com as maiores contribuições para o valor do serviço ambiental. Ainda assim, com o processo de urbanização, a utilização de terrenos vazios tem aumentado, enquanto o percentual de áreas cultiváveis, corpos d'água e áreas de pastagem





tem apresentado decréscimo, com redução de 11,95% do valor do serviço ecossistêmico no período de 1995 a 2015.

Damame, Longo e Oliveira (2019) notam que, a perda da área rural em bacias hidrográficas, tal qual verificada para a bacia de estudo, acarreta prejuízos à sociedade, visto que estas são capazes de fornecer serviços, como provisão de alimentos, infiltração de água no solo e recarga do lençol freático. Na Etiópia, entretanto, em discordância com o verificado anteriormente para redução de áreas agricultáveis, Gashaw et al. (2018), em estudo na bacia de Andassa, verificaram a expansão significativa destas, bem como de áreas construídas e diminuição da cobertura florestal durante o período de 1985 a 2015. Essa transação de uso e ocupação, marcada pela redução da cobertura florestal possibilitou redução do valor de serviços ecossistêmicos de US\$ 26.83 x 10⁶ em 1985 para US\$ 22.58 x 10⁶ em 2000 e US\$ 21.00 x 10⁶ em 2015, esperando-se um valor de US\$ 15.25 x 10⁶ para 2045.

A diminuição de áreas florestadas é ainda uma realidade em alguns países, sendo verificada na Tailândia (Arunyawat & Shrestha, 2016), em Bangladesh (Akber, Khan, Islam, Rahman & Rahman, 2018), no México (Martínez et al., 2009) e no Nepal (Sharma et al., 2019). Quijas et al. (2019) observaram que, na América Latina, embora estejam associadas ao fornecimento de diversos serviços como regulação climática e provisão de água, as áreas florestadas têm cada vez mais sido convertidas em pastagens para atividades de pecuária, para o estabelecimento de safras comerciais em grande escala e para o desenvolvimento de infraestrutura para o turismo e a indústria. No entanto, diversos outros países têm procurado adaptar suas condições de uso e ocupação com o intuito de conservar os serviços ambientais ofertado sobretudo por áreas florestadas e/ou agricultáveis e conciliar com a produtividade rural desejada. Para tanto, utilizam-se de técnicas de cultivo mais apropriadas e incentivos governamentais que direcionem para maior oferta destes serviços.

Yuan, Li, Yang & Wang (2019), em estudo no distrito de Shangzou, China, constataram aumento do valor do serviço ecossistêmico como resposta a uma política de conversão de terras agrícolas em florestas. Nos Estados Unidos, o aumento na extensão de áreas florestais frente a uma política de incentivo levou a aumentos significativos na produção de madeira (18%), carbono de biomassa (8%), e auxiliou na conservação de espécies (Lawler et al., 2014). Já na Espanha, a implementação da Política Agrícola Comum levou a uma especialização do sistema agrícola e favoreceu o florestamento de terras abandonadas por meio de subsídios governamentais (García-Llamas et al., 2019).

No território brasileiro, uma das estratégias tomada para aumentar a produtividade agrícola e, ao mesmo tempo incrementar serviços ambientais diz respeito ao sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Esse sistema, segundo Franchini, Balbinot, Debiasi & Sichieri (2015), pode conferir maior taxa de sequestro de carbono, conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade do solo, água e ar quando comparados a outros



sistemas não integrados. Outras técnicas de sistema agroflorestal também têm sido aplicadas por agricultores do sudeste asiático e pequenos produtores nos andes equatorianos ([Fedele, Locatelli, Djoudi & Colloff, 2018](#)).

