

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS MAPEAMENTOS DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS PARA A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES HIDROLÓGICOS

Alessandra Silva Araújo

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais
Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil
alessandrasa@ufmg.br

Marcelo Antonio Nero

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil
marcelo-nero@ufmg.br

RESUMO

Os desastres do tipo hidrológico, como alagamentos, inundações e enxurradas, têm se tornado recorrentes devido às alterações climáticas globais e às formas de uso e ocupação do solo que alteram a oferta dos serviços ambientais. Abordagens de base ecossistêmica têm sido consideradas estratégias adaptativas aos desastres e, a partir disso, tem-se investigado o papel dos serviços ecossistêmicos (SE) na gestão de riscos. Este levantamento bibliográfico teve o objetivo de identificar o potencial dos mapeamentos de SE em colaborar com as atividades de redução de riscos de desastres hidrológicos. Verificou-se que, a partir da ênfase na representação espacialmente explícita da oferta e da demanda por SE, esses mapeamentos têm grande potencial em contribuir para a estruturação de um novo paradigma ambiental na gestão de riscos e desastres brasileira, ao consolidar uma nova abordagem conceitual sobre o risco.

Palavras-chave: Desastres Hidrológicos. Desastres Ambientais. Mapeamento de Serviços Ecossistêmicos.

BIBLIOGRAPHIC SURVEY ON THE CONTRIBUTIONS OF ECOSYSTEM SERVICES MAPPING FOR HYDROLOGICAL DISASTER RISK MANAGEMENT

ABSTRACT

Hydrological-type disasters, such as floods and flash floods, seem to become recurrent due to global climate change and the forms of land use and occupation that alter the supply of environmental services. Ecosystem-based approaches have been considered adaptive strategies to disasters and, from this, the role of ecosystem services (ES) in risk management has been investigated. This survey aimed to identify the potential of ES mappings in collaborating with hydrological disaster risk reduction activities. It was found that from the emphasis on the spatially explicit representation of the supply and demand for ES, the mappings have great potential to contribute to the structuring of an environmental paradigm in the Brazilian risks and disasters management by consolidating a new conceptual approach to the risk.

Keywords: Hydrological Disasters. Environmental Disasters. Ecosystems Services Mapping.

INTRODUÇÃO

O aumento da recorrência de eventos ambientais extremos e de suas consequências tem desafiado as abordagens tradicionais de gestão de riscos e desastres, principalmente pela sua dificuldade em gerar adaptação e resiliência. Como resposta, abordagens de base ecossistêmica podem mudar a perspectiva sobre os desastres, ao analisá-los sob a ótica da oferta e da demanda por serviços ambientais (STÜRCK; POORTINGA; VERBURG, 2014).

Os serviços ambientais, ou serviços ecossistêmicos (SE), são os benefícios advindos do funcionamento da natureza que podem ser aproveitados pelos seres humanos (BURKHARD et al., 2009). O estudo sobre os SE tem origem nas ciências econômicas, que buscaram desenvolver métodos de valoração da natureza ou das funções benéficas que ela desempenha para a sociedade, sendo esse, portanto, um conceito antropogênico-orientado (KRUCZKOWSKA, 2019). Ainda que grande parte dos estudos se

debruce sobre as formas de valoração dos serviços (EGOH et al., 2012), o conceito de SE e seus derivados (como serviços da paisagem, ver Duarte et al. (2018)) têm sido ampliados para outros objetivos e, permitem, de modo geral, aproximar as funções ecológicas do sistema social (KRUCZKOWSKA, 2019).

Acordos e convenções internacionais, tais como *New Urban Agenda*, *Sustainable Development Goals*, *Paris Agreement*, *Convention on Biological Diversity* e *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction* têm defendido a necessidade de aprimorar as capacidades adaptativas às alterações climáticas, bem como o aumento da resiliência frente aos episódios de eventos ambientais extremos (CBD, 2018), dos quais fazem parte os desastres hidrológicos (COBRADE, 2012). Nesse contexto, grande atenção tem sido dada às chamadas *Soluções Baseadas na Natureza* (Nature-based solutions ou NbS), à *Adaptação Baseada no Ecossistema* (Ecosystem-based adaptation ou EbA) e à *Redução de Riscos e Desastres Baseada no Ecossistema* (Ecosystem-based disaster risk reduction ou Eco-DRR), as quais consideram a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos como estratégia de adaptação e resiliência (UNEP-IEMP, 2019, WHELCHER; BECK, 2016).

