

**Água, serviços ecossistêmicos e Brasil: Onde estamos e para onde vamos?**

**JEFERSON LIMA**

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE (FEA/USP)

## Água, serviços ecossistêmicos e Brasil: Onde estamos e para onde vamos?

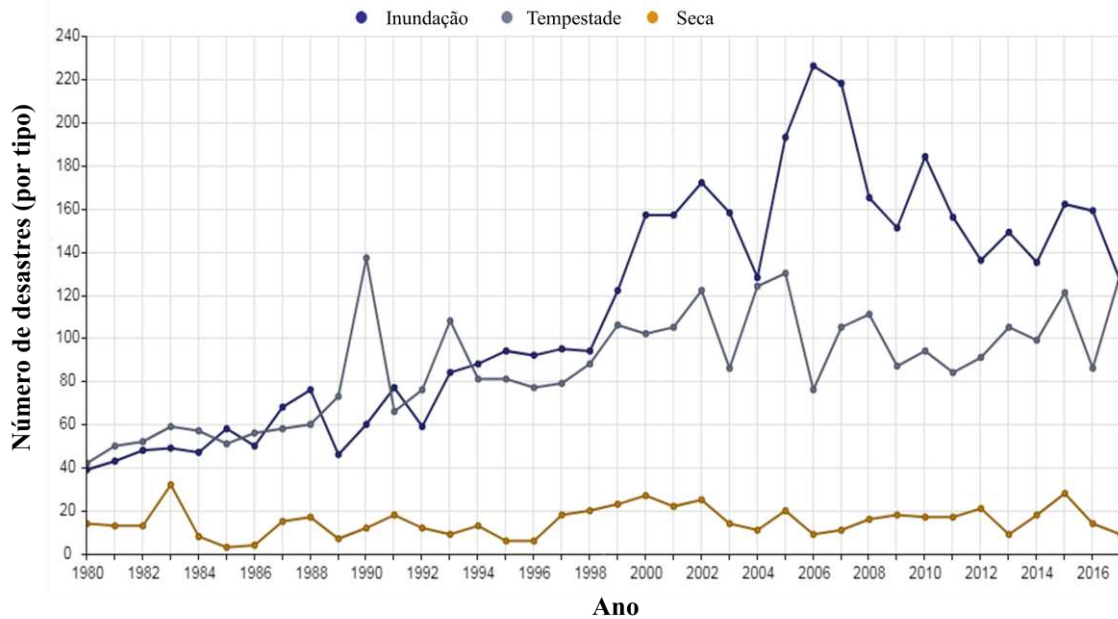
### Introdução

Segundo Barbier (2011), durante os 100 anos entre 1890 e 1990, a população mundial cresceu quatro vezes, a produção industrial 40 vezes e a quantidade de pescado marinho 35 vezes, enquanto a área de florestas diminuiu em 20% e 1% das espécies de mamíferos e aves foi extinta. Uma das razões para a exploração desordenada dos recursos naturais está relacionada ao processo de não atribuir valor monetário aos benefícios propiciados pelo meio ambiente (MEA, 2005), ou seja, enquanto a preservação deste não se mostrar como um propósito econômico, ele estará sujeito aos impactos causados pelo consumo acelerado de recursos. Para entender essa valoração é necessário compreender os serviços ecossistêmicos envolvidos no funcionamento e regulação do planeta.

A água está presente em inúmeros serviços ecossistêmicos e será o objeto de estudo dessa pesquisa. O crescimento acelerado da população e por consequência do consumo para sua manutenção tem impactado o meio ambiente e os ciclos hídricos.

Regulação climática é um dos serviços em que água está intimamente relacionada, e para se ter um exemplo, dados do EM-DAT (The Emergency Events Database) mostram que entre os anos 1980 e 2017, a ocorrência de inundações e tempestades mais do que triplicou. A influência humana no meio ambiente tem impacto nesses desastres uma vez que serviços regulatórios auxiliam no controle de enchentes e regulação climática (Munang et al, 2013; Costanza et al, 2017).

Figura 1: Evolução do número de desastres hidrológicos entre 1980 e 2017



Fonte: EM-DAT The Emergency Events Database (2019)

Esses desastres e distúrbios na natureza podem comprometer serviços ecossistêmicos importantes, como o balanço hídrico e o fornecimento de água potável, afetando a qualidade da água, aumentando potencialmente os custos de tratamento e diminuindo o acesso da população à água potável. A governança e a gestão dos recursos hídricos, logo, devem contemplar variáveis ambientais que possam afetar a produção, captação e distribuição de água. A ausência de tais abordagens resultou, por exemplo, na seca que atingiu o sudeste brasileiro entre 2013 e 2015, e levou a uma crise hídrica

nos ecossistemas de água doce (superficiais e subterrâneos) atingindo milhões de pessoas.

Essa pesquisa tem como objetivo analisar o que tem sido pesquisado recentemente no Brasil sobre a relação entre água e serviços ecossistêmicos, explorando o relacionamento com o uso do solo, biodiversidade, regulação climática, paisagística, turismo, entre outros serviços. Esse trabalho se faz importante ao trazer de forma sintética artigos produzidos desde 2014 que conectam recursos hídricos impactando outros serviços ecossistêmicos nos variados biomas brasileiros.