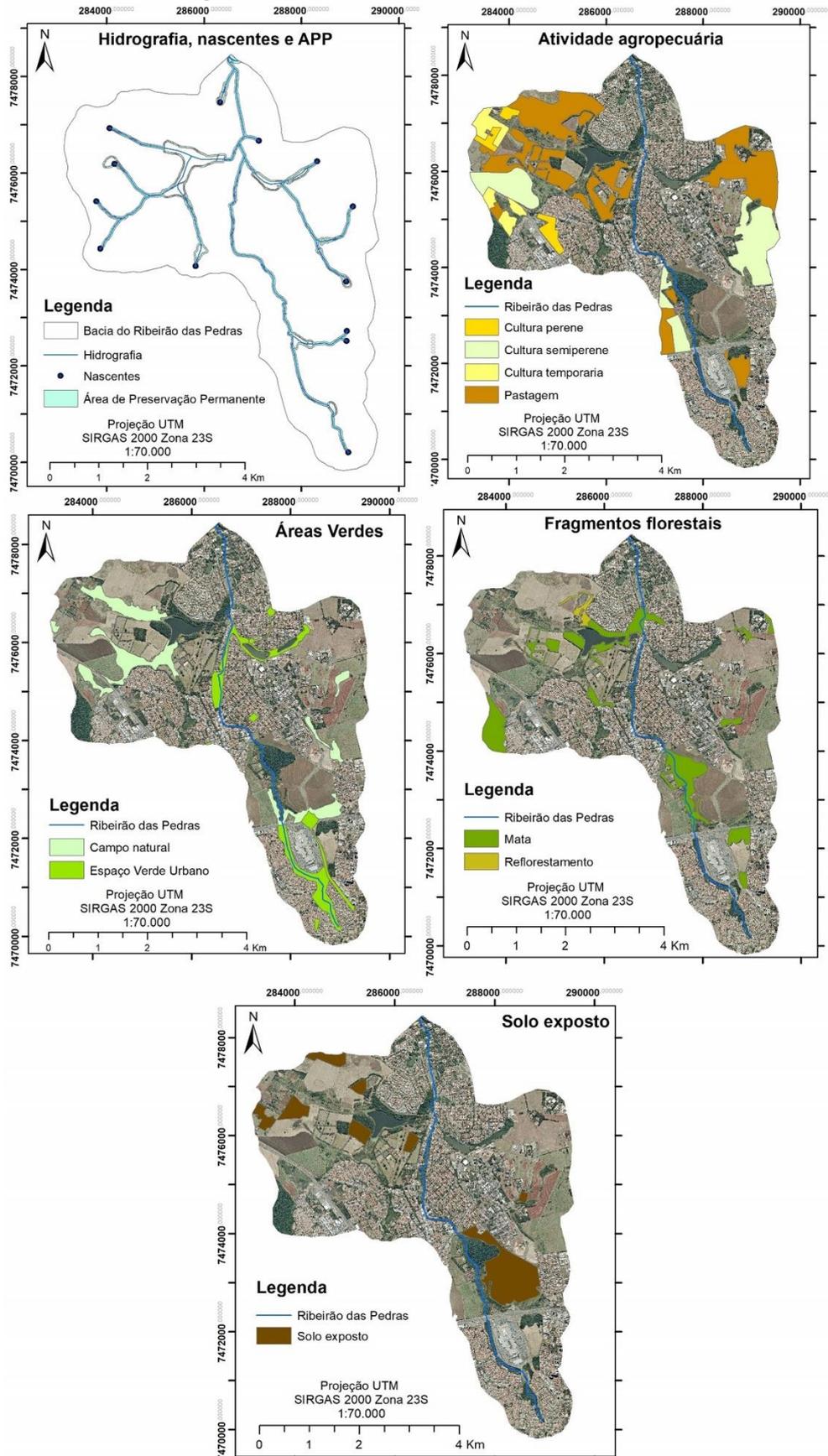
Potenciais serviços ambientais ofertados pela bacia do Ribeirão das Pedras

A discussão do uso e ocupação do solo permite o entendimento da influência desse sobre o fornecimento e a qualidade de potenciais serviços ambientais. Entender ainda, quais os serviços prestados por esses usos e ocupação é primordial para que as ações dos tomadores de decisão sejam direcionadas para áreas prioritárias (IUCN, 2013). No ambiente urbano, os estudos temporais dos serviços ecossistêmicos atrelados às alterações nas mudanças do uso e cobertura da terra podem auxiliar na compreensão dos efeitos da urbanização a nível de expansão e densificação sob as condições biofísicas e socioeconômicas locais (Dobbs, Hernández-Moreno, Reyes-Paecke & Miranda, 2018).

Desta forma, a Figura 4 apresenta a distribuição espacial das categorias de uso e ocupação anteriormente citadas como potenciais fornecedoras de serviços ambientais.



Figura 4 - Distribuição espacial de áreas fornecedoras de potenciais serviços ambientais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).



Revelli (2017) afirma que, as florestas urbanas e, em geral, os espaços verdes urbanos, são um importante componente do ecótono urbano e fornecem não somente benefícios ambientais, mas também econômicos e sociais. Para Elmquist et al. (2015), os serviços ambientais prestados pela existência de áreas verdes em ambientes urbanos, configuram aqueles capturados pelas métricas monetárias, tais como remoção de poluentes locais, sequestro e armazenamento de carbono, regulação de fluxo hídrico, e ainda aqueles não contabilizados, como correlação com a longevidade, redução de estresse e saúde mental, que se traduzem em maior bem-estar para a população.

Calderón-Contreras e Quiroz-Rosas (2017) no estudo de serviços ecossistêmicos urbanos na cidade do México observaram que a qualidade, quantidade e diversidade da infraestrutura verde podem produzir serviços diferentes, que por sua vez têm implicações diferentes para a construção da resiliência urbana.