No que tange aos desastres hidrológicos, tais como inundações e alagamentos, diferentes serviços ecossistêmicos são relevantes para sua mitigação, com destaque para o serviço de regulação, que desempenha especial importância, pois trata da capacidade do ecossistema em coletar a água em dispersão (STÜRCK; POORTINGA; VERBURG, 2014). São crescentes as experiências que empregam os SE como estratégias para a redução e gestão de riscos de desastres ambientais, mas algumas lacunas sobre a sua caracterização, mensuração e métodos de implantação são relatados, demandando o aprofundamento nessa investigação (UNEP-IEMP, 2019). O mapeamento da distribuição dos SE é uma das ações que podem apoiar a avaliação e a tomada de decisão sobre a gestão dos ecossistemas (BURKHARD et al., 2012). Contudo, os mapeamentos parecem conter limitações para incorporar a complexidade socioeconômica e ambiental que caracteriza e define um SE. Além disso, vale ressaltar que não existe método de validação dos mapas, ou forma de avaliar a sua qualidade em termos de obtenção e processamento dos dados representados (BURKHARD et al., 2012; SCHULP et al., 2014). Para Kruczkowska (2019), o mapeamento de serviços ecossistêmicos é uma atividade complexa que, de forma geral, enfrenta problemas em decorrência da seleção inapropriada de indicadores, da indisponibilidade de dados, e da seleção inadequada da unidade de análise (escala). Assim, para se avançar nesse campo de investigação, permanecem alguns desafios: Quais são os SE associados aos riscos de desastres hidrológicos e como eles operam na paisagem? Como o mapeamento de SE associados aos desastres hidrológicos tem sido aplicado? Quais indicadores são utilizados, por quais modelos de dados e *softwares*? Quais os principais desafios e vantagens dessa abordagem para a redução de riscos de desastres ambientais? Quais os caminhos ou desafios para a gestão de riscos e desastres institucional brasileira aproveitar o mapeamento de SE? Este artigo teve como objetivo geral fazer um levantamento da literatura respondendo de forma exploratória às questões levantadas. Buscou-se coletar informações acerca dos mapeamentos de serviços ecossistêmicos, investigando seu potencial em colaborar com a consolidação de estratégias para a redução de riscos de desastres hidrológicos, visando a contemplar os seguintes objetivos específicos: 1) identificar estudos relevantes que fundamentam a técnica do mapeamento de SE relacionados à redução ou gestão de riscos de inundações e alagamentos; 2) avaliar os principais aspectos das técnicas de mapeamento que informam sobre suas características, potencial, limitações e desafios para apoiar a identificação e quantificação dos SE; e 3) avaliar a situação e o potencial de integração dessa metodologia à gestão de riscos e desastres no Brasil.

A GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES TRADICIONAL E A VISÃO ECOSISTÊMICA