### **Revisão bibliográfica**

Os serviços ecossistêmicos são processos pelos quais recursos, ecossistemas e os seres vivos que os integram mantêm a biodiversidade e a produção de bens ecossistêmicos, como frutos do mar, madeira, biomassa e produtos farmacêuticos. Além da produção de bens, os serviços ecossistêmicos dão suporte à vida e benefícios estéticos e culturais intangíveis, garantindo a continuidade da vida humana (Daily, 1997). Assim, os serviços ecossistêmicos dependem da manutenção do capital natural para manterem seus benefícios e o declínio desse capital representa uma ameaça a toda sociedade.

A inclusão da discussão sobre serviços ecossistêmicos e sua valoração nas decisões econômicas, políticas e sociais não ameniza nem diminui o valor intrínseco da natureza e a necessidade de conservá-la. A valoração dos serviços ecossistêmicos e do capital natural complementa preocupações morais e a compreensão dos papéis que a natureza desempenha na continuidade da vida e as razões para conservá-la (Kareiva et al, 2011).

Esse equilíbrio entre utilizar e conservar pode ser visto na água permeando os serviços ecossistêmicos. Águas são aproveitadas para fornecerem alimento, irrigação, geração de energia hidrelétrica, entre outros. A disponibilidade espacial e temporal dos recursos hídricos são fortemente influenciadas pela geomorfologia das bacias hidrográficas, vegetação e uso do solo (Mendonza et al, 2011) afetando como os benefícios são gerados. Para Poster e Carpenter (1997), esses benefícios seriam divididos em três categorias: (i) o fornecimento de água para sobrevivência humana (bebida, irrigação, energia); (ii) o fornecimento de bens advindos dela (peixes e plantas por exemplo); e (iii) o fornecimento de benefícios não-extrativos (recreação, transporte e controle de enchentes).

Assim, serviços ecossistêmicos e ciclo hidrológico seriam como "softwares da natureza" enquanto o "hardware humano" seria o responsável por "rodar" esse "software" por meio da engenharia, biotecnologia, interações sociais e usos econômicos (Tundisi e Tundisi, 2016).

### **Metodologia**

Os artigos foram coletados na base de periódicos Science Direct no período entre 2014 até o dia 30 de abril de 2019. As palavras-chave pesquisadas foram "water", "ecosystem" e "services", sendo que apenas artigos de revisão e de pesquisa foram selecionados. A primeira busca retornou 1619 artigos que mencionavam as palavras-chave no título ou resumo. Destes 1619, 91 foram excluídos, pois suas datas de publicação ultrapassavam 30 de abril de 2019.

Para refino das buscas, adicionou-se a palavra-chave "Brazil", diminuindo o número de artigos para 52. Após a leitura dos resumos de cada trabalho, 24 foram descartados devido a não abordagem de vínculos entre serviços ecossistêmicos e água de forma concreta e percebível.

## Resultados

Os resultados a seguir são frutos das leituras dos artigos selecionados e dos pontos principais abordados por cada um.

Os primeiros trabalhos focaram sobre os serviços hídricos e biomas brasileiros.

A economia de bacias hidrográficas é extremamente dependente dos serviços ecossistêmicos aliados aos ciclos hidrológicos, sendo que o uso da água disponível, em quantidade e qualidade, é fundamental para uma gestão hídrica sustentável (Tundisi e Tundisi, 2016). Isso pode ser observado em Cunha-Santino, Fushita e Bianchini Jr (2017) que ao estudarem a importância das bacias hidrográficas na Mata Atlântica, um dos ecossistemas mais degradados do mundo, afirmam que a qualidade da água impacta serviços culturais (recreação e turismo), serviços de apoio (fornecimento de nutrientes e fertilidade do solo), serviços de regulação (controle de nutrientes e purificação da água) e serviços de provisão (quantidade e qualidade de água). Isso reforça a importância da manutenção da Mata Atlântica pela quantidade de serviços ecossistêmicos presentes na região, como as nascentes de diversos rios que abastecem cidades litorâneas (segurança hídrica), biodiversidade, fertilidade do solo, alimentação e controle de inundações.

Em Extrema (MG), região de Mata Atlântica e nascente de rios que formam o Sistema Cantareira que abastece a região metropolitana de São Paulo, programas de Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE) ou Ambientais (incentivos pagos a proprietários de terras para prover suporte ecossistêmico) às pequenas propriedades locais foram estruturados para trazer recursos ambientais novamente à região. Por meio do programa Conservador das Águas (o primeiro no Brasil a tratar sobre PSE), que une comitês de bacias, parcerias privadas e poder público, houve o restabelecimento de 3000 hectares de vegetação nativa e o encorajamento de atividades pró-sustentabilidade dos proprietários locais após perceberem os benefícios ambientais em suas terras (Richards et al, 2015).

Por meio de PSE em recursos hídricos, Taffarello et al (2017) apresentaram um modelo ecoidrológico de monitoramento integrado entre qualidade e quantidade de água doce no bioma da Mata Atlântica para integrar as iniciativas de pagamentos e poder compará-las em relação à eficácia no fornecimento de serviços, além de atrair investimentos privados na disseminação dos programas de pagamento por outros estados, uma vez que o Estado de São Paulo concentra 40% deles.