De forma complementar, Jenerette, Harlan, Stefanov e Martin (2011) constataram que a regulação da temperatura em ambientes urbanos tem sido uma das muitas razões pelas quais os programas de expansão das florestas urbanas têm se tornando populares. Os autores citam diversas cidades nos Estados Unidos (Los Angeles e San Francisco na Califórnia; Phoenix, no Arizona; Chicago em Illinois) e Berlim na Alemanha como exemplos de iniciativa no plantio de árvores com o amenizar a temperatura urbana.

Já os ecossistemas aquáticos prestam serviços de extrema importância, como abastecimento de água, fornecimento de alimento e recreação. Para Karabulut et al. (2016) os serviços relacionados à água recebem maior atenção pelo fato da mesma ser vital à vida e por serem facilmente apreciadas pelos seres humanos. Grizzetti, Lanza Nova, Liqueste, Reynaud & Cardoso (2016) ressaltam que a maioria dos serviços ecossistêmicos relacionados à água pode ser verificada diretamente pelas pessoas e ainda, quantificada, tais como provisão de água e lazer, mas alguns, especialmente serviços de regulação e manutenção, são menos evidentes. No entanto, para o correto uso e gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, todos os serviços ecossistêmicos devem ser considerados.

Na análise das áreas de expressão agropecuária, Rebello e Turetta (2017) ressaltam que os agroecossistemas oferecem a maior oportunidade de aumentar a provisão de serviços ambientais por meio da adoção de práticas conservacionistas. Os agrossistemas, aliados a técnicas não-convencionais, como a permacultura e outros sistemas sustentáveis, contribuem fortemente para a manutenção e maior oferta dos serviços desejados (Doherty, 2015). A adoção destas práticas emerge como uma resposta para conter os efeitos indesejados, denominados desserviços, de uma agricultura industrializada e convencional, a citar poluição e esgotamento de águas subterrâneas, erosão (com possível desertificação) e assoreamento, introdução de pragas invasoras, carregamento de nitrogênio e fósforo aos cursos hídricos e consequente eutrofização aquática (Swinton, Lupi, Robertson & Hamilton, 2007).





Outro viés aponta para a agricultura urbana frente ao rápido desenvolvimento dos centros urbanos e necessidade de produção de alimentos para uma população igualmente em crescimento. Os serviços providos por estas áreas vão além do fornecimento de alimentos e fibras, abrangendo igualmente gestão da água, regeneração do solo, fixação de nitrogênio, controle biológico e valores socioculturais. Por meio do fornecimento de alimentos usualmente tratados de forma orgânica, a agricultura urbana pode também contribuir para melhoria da saúde humana devido a mudanças na dieta da população que dela fizer uso (Clinton et al., 2018).

Ainda assim, Antoniazzi (2018) observa que a literatura pouco aborda a questão de áreas agrícolas como fornecedora única de serviços, sendo muitas vezes tratada em situações de usos combinados de ocupação do solo, como é o caso do esquema agricultura-floresta do Programa de Pagamento por Serviços Ambientais em Nova Iorque e os já citados programas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil.

Com respeito ao solo como fornecedor de serviços, Vezzani (2015) destaca que o solo constitui parte dos ciclos biogeoquímicos, regulando a quantidade de nutrientes. Ainda, a autora ressalta o papel do solo no ciclo da água, permitindo sua drenagem e armazenamento e como elemento filtrante, ao reter e degradar compostos tóxicos da atmosfera. Adhikari e Hartemink (2016), ao analisarem o período de 1975 e 2014, verificaram que de todos os trabalhos publicados que relacionam o solo e serviços ecossistêmicos, 41% estava relacionado a serviços de regulação, como por exemplo sequestro de CO₂, seguido de 34% referente a serviços de provisão (em solos agricultáveis, por exemplo).

A partir da relação de serviços ambientais encontrados na literatura, exemplificada pelos trechos descritos acima, foi possível a elaboração da Tabela 2, em que são apresentados os principais serviços relacionados às categorias de uso e ocupação do solo, bem como a área potencial de fornecimento por serviço analisado.

Tabela 2 - Potenciais serviços ambientais por categoria de uso e ocupação do solo (Continua)

Categoria	Potenciais serviços	AV	FF	AA	RH	SE	Área de fornecimento (km²)
Regulação	Moderação de eventos extremos (inundações, deslizamentos)	x	x	x	x		12,4
	Regulação do clima	x	x	x	x		12,4
	Sequestro e armazenamento de carbono	x	x	x	x	x	14,2
	Remoção de poluentes atmosféricos	x	x	x	x		12,4
	Infiltração de água no solo	x	x	x		x	13,9
	Recarga de água subterrânea	x	x	x		x	13,9
	Regulação do fluxo hídrico	x	x	x	x		12,4
	Purificação da água e do ar	x	x	x	x		12,4
	Depuração de contaminantes		x		x	x	4,2
	Controle de erosão e assoreamento	x	x		x		5,1



(Conclusão)