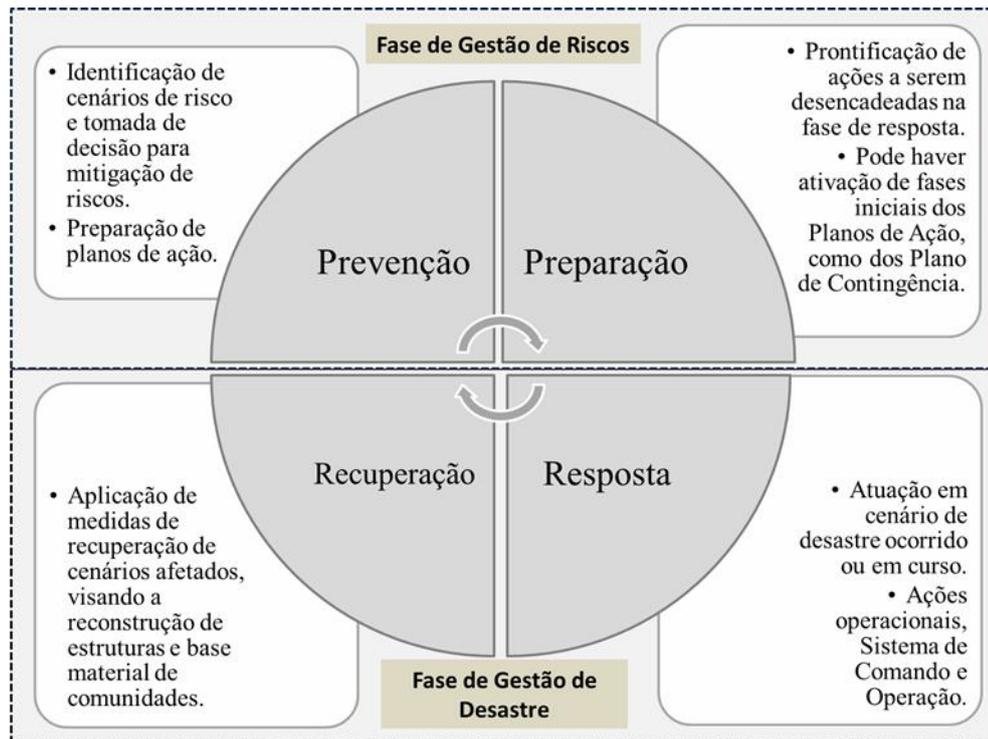
A gestão de riscos e desastres (GRD) no Brasil foi construída nas últimas décadas pela dicotomia entre dois paradigmas: o fiscalista e o construtivista social. A abordagem fiscalista assume uma relação intrínseca e direta entre a ocorrência de eventos físicos e a determinação de desastres, e direciona intervenções estruturais, bem como medidas operacionais responsivas que atuam na reconstrução dos cenários ou na resposta direta ao desastre (SORIANO, 2009). Por outro lado, a abordagem da construção social interpreta os riscos e os desastres como produtos de um modelo de desenvolvimento, o qual gera vulnerabilidades a partir da condição de exclusão socioeconômica de uma parcela da população (LAVELL, 2000).

Os fiscalistas apoiam fortemente as medidas de resposta, e os construtivistas sociais dão foco à prevenção e à reconstrução (incluindo a assistência social e humanitária). A crítica social tem tido grande êxito em evidenciar o caráter tecnocrático das ações fiscalistas, mas permanecem dificuldades em aprimorar as estratégias de redução de risco criando condições adaptativas ao cenário de

alterações climáticas, como tem sido privilegiado pelos acordos e convenções internacionais que buscam a redução de riscos e o aumento da resiliência urbana (CBD, 2018).

As atividades de GRD coordenam ações e agentes para atuarem na prevenção de desastres, e na mitigação dos danos gerados por eles. A Lei nº12.608 de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, determina ações distintas para a GRD, as quais podem ser resumidas no esquema conceitual de um “Ciclo de Gestão de Riscos e Desastres” (CGRD) que traça as seguintes fases da gestão: prevenção, preparação, resposta e recuperação.

Figura 1 - Ciclo de gestão de riscos e desastres.



Fonte - elaboração própria (2021).

O CGRD fundamenta, enquanto ciclo, um caráter adaptativo de gestão. As ações de prevenção devem ser priorizadas para antecipar as ações seguintes, minimizando os esforços de resposta caso o evento ocorra. A recuperação após o desastre deve visar à adaptação e à promoção da resiliência. Pode se dizer, portanto, que a recuperação deve ocorrer “com transformação”, eliminando as características de vulnerabilidade socioambiental que permitiram a eclosão do desastre anterior.

Ainda que a estrutura conceitual do CGRD aponte para seu caráter adaptativo, há grande dificuldade em manter-se resiliente frente aos cenários de intensas e profundas alterações climáticas que trazem grandes desafios para a gestão de risco tradicional. A emergência de uma visão sistêmica para a GRD, que considere aspectos biofísicos do ecossistema na preparação das medidas, principalmente de prevenção, é assinalada pelas práticas de gestão de riscos de base ecossistêmica referidas contemporaneamente como *Ecosystem-based disaster risk reduction* (Eco-DRR) e *Ecosystem-based adaptation* (EbA), como pode ser visto em Nehren et al. (2016) e UNEP (2015). A intenção dessas propostas – ainda pouco exploradas cientificamente em estudos de caso – é gerar condições favoráveis para o enfrentamento das mudanças climáticas e diminuir os danos sofridos por eventos ambientais extremos através do aproveitamento dos benefícios oferecidos pela natureza, ou seja, os serviços ecossistêmicos (BURKHARD et al., 2009).