Mattos et al (2018), em um estudo no Parques das Lontras (BA), notaram que na área de Mata Atlântica preservada, o fornecimento de serviços ecossistêmicos hídricos apresentou quantidade e qualidade, sendo economicamente viável de ser explorada por uma estrutura integrada de gestão de recursos hídricos que garanta produção significativa de água por meio de políticas de pagamentos por serviços ecossistêmicos para produtores rurais.

Kahn, Vásquez e de Rezende (2017) ao estudarem a despoluição do rio Paraíba do Sul (contaminado por dejetos agrícolas, industriais e municipais) e a disponibilidade a pagar pela qualidade das águas locais pelos moradores da região concluíram que mesmo que a restauração das águas locais levasse mais de 50 anos, ainda haveria interesse dos usuários no pagamento de taxas que auxiliem no financiamento da despoluição. Isso demonstra interesses de longo prazo, uma vez que a maioria dos entrevistados não se beneficiaria do rio despoluído, que ditariam políticas públicas locais na bacia do rio.

No Cerrado brasileiro, conhecido como Berço das Águas, nascem alguns dos rios mais importantes do país como São Francisco, Paraná e Tocantins, além de alimentação do sistema hídrico do Pantanal. Porém a ocupação urbana e agrícola da

região colocou diversos serviços ecossistêmicos em estresse, inclusive diversos ligados à estabilidade hídrica do bioma. Watanabe e Ortega (2014) propuseram um modelo de análise de fluxo de água e carbono na bacia de um rio do Cerrado para analisar o impacto do uso do solo na região e assim valorar os serviços ecossistêmicos presentes. Os autores conseguiram para a mata nativa do cerrado, o valor de 247 EM\$ (por ha\*ano), para pastagens bem gerenciadas, responsáveis pelo aumento da biomassa local, o valor de 180 EM\$ (por ha\*ano) e, e em áreas de plantio direto, 159 EM\$ (por ha\*ano), que refletiram o uso de práticas de conservação do solo. Pastagens degradadas e plantio tradicional apresentaram valores baixos devido à desproteção do solo e criação de gado. Isso mostra que o uso eficiente do solo e águas pode gerar valor aos serviços sistêmicos e garantir a utilização dos recursos para as comunidades locais.

Sone et al (2019) avaliaram os efeitos de práticas de conservação de solo e água no pagamento de serviços ecossistêmicos em um rio do Cerrado brasileiro. Os autores aplicaram um modelo de avaliação na montante da bacia do corpo hídrico e puderam perceber resultados positivos à jusante nos serviços ecossistêmicos locais. O modelo adotado pelos atores permite um aumento no fornecimento de água desde que as práticas de conservação fossem implementadas e controladas, inclusive se relacionando às empresas de saneamento e geração de resultados financeiros para elas e sociedade.

A caatinga, um bioma conhecido pela aparente pobreza de recursos e com índices altos de desmatamento, fornece inúmeros serviços ecossistêmicos de suporte, regulação e culturais, inclusive em serviços que não possuem mercado definido como sequestro de gases de efeito estufa, regulação do solo e provisão de água (Sanchez et al 2018). Manhães et al (2018) ao mapearem áreas de risco à biodiversidade na caatinga concluíram que espécies típicas da Caatinga estão em regiões mais secas com menor produtividade e densidade populacional, portanto mais “protegidas”, porém há uma diminuição na representação dos serviços ecossistêmicos em áreas mais povoadas e com alta disponibilidade de serviços de apoio como ciclo hídrico, produtividade primária líquida e fertilidade do solo. Entretanto, a presença humana impacta no aumento de alguns serviços de fornecimento, como produção de alimentos e fibras.

Outro ambiente aparentemente inóspito, as regiões de extração salina, como as presentes no Rio grande do Norte e no Rio de Janeiro, é fornecedor de serviços ecossistêmicos. O processo de produção de sal contribui com separações ecológicas dentro da salina, o que gera uma grande heterogeneidade de habitats e espécies, inclusive em áreas que compreendem vegetação de mangue, planícies de maré hipersalinas e Caatinga (no caso das salinas nordestinas) que abrigam diversidade da fauna (residentes e visitantes). Nas lagoas onde o sal é evaporado e cristalizado, a biodiversidade é regulada pelo grau de salinidade. Entre as diversas funções ecossistêmicas oferecidas pelas salinas estão fornecimento de alimentos, manutenção da biodiversidade, seqüestro de carbono, pesquisa e ecoturismo (de Melo Soares et al, 2018).

Mangues, outro habitat salino, são importantes berçários de biodiversidade tanto de ambientes costeiros quanto marinhos, além de regularem sequestro de carbono, controle de inundações, balanço hídrico e produção de alimentos. Tenório et al (2015) investigaram o papel da conversão de manguezais em fazendas de criação de camarão analisadas por meio da produtividade de viveiros localizados em manguezais comparados aos instalados em terras altas adjacentes aos mangues na costa Amazônica. Os autores concluíram que o valor estimado de um hectare de mangue é muito superior ao seu valor potencial na produção de camarão, além de que a carcinicultura em terras mais altas é relativamente menos prejudicial quando se analisa ecologia e retornos financeiros. Logo atividades aquicultoras nos mangues da planície costeira da

Amazônia não seriam sustentáveis de forma econômica e ambiental (Tenório et al, 2015).