	Controle biológico de pragas e vetores de doenças		x				2,0
	Componente de corredor ecológico	x	x		x		5,1
	Polinização e dispersão de sementes		x				2,0
	Abrigo e reprodução de ictiofauna				x		0,4
	Abrigo e reprodução da fauna silvestre		x				2,0
Provisão	Matéria prima, fibras, madeira, plantas medicinais	x	x	x	x		12,4
	Alimentos (segurança alimentar)		x	x	x		9,7
	Água (segurança hídrica)		x	x	x		2,4
	Biomassa, sementes e mudas florestais		x	x			9,4
Cultural	Valor estético, educacional e de lazer	x	x	x	x		12,4
	Saúde mental	x	x				4,7
	Convívio social	x					2,7
	Pesca				x		0,4
Suporte	Ciclagem de nutrientes	x	x	x			12,0
	Ciclagem de água	x	x	x	x		12,4
	Produção de oxigênio atmosférico	x	x	x	x		12,4
	Formação e retenção do solo	x	x	x			12,0

OBS: AV: áreas verdes – 2,66 km² na bacia, FF: fragmentos florestais – 2,04 km², AA: atividade agropecuária – 7,34 km², RH: recursos hídricos – 0,35 km², SE: solo exposto – 1,81 km².

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Conforme apresentado na Tabela 2, a categoria de fragmentos florestais é aquela cuja provisão de serviços se dá em maior quantidade, podendo ofertar um total de 24 serviços dos 27 listados, correspondendo a um percentual de provisão de 88,9%. A categoria de área verde sucede a primeira, passível de ofertar 18 serviços listados, ou 66,7%. A capacidade de fornecimento de serviços pelas categorias de atividade agropecuária e recursos hídricos aparece em terceiro lugar, sendo verificada a potencial oferta de 17 em 27, totalizando 63%. Por último, encontra-se a categoria de solo exposto, cuja provisão permite o fornecimento de 4 serviços: sequestro e armazenamento de carbono, infiltração de água no solo, recarga de água subterrânea e depuração biológica de efluentes. De maneira complementar, elaborou-se a Figura 5, que permite melhor visualização do percentual de serviço ofertado por área.





Figura 5 - Área percentual provável de fornecimento de serviços



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Dos 27 serviços analisados, 2 serviços (sequestro e armazenamento de carbono e depuração de contaminantes) apresentaram potencial máximo de serem ofertados, ou seja, são passíveis de serem fornecidos pelos cinco grupos de uso e ocupação do solo listados, totalizando um percentual de área, por serviço, de 48,5%.

No território brasileiro, as atividades que visam o sequestro, conservação, manutenção ou aumento de estoque de carbono seja por meio da manutenção florestal ou ações de reflorestamento são previstas no Código Florestal, e no âmbito de programas de Pagamento por Serviços Ambientais estes projetos possuem relevância frente as questões climáticas (Brasil, 2012). Apesar de as florestas serem reconhecidamente sumidouros de carbono atmosférico, não é somente na composição vegetal que se é possível armazenar carbono. A existência de carbono no solo em diversas profundidades contribui igualmente para a captura e estoque do mesmo e ainda auxilia para aumento de fertilidade (Almeida, 2019).

Além do citado serviço de sequestro de carbono, o solo também é capaz de depurar contaminantes, a fim de reduzir as concentrações dos mesmos em sua estrutura. Martins, Leitão e Henriques (2019) afirmam que diversos compostos orgânicos e metais podem ser



removidos através da retenção de partículas, da adsorção, da transformação e da biodegradação.

Assim como o solo, o recurso hídrico também possui capacidade de autodepuração. Segundo Lopes e Magalhães Junior (2010), a dinâmica morfométrica de uma bacia hidrográfica, tais quais rede e densidade de drenagem, fator de forma e índice de circularidade pode favorecer a autodepuração da carga poluidora de um corpo hídrico lótico. Ainda, Salla, Pereira, Alamy Filho, Paula e Pinheiro (2013) afirmam que a capacidade de autodepuração pode ser uma opção natural, apesar de lenta, para restabelecimento do equilíbrio hídrico frente às condições de escassez financeira para tratamento dos corpos d'água.

De maneira complementar, outros dois serviços de cunho hídrico (recarga de água subterrânea e infiltração de água no solo) apresentaram percentual de provisão por 47,3% da área da bacia. Tal dado é de extrema importância, haja visto que, majoritariamente em centros urbanos, a exploração desordenada deste recurso acaba por reduzir sua quantidade e qualidade. Oliveira, Silva e Mello (2020) afirmam que a redução da disponibilidade está atrelada à diminuição da infiltração da água no solo, e por consequência o acesso à água potável se torna dificultado.