Os serviços ecossistêmicos (SE) são categorizados como serviços de provisão (produção de água, comida e outros recursos), regulação (qualidade do clima, solo, ar, água), suporte (formação de solos e habitats), e cultura (recreação, turismo, lazer, entre outros) (BURKHARD et al., 2009; UNEP-IEMP,

2019, WHELCHHEL; BECK, 2016). A valoração econômica, a quantificação em unidades de medidas convencionadas e o mapeamento são os principais métodos de determinação quantitativa da oferta de serviços ecossistêmicos, e podem evidenciar o quanto o bem-estar humano está sendo beneficiado pelo bom funcionamento da natureza. Simplificando-se o conceito, pode-se dizer, por exemplo, que em sua integridade ecológica os manguezais e matas ciliares oferecem proteção frente a episódios de inundação e enchente, e, portanto, desempenham serviços ecossistêmicos de regulação hídrica (WHELCHHEL; BECK, 2016).

Um framework para análise e mapeamento dos SE é apresentado por Burkhard et al. (2012), que sugerem a avaliação a partir da demanda e da oferta de SE, considerando que o status de um SE é influenciado pela sua provisão (dependente da integridade ecológica do meio) e pelos desejos e necessidades humanas, conectando, assim, a oferta e a demanda pelo serviço. Para a avaliação dos serviços de regulação de cheias, Stürck, Poortinga e Verburg (2014) apontam a relevância do conhecimento dos fluxos hidrológicos, avaliados a partir dos índices de capacidade de provisão do serviço pelo ecossistema local e da sua demanda pelos beneficiários. Os autores indicam que a estimativa sobre o dano causado por um eventual desastre de cheia pode apontar, simultaneamente, para a demanda pelo serviço de regulação hídrica. Mas, como transpor o mapeamento para a ação articulada de gestão da paisagem continua sendo um desafio (NEDKOV; BURKHARD, 2012). Além disso, o mapeamento de SE enfrenta dificuldades dado o caráter da grande amplitude e complexidade das relações socioecológicas e das dificuldades de validação cartográfica do produto (KRUCZKOWSKA, 2019; SCHULP et al., 2014), o que é indicativo da necessidade de aprimorar as condições de avaliação ecossistêmica para apoio à gestão de riscos.

Fatores como cobertura e uso da terra, e variáveis ambientais como as características do solo e o relevo, podem influenciar no fornecimento dos serviços de regulação. A fragmentação da paisagem pode gerar também maior distância a ser percorrida pelo fluxo d'água entre a origem e o local passível de descarga (coleta) de água (STÜRCK; POORTINGA; VERBURG, 2014). Assim, para melhor aproveitamento do conhecimento sobre os serviços ecossistêmicos na gestão de riscos e desastres, é preciso maior exploração desse campo científico emergente. Neste artigo optou-se por uma análise exploratória das possibilidades de incorporação dos SE na GRD a partir do aperfeiçoamento metodológico do mapeamento, alinhado à prática de GRD estruturada pelo Ciclo de Gestão de Riscos e Desastres.

METODOLOGIA

Neste artigo realiza-se uma análise exploratória da literatura (KOSHE, 1997) buscando-se trazer maior aproximação do objeto de estudo, que é o potencial de incorporação dos mapeamentos de serviços ecossistêmicos na gestão de riscos de desastres hidrológicos. O caráter exploratório se dá frente ao estado de baixa consolidação da pesquisa científica na temática (NEDKOV; BURKHARD, 2012).

O Código Brasileiro de Desastres (COBRADE) diferencia três categorias de desastres hidrológicos: alagamentos, inundações e enxurradas. Os alagamentos se configuram diante da extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbanos, resultando no acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas. As inundações ocorrem quando há submersão de áreas localizadas fora dos limites normais de um curso de água - áreas que normalmente não estão submersas. As enxurradas são condicionadas pelo transbordamento da calha fluvial e se caracterizam pelo escoamento de água superficial em alta velocidade ou energia (COBRADE, 2012).