A produção de alimentos, geralmente em grandes fazendas monocultoras, impacta diversos serviços ecossistêmicos relacionados à água, solo e clima, uma vez que descarta boa parte da biodiversidade natural. Na Amazônia, Lathuillière et al (2017) mostram, em áreas agrícolas, impactos significativos na biodiversidade e serviços ecossistêmicos em comparação ao Cerrado, tendo como base a biodiversidade disponível. Porém, com o avanço das culturas sobre antigas áreas de pastagem degradadas, há uma possível diminuição dos impactos sobre os serviços ecossistêmicos, mas o *trade-off* entre o crescimento das áreas cultivadas e os danos nos serviços ecossistêmicos como de filtragem mecânica pela terra e seqüestro de gases demandam análise mais profunda das funções ecossistêmicas do solo, biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa provenientes do desmatamento local (Lathuillière et al, 2017).

Os próximos trabalhos focam na relação de serviços hídricos com outros serviços principalmente àqueles relacionados ao uso do solo, uma vez que o relacionamento desses serviços é fundamental para diversos outros serviços.

A conversão da cobertura natural do solo para uso humano influencia os fluxos hídricos e altera os fluxos de sólidos (sedimentos) e filtragem de poluentes. Logo, a conservação do solo presta um importante serviço ecossistêmico ao controlar a erosão causada pela água, seja pluvial ou de outras fontes, uma vez que a lavagem do solo pela água afeta uma série de serviços ecossistêmicos como fertilidade, biodiversidade, filtragem e regulação de nutrientes, e paisagística, principalmente em regiões semiáridas e semiúmidas (Xiong, Sun e Chen 2018). No Brasil, as principais técnicas de controle e conservação de solo que apresentaram diminuição de perda de sedimentos e escoamento de nutrientes pela erosão hídrica foram o reflorestamento de áreas degradadas (Pires et al, 2017) e a cobertura do solo com cascas de colheita graças ao clima tropical (Xiong, Sun e Chen 2018). Porém há de observar que embora o reflorestamento melhore a qualidade do solo e retenção de nutrientes, há impacto na demanda hídrica, sendo necessária uma análise do *trade-off* entre disponibilidade hídrica e uso de solo pretendidos.

A cobertura florestal nas bacias hidrográficas tropicais é utilizada como indicador da saúde dos recursos hídricos locais uma vez estas apresentam menor concentração de sedimentos, nutrientes e cargas de coliformes no rio do que as bacias hidrográficas cobertas por outros usos do solo ou degradadas (menos de 35% de vegetação original). Segundo Mello et al (2018), as principais fontes de poluição nas bacias com atividades agrícolas provêm principalmente do escoamento das terras agrícolas contaminadas com químicos e águas residuais. Devido à diminuição da cobertura de florestas tropicais, o impacto das atividades humanas nos serviços ecossistêmicos de bacias hidrográficas é sentido de maneira mais aguda. Logo a restauração florestal, melhores práticas de manejo do solo e saneamento básico são necessários para melhorar a qualidade da água em bacias com atividades econômicas adjacentes.

No Pará, o descumprimento do Código Florestal, levou a aproximadamente 5,7 milhões de hectares de áreas de proteção permanente que permanecerão desmatadas impactando bacias hidrográficas e afetando a recuperação de inúmeros sistemas hidrológicos e serviços ecossistêmicos importantes (Nunes et al, 2019). Em São Paulo, o redensolvimento de florestas e plantações de cana-de-açúcar apresenta um aumento do comprometimento ao Código Florestal, em contraste com o observado em anos anteriores, embora as áreas que apresentam florestas são pequenas, esparsas, apresentam potencial de renovação e variabilidade genética menores do que florestas de

crescimento mais antigo, a preservação e restauração dessas áreas é essencial na recapacitação de serviços ecossistêmicos (Filoso et al, 2015). De Paula, Groeneveld e Huth (2015) também apontam a importância dos remanescentes de florestas na reconstrução de serviços ecossistêmicos e da importância de legislações que colaborem tanto ambientalmente quanto economicamente na construção de pagamentos por serviços ecossistêmicos na região para intensificar os esforços de preservação das matas amazônicas. Esses remanescentes de florestas apresentam uma série de serviços hídricos, que se preservados, impactam uso do solo e biodiversidade positivamente (Marichal et al, 2014). A recuperação de serviços ecossistêmicos e a produção de estudos que demonstram que o código florestal não possui efeitos negativos na agricultura também são motivadores para que se reflorem áreas antes degradadas.

Para Kennedy et al (2016), o planejamento estratégico do uso da terra, em formato de multi-uso, apresenta potencial de melhores resultados econômicos e ambientais, principalmente para áreas que estão sujeitas à expansão agrícola e apresentam alta biodiversidade ameaçada por essa expansão, como Cerrado ou a Caatinga. Ao estudar região no interior de São Paulo, o modelo desenvolvido para gestão do uso de terra gerou situações de “ganha-ganha” e “perde pouco-ganha muito”, resultando em benefícios de longo prazo como maior produção agrícola, melhorias em biodiversidade e qualidade da água, além de outros serviços ecossistêmicos locais (Kennedy et al, 2016).