Ainda, 42,3% da área total da bacia apresenta condições de uso e ocupação do solo capaz de fornecer serviços componentes das quatro categorias descritas por MEA (2005), como serviços de suporte (ex: ciclagem de água), provisão (ex: matéria prima, madeira e plantas medicinais), regulação (ex: remoção de poluentes atmosféricos) e cultural (valor estético e de lazer). Em contrapartida, 2 serviços (pesca – cultural; abrigo e reprodução de ictiofauna – regulação), cuja existência se dá pela presença única de recursos hídricos, são os que apresentam menor potencial de oferta, isso porque, na bacia de estudo, a categoria de recurso hídrico corresponde a menor área, sendo 1,2% da área da bacia.

Conclusões

Reconhecer os serviços ambientais e os benefícios deles resultantes pode contribuir para um maior peso a respeito da importância da preservação e manutenção das bacias hidrográficas. A espacialização de categorias de uso e ocupação do solo, fornecedoras de serviços ambientais e/ou ecossistêmicos possibilitou o entendimento das áreas prioritárias para ação do poder municipal, com o intuito de tornar possível ou aumentar o fornecimento destes na bacia de estudo.

Ressalta-se a existência de programa de Pagamento por Serviços Ambientais no município de Campinas, instituído pela Lei Municipal nº15.046 de 23 de julho de 2015. Embora tenha definido subprogramas de PSA que tenham por objetivo promover o desenvolvimento sustentável e fomentar a manutenção e ampliação de serviços relacionados à carbono, solo,





água, sociobiodiversidade e outros de cunho cultural, até o presente momento somente o PSA-Água se encontra regulamentado por decreto. O aparecimento do serviço de sequestro de carbono como de maior potencial de oferta pela bacia serve como um diagnóstico de priorização de ações no âmbito de gestão municipal.

Ainda, o método aplicado para levantamento de potencial fornecimento de serviços por bacias hidrográficas pode ser aplicado em outras bacias hidrográficas do município de Campinas de modo a auxiliar na gestão ambiental das mesmas.

Por meio dos mapas apresentados e em consonância com a literatura consultada, verificou-se que o uso e ocupação do solo influencia na qualidade/quantidade de serviços ofertados. Pelo fato da bacia do Ribeirão das Pedras apresentar grande extensão urbana, decorrente da queda no percentual de áreas agricultáveis e florestadas, os remanescentes florestais e áreas verdes configuram áreas de relevante importância para a proteção e conservação da biodiversidade, contribuindo igualmente para a melhoria da qualidade de vida humana e do ambiente.

Faz-se necessário, ainda, entendimento da dinâmica dos ecossistemas urbanos e do fluxo de bens e serviços providos por eles para que seja possível embasamento técnico e científico no momento do planejamento urbano pautado na sustentabilidade.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Adhikari, K. & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services - A global review. *Geoderma*, 262, 101-111, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- Akber, M. A., Khan, M. W. R., Islam, M. A., Rahman, M. M. & Rahman, M. R. (2018). Impact of land use change on ecosystem services of southwest coastal Bangladesh. *Journal of Land Use Science*, 13(3), 238-250. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2018.1529832>
- Almeida, G. C. A. (2019). *Serviços ecossistêmicos do solo sob sistemas agroflorestais: estado da arte e estudo de caso em São Gonçalo - RJ*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.
- Alves-Pinto, H. N., Latawiec, A. E., Strassburg, B. B. N., Barros, F. S. M., Sansevero, J. B. B., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Lemgruber, L., Rangel, M. C. & Silva, A. C. P. (2017). Reconciling rural development and ecological restoration: Strategies and policy recommendations for the Brazilian Atlantic Forest. *Land Use Policy*, 60, 419-426. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.004>
- Andrade, D. C., Romeiro, A. R., Fasiaben, M. C. R. & Garcia, J. R. (2012). Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 25, 53-71.



<http://dx.doi.org/10.5380/dma.v25i0.26056>

Antoniazzi, L. B. (2008). *Oferta de serviços ambientais na agricultura*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, Brasil. <http://dx.doi.org/10.11606/D.11.2008.tde-24072008-130134>

Arunyawat, S. & Shrestha, R. (2016). Assessing land use change and its impact on ecosystem services in northern Thailand. *Sustainability*, 8(8), 768-789. <http://dx.doi.org/10.3390/su8080768>

Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida- Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., Hall, J., Lara, A., Latta, P., Peña-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., Xavier, R. O., Paruelo, J. M., Peinado, J. E., Poorter, L., Ascarrunz, N., Correa, F., Cunha-Santino, M. B., Hernández-Sánchez, A. P. & Vallejos, M. (2012). Ecosystem services research in Latin America: the state of the art. *Ecosystem Services*, 2, 56-70. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.09.006>

Bennett, E. M., Peterson, G. D. & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12), 1394-1404. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>

Bolfe, C., Amaral, N. A. L., Pfitscher, E. D., Vicente, E. F. R. & Tengaten, M. B. (2013). Perspectivas de Pagamento por Serviços Ambientais na bacia hidrográfica do rio das Antas. *Enciclopédia Biosfera*, 9(16), 2609-2624. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/multidisciplinar/Pagamento%20por%20Servicos.pdf>. Acesso: 10 nov. 2019.