Realizou-se uma revisão sistemática da literatura (SIDDAWAY; WOOD; HEDGES, 2019) buscando por artigos científicos que tratavam do mapeamento ou mensuração com representação espacialmente explícita de SE de regulação associados aos desastres hidrológicos, utilizando-se as plataformas *Periódico CAPES* e *Science Direct*. Buscou-se por artigos do tipo “estudos de caso” ou “revisões da literatura”, revisados por pares, escritos na língua inglesa ou portuguesa e publicados a partir de 2005, ano de lançamento do Quadro de Ação de Hyogo¹ que, dentre outras diretrizes para a redução de

¹ O Quadro de Ação de Hyogo é uma estratégia internacional para a redução de vulnerabilidades frente às ameaças naturais e o aumento da resiliência dos países das nações unidas, que foi acordado em 2005 durante a Conferência Mundial sobre Redução de Desastres, realizada na cidade de Kobe - Hyogo/Japão.

riscos e desastres, postulou a necessidade de valorização e aprimoramento da educação e da pesquisa científica nessa área. Considera-se que a partir deste ano as pesquisas sobre GRD possam ser mais fortemente influenciadas pelas considerações trazidas pelo acordo.

O levantamento considerou os seguintes termos e condições de busca nas bases de dados: *mapeamento “serviços ecossistêmicos” AND inundação; mapeamento “serviços ecossistêmicos” AND enchente; mapeamento “serviços ecossistêmicos” AND alagamento; mapping “ecosystems services” AND flood; mapping “ecosystems services” AND inundation; mapping “ecosystems services” AND water-logging*. Dado o extenso número de pesquisas que abordam o mapeamento de SE em outras temáticas, restringiu-se a busca aos artigos que apresentavam o termo referente ao tipo do desastre (inundação, enchente, alagamento, flood, inundation ou water-logging) no título, refinando os resultados para os estudos aplicados exclusivamente ao tema. Em seguida foram analisados cuidadosamente apenas os artigos que mencionavam no resumo (*abstract*) a realização de avaliação espacialmente explícita dos SE de regulação hídrica em ambientes terrestres. Excluíram-se os artigos que visavam à avaliação puramente econômica dos SE, que utilizaram apenas um indicador para elaboração dos mapas e modelos, ou que tratavam de sistemas marinhos e costeiros. As buscas compreendem os artigos publicados até outubro de 2020 nas plataformas selecionadas.

Algumas dificuldades para a realização da busca se deram pelo extenso número de pesquisas sobre serviços ecossistêmicos e sua grande amplitude temática e metodológica (áreas e objetivos distintos), além da ausência de número expressivo de trabalhos realizando o mapeamento de SE para a avaliação da disponibilidade e fluxos hídricos, que se relacionariam ao escopo desta revisão. Neste sentido, a busca ficou limitada àqueles estudos que estavam explicitamente associados ao tema, ainda que outros estudos pudessem indiretamente apoiar o entendimento sobre o SE e sua utilidade para a gestão de riscos. Nenhum estudo fazia a associação direta entre o mapeamento de SE e a gestão do desastre hidrológico, como se pretende avaliar. O grande número de trabalhos sobre os SE que não faziam quaisquer projeções espacialmente explícitas (como os estudos de viés econômico) também foi notado. De antemão, adotou-se como critério que os trabalhos a serem avaliados deveriam conter mapeamentos, feitos a partir da combinação de variáveis ambientais ou outras, pois assim poderia ser estabelecida uma ligação com os mapeamentos de risco que apoiam a GRD brasileira.

Os artigos selecionados foram analisados quanto à/ao: a) fundamento teórico sobre serviço ecossistêmico e sua relação com a RRD e GRD, b) variáveis ou indicadores considerados para caracterização dos SE, c) método de obtenção, processamento e validação dos dados, e d) qualidade do produto final. A qualidade do produto final foi avaliada qualitativamente, com base nas diretrizes sugeridas por Siddaway, Wood e Edges (2019) para a análise de literatura. Nesta etapa considerou-se também a condição geral dos estudos em apoiar a associação entre a avaliação dos SE e a gestão de riscos de desastres institucional brasileira já descrita por Araújo, Freitas e Bertuzzi (2018).