Do ponto de vista das cidades, parques urbanos e áreas ao redor podem fornecer diversos benefícios como diminuição de calor urbano, regulação da água e do clima, mitigando o desconforto causado pela poluição urbana e valorizando imóveis ao redor. Almeida et al (2018) estudaram como parques de diversos tamanhos no município de São Paulo prestam serviços ecossistêmicos ao ambiente circundante e entender como a troca entre custos ambientais e custos fornecidos pelo município ocorre. Por ser uma cidade sujeita a inundações, São Paulo seria beneficiada por parques (sem distinção de tamanho) que auxiliaram na regulação das águas e controle de enxurradas, uma vez que parques impactam serviços hidrológicos mais do que serviços climáticos e sequestro de carbono, servindo como ferramentas de gestão pública urbana na mitigação de problemas ambientais e sociais, e provedor de serviços ecossistêmicos importantes (Almeida et al, 2018).

Entretanto não apenas o uso do solo, mas também mudanças climáticas têm impacto sobre os ciclos hídricos e serviços hidrológicos. Itabuna, município localizado na Zona da Mata baiana, uma região úmida e chuvosa, mas que sofreu com crises hídricas nos últimos anos. Uma das bacias hidrográficas que abastece a área urbana não atendeu à demanda durante a estação seca, enquanto outra bacia está degradada e sem capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos. O uso da terra nas bacias que suprem a região é baseado em prioridades sociais e econômicas que durante períodos de seca acentuam os problemas de segurança hídrica e ambiental, além de afetar as comunidades que dependem do ciclo hídrico para subsistência (Mattos et al, 2019).

Serviços ecossistêmicos estão sujeitos às mais variadas formas de interação humana, e desastres ambientais tendem a ter um alto custo quando ocorrem. A restauração de áreas ribeirinhas após desastres de grande escala é uma tarefa que leva anos e exige um alto investimento. Dois fatores são essenciais na construção de projetos de restauração de serviços ecossistêmicos em áreas degradadas: (i) resiliência hídrica e (ii) resistência hídrica. Diversas variáveis também entram nesse modelo como cobertura vegetal, densidade humana e uso do solo.

Após o acidente da Samarco em Mariana (MG), a contaminação dos recursos hídricos em mais de 600km depois da barragem e os danos causados ao Rio Doce são

estimados em mais de USD 5,21 bilhões de dólares em perdas por ano em relação aos serviços ecossistêmicos afetados (Garcia et al 2017). Pires et al (2017) ao proporem modelos de recuperação de áreas florestais contíguas ao Rio Doce, embora dependente do contexto de aplicação, sugerem que os modelos necessitam olhar para itens como descarga industrial, saneamento público, matas ciliares, ou o processo de recuperação da bacia do Rio Doce aumentaria em toda sua extensão. Dada que a população da bacia do Rio Doce apresenta baixos índices de IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), o reflorestamento das áreas da bacia, poderia aumentar influenciar os serviços ecossistêmicos da qualidade da água, regular o clima local, restaurar a biodiversidade, além de melhorar a economia local e a qualidade de vida dos habitantes, sendo uma solução sustentável atingindo aspectos sociais, econômicos e ambientais (Pires et al 2017).

Serviços ecossistêmicos culturais apresentam sua relevância através de uma interação intangível entre o ambiente e a sociedade, porém as dimensões não físicas e tangíveis dos aspectos socioculturais que afetam os serviços de recreação são de difíceis mensuração já que há alta subjetividade envolvida na análise (Rodrigues, Bustamante e Sano 2018). O ecoturismo surge como uma ponte entre a atividade econômica que ajuda na conservação e proteção do meio ambiente e os diversos serviços inseridos na paisagem. Segundo Tafarello et al (2017), a dinâmica entre o fluxo de águas e a paisagem fornece serviços ecossistêmicos que podem (i) melhorar a qualidade da água, (ii) impactar interações socioeconômicas e (iii) regular o uso solo.

Serviços culturais também podem fortalecer sinergia entre as dimensões sociais, ecológicas e econômicas, por exemplo, as áreas de proteção federais no Brasil, em 2015, foram visitadas por aproximadamente oito milhões de pessoas, gerando receitas estimadas em US \$ 1,2 bilhão de dólares, girando economias locais e apoiando a criação de empregos (Rodrigues, Bustamante e Sano 2018).

## **Discussão**

No Brasil, antes mesmo do conceito de serviço ecossistêmico vir à tona, diversas medidas foram colocadas em prática em para impedir degradação ou melhorar benefícios trazidos por ele. Um exemplo é que na segunda metade do século XIX, a degradação ambiental na Mata Atlântica ao redor da cidade do Rio de Janeiro começou a impactar a qualidade da água que atendia a cidade. O imperador Dom Pedro II estabeleceu então um programa de reflorestamento pioneiro no mundo para recuperação das áreas de florestas e mananciais que atendiam a cidade. Nascia o que seria vários anos depois o Parque Nacional da Tijuca e um dos primeiros programas que salientava a importância dos serviços ambientais na manutenção da qualidade de vida da população (Parque Nacional da Tijuca, 2019).