Boumanns, R., Ambrosio, L. A., Romeiro, A. R. & Campos, E. M. G. (2010). Modelagem dinâmica do uso e cobertura das terras para o controle da erosão na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu e Pardo – São Paulo – Brasil. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 14, 1-12. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/46561568_Modelagem_Dinamica_do_Uso_e_Cobertura_das_Terras_para_o_Control_e_da_Erosao_na_Bacia_Hidrografica_do_Rio_Mogi-Guacu_e_Pardo_-_Sao_Paulo_-_Brasil. Acesso em: 04 nov. 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. (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. Brasília, DF.

Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y. & Muller, F. (2014). Ecosystem service potential, flows and demands - concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online*, 34, 1-32. <http://dx.doi.org/10.3097/lo.201434>

Calderón-Contreras, R.; Quiroz-Rosas, L. E. (2017). Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City. *Ecosystem Services*, 23,127–137. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.004>

CAMPINAS. (2018). *Lei Complementar nº 189, de 08 de janeiro de 2018*. Dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico do município de Campinas. Campinas, Disponível em: <http://suplementos.campinas.sp.gov.br/admin/download/suplemento_2018-01-09_cod473_1.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2019.





- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. (2019). *Climatologia Campinas*. Disponível em: <<https://www.cpa.unicamp.br/graficos>>. Acesso em: 28 out. 2019.
- Clinton, N., Stuhlmacher, M., Miles, A., Aragon, N. U., Wagner, M., Georgescu, M., Herwig, C & Gong, P. (2018). A global geospatial ecosystem services estimate of urban agriculture. *Earth's Future*, 6(1), 40-60. <http://dx.doi.org/10.1002/2017ef000536>
- Costanza, R. D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. & Belt, M. van den. (1998). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 25(1), 3-15. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00020-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00020-2)
- Damame, D. B., Longo, R. M. & Oliveira, E. D. (2019). Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas, São Paulo, Brasil. *Acta Brasiliensis*, 3(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.22571/2526-4338108>
- Dagnino, R. S. (2007). *Riscos ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Campinas/São Paulo*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/287727>. Acesso: 04 nov. 2019.
- Dobbs, C., Hernández-Moreno, Á., Reyes-Paecke, S. & Miranda, M. D. (2018). Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: the case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile). *Ecological Indicators*, 85, 1068-1080. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.062>
- Doherty, K. (2015). *Urban agriculture and ecosystem services: a typology and toolkit for planners*. Dissertação de mestrado, University of Massachusetts Amherst, Massachusetts, 2015. Available in: https://scholarworks.umass.edu/masters_theses_2/269?utm_source=scholarworks.umass.edu%2Fmasters_theses_2%2F269&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages. Access: 06 nov. 2019.
- Dominati, E., Patterson, M & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, 69(9), p.1858-1868. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002>
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S. N., Ploeg, S. van der, Aronson, J., Blignaut, J. N., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D. J., Kronenberg, J. & De Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 101-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>
- Etto, T. L., Longo, R. M., Arruda, D. R. & Invenioni, R. (2013). Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras – Campinas-SP. *Revista Árvore*, 37(6), 1063-1071. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622013000600008>
- Fedele, G., Locatelli, B., Djoudi, H. & Colloff, M. J. (2018). Reducing risks by transforming landscapes: cross-scale effects of land-use changes on ecosystem services. *Plos One*, 13(4), e0195895. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0195895>
- Franchini, J. C., Balbinot, A. A., Debiasi, H. & Sichieri, F. (2015). Integração lavoura-pecuária-floresta como estratégia para aumentar a produtividade e prover serviços ambientais no noroeste do Paraná. In: Parron, L. M. et al. *Serviços ambientais em*



- sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica*. Brasília: Embrapa, 266-270. Disponível em: <http://www.faesb.edu.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/09/Livro-Servicos-Ambientais-Embrapa1.pdf>. Acesso: 11 nov. 2019.
- Gashaw, T., Tulu, T., Argaw, M., Worqlul, A. W., Tolessa, T. & Kindu, M. (2018). Estimating the impacts of land use/land cover changes on Ecosystem Service Values: The case of the Andassa watershed in the Upper Blue Nile basin of Ethiopia. *Ecosystem Services*, 31, 219-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.05.001>
- Garcia, J. M., Mantovani, P., Gomes, R. C., Longo, R. M., Demamboro, A. C. & Bettine, S. C. (2018). Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Sociedade & Natureza*, 30(1), 228-254. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v30n1-2018-10>
- García-Llamas, P., Geijzendorffer, I. R., García-Nieto, A. P., Calvo, L., Suárez-Seoane, S. & Cramer, W. (2019). Impact of land cover change on ecosystem service supply in mountain systems: a case study in the Cantabrian Mountains (NW of Spain). *Regional Environmental Change*, 19(2), 529-542. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-018-1419-2>
- Gomes, R. C., Longo, R. M., Ribeiro, F. H. S., Bettine, S. C., Demamboro, A. C. & Ribeiro, A. I. (2016). Water Quality Index in an urban watershed. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 11(6), 1037-1043. <http://dx.doi.org/10.2495/sdp-v11-n6-1037-1043>
- Gómez-Baggethun, E., Gren, A., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P., Anderson, E., Hamstead, Z. & Kremer, P. (Ed.). (2013). Urban Ecosystem Services. In: Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K. C. & Wilkinson, C. (Ed.). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities - A global assessment*. Springer, 175-251. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1>
- Grizzetti, B., LanzaNova, D., Liqueste, C., Reynaud, A. & Cardoso, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science & Policy*, 61, 194-203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>
- Hernández-Blanco, M., Costanza, R., Anderson, S., Kubiszewski, I. & Sutton, P. (2020). Future scenarios for the value of ecosystem services in Latin America and the Caribbean to 2050. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100008>
- IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. (2019). *Solos do Estado de São Paulo*. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosspp/>>. Acesso em: 28 out. 2019.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature. (2019). *Valuing ecosystem services in urban areas*. The URBESS Project. Disponível em: <https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/urbes_factsheet_03_web_23_05_2013.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- Jacomazzi, M. A. (2015). *Avaliação de cenários para elaboração de plano diretor de macrodrenagem urbana. Estudo de caso: bacia do ribeirão das Anhumas em Campinas/SP*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/322002>. Acesso em: 04 nov. 2019.
- Jardim, M. H. & Bursztyn, M. A. (2015). Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20(3), 353-





360. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000106299>

Jenerette, G. D., Harlan, S. L., Stefanov, W. L. & Martin, C. A. (2011). Ecosystem services and urban heat riskscape moderation: water, green spaces, and social inequality in Phoenix, USA. *Ecological Applications*, 21(7), 2637-2651. <http://dx.doi.org/10.1890/10-1493.1>

Jiang, W. (2017). Ecosystem services research in China: a critical review. *Ecosystem Services*, 26, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.012>

Karabulut, A., Egoh, B. N., Lanzasova, D., Grizzetti, B., Bidoglio, G., Pagliero, L., Bouraoui, F., Aloe, A., Reynaud, A., Maes, J., Vandecasteele, I. & Mubareka, S. (2016). Mapping water provisioning services to support the ecosystem–water–food–energy nexus in the Danube river basin. *Ecosystem Services*, 17, 278-292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.08.002>

Lawler, J. J., Lewis, D. J., Nelson, E., Plantinga, A. J., Polasky, S., Withey, J. C., Helmers, D. P., Martinuzzi, S., Pennington, D. & Radeloff, V. C. (2014). Projected land-use change impacts on ecosystem services in the United States. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 111(20), 7492-7497. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1405557111>

Longo, M. H. C. & Rodrigues, R. R. (2017). Análise de serviços ecossistêmicos na Avaliação de Impacto Ambiental: proposta e aplicação em um empreendimento minerário. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 43(Edição Especial), 103-125. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v43i0.54106>

Lopes, F. W. A. & Magalhães Junior, A. P. (2010). Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. *Geografias*, 6(2), 134-147. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13301/10533>. Acesso em: 29 out. 2019.

Martínez, M. L., Pérez-Maqueo, O., Vásquez, G., Castillo-Campos, G., García-Franco, J., Mehlreter, K., Equihua, M. & Landgrave, R. (2009). Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258(9), 1856-1863. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.023>

Martins, T. N., Leitão, T. E. & Henriques, M. J. (2019). Ensaios em coluna-de-solo para avaliar o destino de poluentes de ETAR simulando condições de recarga controlada de aquíferos (SAT-MAR). *Revista Iberoamericana del Agua - Ribagua*, 6(1), 78-86. <http://dx.doi.org/10.1080/23863781.2019.1635919>.

McDonough, K., Hutchinson, S., Moore, T., Hutchinson, J. M. S. (2017). Analysis of publication trends in ecosystem services research. *Ecosystem Services*, 25, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.022>

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington: Island Press. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso: 05 nov. 2019.

Melo, M. E. (2016). *Pagamento por Serviços Ambientais (PSA): entre a proteção e a mercantilização dos serviços ecossistêmicos no contexto da crise ambiental*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Disponível



em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/171710>. Acesso: 06 nov. 2019.