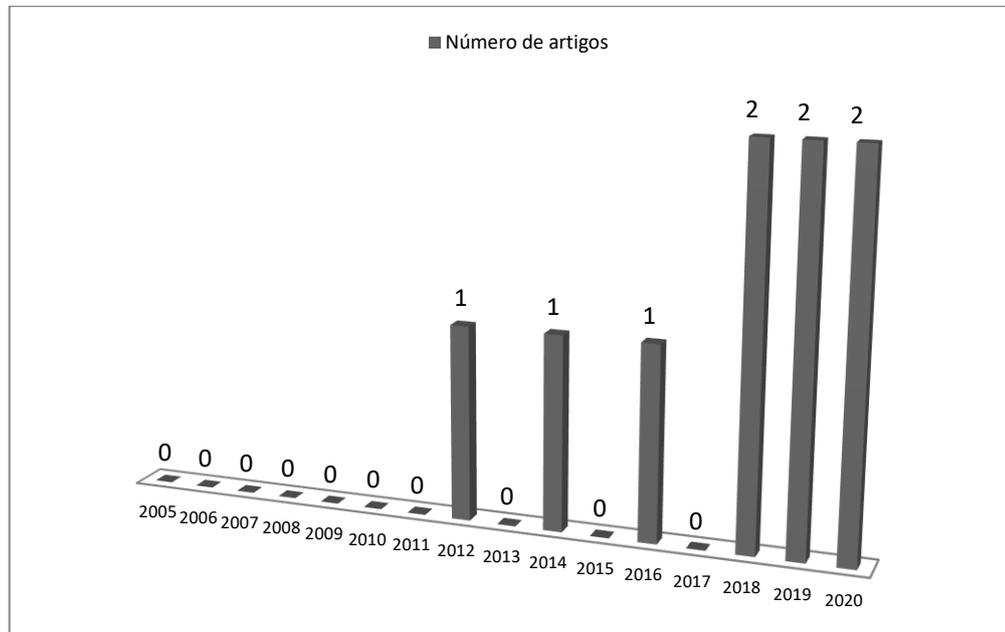
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas nas bases de dados *Periódico CAPES* e *Science Direct* resultaram em 415 artigos, e ao ler o título e *abstract* desses trabalhos, verificou-se que grande parte deles focava na mensuração econômica dos danos causados pelos eventos extremos, ou baseavam-se em análises exclusivamente hidrológicas, desconsiderando a avaliação integrada dos aspectos biofísicos que condicionam um serviço ecossistêmico. Muitos estudos trataram da avaliação do desempenho de infraestruturas verdes que auxiliam na regulação hídrica, mas não fizeram mapeamentos. Estes e outros estudos similares não correspondiam ao escopo desta pesquisa e foram desconsiderados na análise.

Apenas 9 artigos foram lidos e analisados, pois mapearam serviços ecossistêmicos para avaliar as capacidades biofísicas de regulação hídrica, tendo se referido a algum desastre hidrológico. A fraca associação entre a avaliação espacialmente explícita dos serviços ecossistêmicos e a atividade de gestão de riscos e desastres (GRD) pode ser notada pela: a) inexistência de pesquisas que tratavam

de alagamentos (*watter-logging*), b) inexistência de pesquisas que tivessem como foco a análise de SE voltada exclusivamente à GRD – como proposto no presente artigo-, e a c) evolução temporal dos estudos que, conforme indica o gráfico da Figura 2, ainda não pode definir uma tendência de crescimento da pesquisa científica na área.

Figura 2 - Gráfico da evolução temporal dos artigos analisados.



Dos 9 artigos analisados 4 foram desenvolvidos sobre países distintos do continente Europeu, variando em escalas e contextos de análise, 1 estudo ocorreu para os EUA, 1 estudo para o Brasil, 1 para a China, 1 para a Indonésia e 1 estudo comparativo abrangeu cidades de diferentes países e continentes. Todos os artigos são escritos em inglês, não tendo sido possível distinguir com clareza sobre quais desastres tratavam, pois na língua inglesa eles comumente apresentam a mesma escrita (*flood*), e os estudos não apresentam descrições detalhadas a respeito da geofísica da paisagem, ou outros elementos que permitiriam distinguir entre as tipologias de desastres hidrológicos (inundação ou enchente, alagamento, e enxurrada).

ESTADO DA ARTE DA ELABORAÇÃO DE MAPEAMENTOS DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO HÍDRICA

Todos os artigos analisados se embasam nas mesmas diretrizes conceituais sobre avaliação de serviços ecossistêmicos (como aquelas propostas por Burkhard et al. (2012)) tendo, contudo, empregado diferentes *softwares* e abordagens metodológicas para realizar os mapeamentos. Todos os estudos fazem a avaliação do SE a partir da análise de capacidade de retenção de água pela paisagem, mas se distinguem a respeito da abordagem para realizar essa medição, a qual variou entre análises de capacidade de infiltração, coleta, e armazenamento natural ou artificial de água.