Fomentar esse tipo de reconstituição apenas com o Poder Público é oneroso. O próprio Parque Nacional da Tijuca passou por períodos de abandono e revitalização financiados por doações. Uma das estratégias para conter descuidos e abusos é fornecer aos proprietários de terra em determinada localidade pagamentos pela manutenção dos serviços ecossistêmicos. Barbier (2011), o PSE é feito oferecendo aos proprietários uma quantia igual ao maior valor ecológico da terra, desde que esses valores não fossem prejudicados pelo uso da terra pelos proprietários, ou seja, o poder público ou outras organizações identificam ativos ambientais críticos e pagam aos proprietários de terras para garantir a preservação do ecossistema. No Brasil, programas de PSE estão concentrados na região da Mata Atlântica e 40% deles estão no Estado de São Paulo (Tafarello et al, 2017).



Kareiva et al (2011) levantam que programas de PSE deveriam ser de curto prazo (decorrer de uma geração) para obter apoio, uma vez que o programa se torne “status quo”, as chances de ser desafiado são menores e o comprometimento é maior. O programa no rio Paraíba do Sul estudado por Kahn, Vásquez e de Rezende (2017) traz isso ao mostrar que os habitantes da bacia do rio pagariam pela despoluição mesmo que não vissem os resultados dela. Em áreas com implantação de programas de recuperação florestal a inserção de PSE no médio e longo prazo é uma estratégia que auxiliaria na mitigação dos problemas ambientais, criação de mais oportunidades socioeconômicas e maior articulação política das comunidades vizinhas (Mattos et al, 2019).

Segundo Zanella et al (2014), fatores não-econômicos, como confiança e participação no desenho do esquema, tem papel importante na decisão dos proprietários da terra em participar de esquemas sustentáveis de PSE. Acesso à informação, níveis múltiplos de governança e descentralização tendem a ser mais eficazes na construção de confiança, além de que investimentos em atividades de interação mostraram-se mais eficientes do que fatores econômicos como aumentos dos pagamentos aos proprietários.

Porém, segundo Richards et al (2017), apesar do esforço no desenvolvimento de programas de PSE no Brasil, houve ganhos ambientais limitados, uma vez que o lento processo de desenvolvimento de estruturas jurídicas coerentes entre as esferas públicas e a falta de validação de projetos-piloto atrapalham o fortalecimento da prática. Outro risco é a de que a estrutura dos incentivos atual possa não ser suficiente para incentivar a colaboração de proprietários de terras, portanto dificilmente se manterão os níveis de reflorestamento por parte deles (Richards et al, 2017). É necessário que se entenda os fatores principais de motivação dos proprietários e instituições, e planejar as abordagens que mostrem o ganho ambiental e de recursos como resultados positivos da participação dos proprietários nos programas.

No Brasil o desenvolvimento de PSE ainda possui variáveis políticas, econômicas e culturais que devem ser estudadas e melhor estruturadas para aperfeiçoamento dos programas. Como mencionado, a maioria dos programas de PSE estão localizados na área da Mata Atlântica, carecendo de projetos em outros biomas, os quais, devido à diversidade e extensão, apresentam uma barreira extra a implementação de programas homogêneos, necessitando desenvolver projetos únicos para cada localidade.

Mas não só de programas de PSE há carência de estudos nos biomas brasileiros. Os biomas, pelo menos em relação aos serviços hídricos explorados nesse estudo, carecem de pesquisa. Biomas como a caatinga apresentaram poucos estudos e menções. Pantanal e Pampas só foram mencionados, mas não foram localizados estudos sobre esses biomas. Os estudos sobre os serviços hídricos nessas regiões seriam fundamentais, uma vez que a dinâmica hídrica do Pantanal afeta diversas bacias hidrográficas da região Sul e Sudeste, e países como Bolívia e Paraguai. A dinâmica dos Pampas engloba a região Sul, e territórios argentinos e uruguaios que dependem da Bacia do Prata para atividades econômicas e sociais.

Em remanescentes de Mata Atlântica em Pernambuco sob jurisdição do Exército Brasileiro, Guimarães et al (2017) analisaram um conjunto de 25 indicadores de serviços ecossistêmicos, e destes, os três mais pontuados são relacionados à água condizendo com preocupações sobre disponibilidade hídrica e com a qualidade dela para consumo, de forma similar ao observado em outros estudos na América Latina (Martin-Ortega, Ojea e Roux, 2013; Balvanera et al, 2012).

O estudo anterior foi um dos poucos entre os analisados que utilizou indicadores na mensuração da prestação de serviços. Indicadores são usados como ferramentas de monitoramento de tendências ou alterações nos ecossistemas. Serviços como estoques

de peixes, solo, fluxos hídricos, condições atmosféricas já são monitoradas, mas nenhum esforço coordenado e abrangente no monitoramento de prestação de serviços existe (Daily, 1997). Isso pode ser devido à dificuldade de implementar indicadores globais para analisar a prestação dos serviços ecossistêmicos uma vez que cada bioma apresenta seus próprios desafios e a padronização de indicadores poderia não considerar os aspectos únicos.