- MMA. Ministério do Meio Ambiente. (2019). *Serviços ecossistêmicos*. Disponível em: <<https://mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos>>. Acesso em: 29 out. 2019.
- Oliveira, A. S., Silva, A. M. & Mello, C. R. (2020). Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 25(1), 59-67, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020148177>
- Parron, L. M., Fidalgo, E. C. C., Luz, A. P., Campanha, M. M., Turetta, A. P. D., Pedreira, B. C. C. G. & Prado, R. B. (2019). Research on ecosystem services in Brazil: a systematic review. *Ambiente & Água*, 14(3), e2263. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2263>
- Polasky, S., Nelson, E., Pennington, D. & Johnson, K. A. (2010). The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to Landowners: a case study in the state of Minnesota. *Environmental and Resource Economics*, 48(2), 219-242. <http://dx.doi.org/10.1007/s10640-010-9407-0>
- Quijas, S., Romero-Duque, L. P., Trilleras, J. M., Conti, G., Kolb, M., Brignone, E. & Dellafiore, C. (2019). Linking biodiversity, ecosystem services, and beneficiaries of tropical dry forests of Latin America: review and new perspectives. *Ecosystem Services*, 36, 100909. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100909>
- Revelli, R. (2017). Urban forests, ecosystem services and modeling. *Forestry Research and Engineering: International Journal*, 1(2), 62-63. <http://dx.doi.org/10.15406/freij.2017.01.00009>
- Salla, M. R., Pereira, C. E., Alamy Filho, J. E., Paula, L. M. & Pinheiro, A. M. (2013). Estudo da autodepuração do rio Jordão, localizado na bacia hidrográfica do rio Dourados. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 18(2), 105-114. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522013000200002>
- Santos, F. L. & Silvano, R. A. M. (2016). Aplicabilidade, potenciais e desafios dos Pagamentos por Serviços Ambientais para conservação da água no sul do Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 38, 481-498. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.43640>
- Schuler, A. E., Prado, R. B., Fidalgo, E. C. C., Turetta, A. P. D., Diederichsen, A., Veiga, F., Atanazio, R., Santos, D. G. & Martins, A. L. (2017). Serviços ambientais hídricos. In: 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: Embrapa, 14-29.
- Seppelt, R., Dormann, C. F., Eppink, F. V., Lautenbach, S., Schmidt, S. (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 630-636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01952.x>
- Sharma, R., Rimal, B., Baral, H., Nehren, U., Paudyal, K., Sharma, S., Rijal, S., Ranpal, S., Acharya, R. P., Alenazy, A. A. & Kandel, P. (2019). Impact of land cover change on ecosystem services in a Tropical Forested Landscape. *Resources*, 8(1), 18-30. <http://dx.doi.org/10.3390/resources8010018>





- Silva, A. L., Longo, R. M., Bressane, A. & Carvalho, M. F. H. (2019). Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem. *Ciência Florestal*, 29(3), 1254-1269. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509830201>
- SMA. Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. (2013). *Uso e Cobertura da Terra da UGRHI 05 (PCJ) – 2013*. São Paulo: SMA/CPLA/DIA/CIGI. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/pt/navegar>> (Caminho: Catálogo, Classificação do Metadado, Uso e Cobertura do Solo, página 2, Uso e Cobertura da Terra da UGRHI 05 (PCJ) – 2013). Acesso em: 13 nov. 2019.
- Souza, L. S., Laganá, M. V. & Chaves, M. A. R. (2012). Estudo das enchentes nas proximidades do Tilli Center, às margens do Ribeirão das Pedras, Campinas, SP. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, 8(2), 21-27. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/328>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- SVDS. Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (2019). *Geoambiental: Informações ambientais espacializadas*. Disponível em: <https://geoambiental.campinas.sp.gov.br/pmapper/map_svds.phtml?config=svds>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- Swinton, S. M., Lupi, F., Robertson, G. P. & Hamilton, S. K. (2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics*, 64(2), 245-252. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.020>
- Távora, G. S. G., Silva, A. S. & Turetta, A. P. D. (2018). Análise da política por pagamento por serviços ambientais como um instrumento para sustentabilidade socioambiental. *Geosul*, 33(66), 29-47. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n66p29/36049>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Vezzani, F. M. (2015). Solos e os serviços ecossistêmicos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(número especial), 673-684. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/233637/27226>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- Young, C. E. F. & Bakker, L. B. D. (2015). Instrumentos econômicos e Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil. In: FOREST TRENDS (ed.) *Incentivos Econômicos para Serviços Ecossistêmicos no Brasil*. 33-56. Rio de Janeiro: Forest Trends. Disponível em: https://brazil.forest-trends.org/documentos/matriz_book.pdf. Acesso: 07 nov. 2019.
- Yuan, K., Li, F., Yang, H. & Wang, Y. (2019). The influence of land use change on ecosystem service value in Shangzhou District. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1321-1333. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16081321>
- Zhou, J., Sun, L., Zang, S. & Wang, K. (2017). Effects of the land use change on ecosystem service value. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(2), 121-130. <http://dx.doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.02.001>