## Conclusão

Uma revisão bibliográfica tem dois objetivos: o primeiro é levantar o que foi já foi estudado e respondido sobre um tópico, o segundo é entender quais as perguntas ainda precisam de respostas.

Na análise realizada nessa pesquisa, as perguntas a serem respondidas se espalham pela diversidade de biomas, programas de PSE e indicadores utilizados para mensurar a prestação de serviços ecossistêmicos.

A maioria dos estudos aqui achados focaram nas áreas da Mata Atlântica e em segundo no bioma Amazônico, enquanto outros biomas tiveram poucos artigos. Aqui se levantam alguns questionamentos como de acessibilidade ao local de estudo, quantidade de dados disponíveis, facilidade na obtenção de novos dados, projetos já implementados, entre outros. Em relação aos PSE, as características do projeto, dos proprietários e os ganhos futuros que atraem parceiros aos programas de PSE são algumas das perguntas que permanecem com poucas respostas.

Em relação aos pontos em comum, às perguntas respondidas, todos os artigos concordam na importância dos serviços hídricos na manutenção e prestação dos demais serviços. Os estudos também convergem que pouco tem sido feito para entender profundamente a relação entre prestação de serviços hídricos e outros serviços. De forma geral, os estudos vêm informar que água e os serviços ecossistêmicos estão sobre estresse e que a inércia de ação na proteção deles terá impactos significantes no suporte à vida de forma geral no planeta.

## Referências

- Almeida, C. M. V. B., Mariano, M. V., Agostinho, F., Liu, G. Y., & Giannetti, B. F. (2018). Exploring the potential of urban park size for the provision of ecosystem services to urban centres: A case study in São Paulo, Brazil. *Building and Environment*, 144, 450-458.
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., & Matos, D. M. S. (2012). Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services*, 2, 56-70.
- Barbier, E. B. (2011). *Capitalizing on nature: ecosystems as natural assets*. Cambridge University Press.
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16.
- Cunha-Santino, M. B., Fushita, Â. T., & Bianchini Jr, I. (2017). A modeling approach for a cascade of reservoirs in the Juquiá-Guaçu River (Atlantic Forest, Brazil). *Ecological Modelling*, 356, 48-58.
- Daily, G. C. (1997). Introduction: what are ecosystem services? *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, 1(1).
- Daily, G. C. (1997). Valuing and safeguarding Earth's life support systems. *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC, 365-374.

- de Mello, K., Valente, R. A., Randhir, T. O., & Vettorazzi, C. A. (2018). Impacts of tropical forest cover on water quality in agricultural watersheds in southeastern Brazil. *Ecological indicators*, 93, 1293-1301.
- de Melo Soares, R. H. R., de Assunção, C. A., de Oliveira Fernandes, F., & Marinho-Soriano, E. (2018). Identification and analysis of ecosystem services associated with biodiversity of saltworks. *Ocean & coastal management*, 163, 278-284.
- de Paula, M. D., Groeneveld, J., & Huth, A. (2015). Tropical forest degradation and recovery in fragmented landscapes—Simulating changes in tree community, forest hydrology and carbon balance. *Global ecology and conservation*, 3, 664-677.
- Garcia, L. C., Ribeiro, D. B., de Oliveira Roque, F., Ochoa-Quintero, J. M., & Laurance, W. F. (2017). Brazil's worst mining disaster: corporations must be compelled to pay the actual environmental costs. *Ecological applications*, 27(1), 5-9.
- Guimarães, H., Braga, R., Mascarenhas, A., & Ramos, T. B. (2017). Indicators of ecosystem services in a military Atlantic Forest area, Pernambuco—Brazil. *Ecological indicators*, 80, 247-257.
- Filoso, S., do Carmo, J. B., Mardegan, S. F., Lins, S. R. M., Gomes, T. F., & Martinelli, L. A. (2015). Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1847-1856.
- Kahn, J. R., Vásquez, W. F., & de Rezende, C. E. (2017). Choice modeling of system-wide or large scale environmental change in a developing country context: Lessons from the Paraíba do Sul River. *Science of the Total Environment*, 598, 488-496.
- Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T. H., & Daily, G. C. Polasky, S. 2011. *Natural Capital: Theory & Practice of Mapping Ecosystem Services*. Oxford: Oxford University Press.
- Kennedy, C. M., Hawthorne, P. L., Miteva, D. A., Baumgarten, L., Sochi, K., Matsumoto, M., & Devey, P. F. (2016). Optimizing land use decision-making to sustain Brazilian agricultural profits, biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation*, 204, 221-230.
- Lathuillière, M. J., Miranda, E. J., Bulle, C., Couto, E. G., & Johnson, M. S. (2017). Land occupation and transformation impacts of soybean production in Southern Amazonia, Brazil. *Journal of cleaner production*, 149, 680-689.
- Le Clec'h, S., Oszwald, J., Decaens, T., Desjardins, T., Dufour, S., Grimaldi, M., & Lavelle, P. (2016). Mapping multiple ecosystem services indicators: Toward an objective-oriented approach. *Ecological indicators*, 69, 508-521.
- Manhães, A. P., Loyola, R., Mazzochini, G. G., Ganade, G., Oliveira-Filho, A. T., & Carvalho, A. R. (2018). Low-cost strategies for protecting ecosystem services and biodiversity. *Biological Conservation*, 217, 187-194.
- Marichal, R., Grimaldi, M., Feijoo, A., Oszwald, J., Praxedes, C., Cobo, D. H. R., & Miranda, I. S. (2014). Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in deforested landscapes of Amazonia. *Applied Soil Ecology*, 83, 177-185.
- Martin-Ortega, J., Ojea, E., & Roux, C. (2013). Payments for water ecosystem services in Latin America: a literature review and conceptual model. *Ecosystem Services*, 6, 122-132.
- Mattos, J. B., Silva, K. B., da Silva, R. J., Almeida, T. H. M., Póvoas, H. S. S., da Silva, P. V. R., & da Silva Matos, I. (2019). Natural factors or environmental neglect? Understanding the dilemma of a water crisis in a scenario of water plenty. *Land Use Policy*, 82, 509-517.
- Mattos, J. B., Santos, D. A., Falcão Filho, C. A. T., Santos, T. J., dos Santos, M. G., & De Paula, F. C. F. (2018). Water production in a Brazilian montane rainforest:

Implications for water resources management. *Environmental science & policy*, 84, 52-59.

Mendoza, G., Ennaanay, D., Conte, M., Walter, M. T., Freyberg, D., Wolny, S., & Solorzano, L. (2011). Water supply as an ecosystem service for hydropower and irrigation. *Natural Capital: theory and practice of mapping ecosystem services*, 53-72.

Millennium Ecosystem Assessment, M. E. A. (2005). Ecosystems and human well-being. *Synthesis*.

Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Liu, J., & Han, Z. (2013). The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 47-52.

Nunes, S., Barlow, J., Gardner, T., Sales, M., Monteiro, D., & Souza Jr, C. (2019). Uncertainties in assessing the extent and legal compliance status of riparian forests in the eastern Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 82, 37-47.

PARQUE NACIONAL DA TIJUCA. *História*. 2018. Disponível em: <<http://parquenacionaldatijuca.rio/historia.php>>. Acesso em: 23 mai 2019

Perevochtchikova, M., Flores, J. Á. H., Marín, W., Flores, A. L., Bueno, A. R., & Negrete, I. A. R. (2019). Systematic review of integrated studies on functional and thematic ecosystem services in Latin America, 1992–2017. *Ecosystem Services*, 36, 100900.

Pires, A. P., Rezende, C. L., Assad, E. D., Loyola, R., & Scarano, F. R. (2017). Forest restoration can increase the Rio Doce watershed resilience. *Perspectives in ecology and conservation*, 15(3), 187-193.

Postel, S., & Carpenter, S. (1997). Freshwater ecosystem services. *Nature's Services: societal dependence on natural ecosystems*, 195-214.

Richards, R. C., Kennedy, C. J., Lovejoy, T. E., & Brancalion, P. H. (2017). Considering farmer land use decisions in efforts to 'scale up' Payments for Watershed Services. *Ecosystem services*, 23, 238-247.

Richards, R. C., Rerolle, J., Aronson, J., Pereira, P. H., Gonçalves, H., & Brancalion, P. H. (2015). Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. *Ecosystem services*, 16, 23-32.

Rodrigues, A. A., Bustamante, M. M. C., & Sano, E. E. (2018). As far as the eye can see: Scenic view of Cerrado National Parks. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(1), 31-37.

Sánchez, A. S., Almeida, M. B., Torres, E. A., Kalid, R. D. A., Cohim, E., & Gasparatos, A. (2018). Alternative biodiesel feedstock systems in the Semi-arid region of Brazil: Implications for ecosystem services. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2744-2758.

Sone, J. S., Gesualdo, G. C., Zamboni, P. A., Vieira, N. O., Mattos, T. S., Carvalho, G. A., & Oliveira, P. T. S. (2019). Water provisioning improvement through payment for ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 655, 1197-1206.

Taffarello, D., do Carmo Calijuri, M., Viani, R. A. G., Marengo, J. A., & Mendiondo, E. M. (2017). Hydrological services in the Atlantic Forest, Brazil: An ecosystem-based adaptation using ecohydrological monitoring. *Climate Services*, 8, 1-16.

Tenório, G. S., Souza-Filho, P. W. M., Ramos, E. M., & Alves, P. J. O. (2015). Mangrove shrimp farm mapping and productivity on the Brazilian Amazon coast: Environmental and economic reasons for coastal conservation. *Ocean & Coastal Management*, 104, 65-77.

- Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2016). Integrating ecohydrology, water management, and watershed economy: case studies from Brazil. *Ecohydrology & Hydrobiology*, *16*(2), 83-91.
- Watanabe, M. D., & Ortega, E. (2014). Dynamic emergy accounting of water and carbon ecosystem services: A model to simulate the impacts of land-use change. *Ecological Modelling*, *271*, 113-131.
- Xiong, M., Sun, R., & Chen, L. (2018). Effects of soil conservation techniques on water erosion control: A global analysis. *Science of the Total Environment*, *645*, 753-760.
- Zanella, M. A., Schleyer, C., & Speelman, S. (2014). Why do farmers join Payments for Ecosystem Services (PES) schemes? An Assessment of PES water scheme participation in Brazil. *Ecological Economics*, *105*, 166-176.