Alguns trabalhos avaliam apenas as características biogeofísicas da paisagem (solos, vegetação, declividade, etc.), outros incluem informações a respeito da governança da terra (áreas protegidas, áreas públicas, áreas planejadas ou não, etc.), informações patrimoniais ou socioeconômicas (a fim de avaliar perdas monetárias decorrentes dos desastres), das estruturas tecnológicas (aparatos que já influenciam na oferta do SE, como as barragens), e informações sobre a dinâmica do desastre hidrológico (modelos hidrológicos ou de inundação). Do total, 5 artigos fazem mapeamentos de SE com a finalidade de demonstrar áreas mais ou menos atendidas pela regulação hídrica, ou para identificar aquelas em que se

desejaria ampliar a oferta desse SE, e outros 4 artigos associam os mapeamentos a alguma proposição de implantação de Soluções Baseadas na Natureza (SBNs) a fim de verificar estratégias para ampliar a oferta de SE nos locais de interesse. A Tabela 1 apresenta uma síntese das principais características dos artigos analisados:

Tabela 1 - Síntese dos trabalhos identificados.

Autores	País	Escala	Objetivo	Método	Softwares Modelos ou frameworks	Análise da oferta de SE	Análise da demanda por SE
Nedkov e Burkhard (2012)	Bulgária	Municipal	Mapeamento de SE	Modelo hidrológico e algoritmo	KINEROS e AGWA	Capacidade de retenção de água	de
Sturck, Poortinga e Verburg (2014)	Europa	Continental	Mapeamento de SE	Modelo hidrológico e cálculo de perdas monetárias	STREAM	Capacidade de retenção de água	Danos econômicos
Mogollón et al. (2016)	EUA	Bacia Hidrográfica	Mapeamento de SE	Modelos Lineares Mistos	SAS 9.3 ArcGis10.1(E SRI)	Capacidade de retenção de água	de
Ronchi e Arcidiacino (2018)	Brasil	Bairro/comunidade	Sugestão de SBNs	Modelo de inundação	InVest	Capacidade de retenção de água	de
Maragno et al. (2018)	Itália	Municipal	Sugestão de SBNs	MDE, MDS, SCS Curve Number	ArcGis 10.3 (ESRI)	Capacidade de retenção de água	Vulnerabilidade de pessoas e edifícios
Gunnell et al. (2019)	Índia, Indonésia, Colômbia, Inglaterra, Equador	Municipal	Mapeamento de SE	Modelo hidrológico	WaterWorld	Capacidade de retenção de água	de
Shenet al. (2019)	China	Local	Sugestão de SBNs	Equações	-	Capacidade de retenção de água	Danos econômicos
Afriyanie et al. (2020)	Indonésia	Municipal	Avaliação de SBNs e planejamento territorial	Modelo Hidrológico	J2000, Jena AdaptableModelling System (JAMS), Framework do IPCC	Capacidade de retenção de água	Risco de inundação
Vallecillo et al. (2020)	Europa	Regional	Fluxo de SE	Curve Number (CN), valoração monetária dos danos evitados	-	Capacidade de retenção de água	de

Nedkov e Burkhard (2012) fazem a proposição de um framework para avaliação da oferta e da demanda por SE de regulação de inundações e validam a metodologia em um estudo de caso no município de Etropole, na Bulgária. A metodologia incluiu o acoplamento de um modelo hidrológico à aplicação de

um algoritmo para cálculo de capacidade de coleta de água de diferentes tipologias de cobertura da terra. O modelo hidrológico foi desenvolvido com uso dos softwares KINEROS e AGWA, e incorporou como indicadores ambientais valores e intensidade de precipitação, características de saturação do solo, clima e vegetação, modelo digital de elevação (MDE) e tipos de cobertura da terra. O produto final gerado correspondeu a um mapa de oferta de SE de regulação, um mapa de demanda de SE de regulação, e um mapa da diferença da sobreposição entre os dois primeiros, indicando as áreas de maior interesse para a regulação hídrica.

Sturck, Poortinga e Verburg (2014) fazem uma análise a nível continental da situação do SE de regulação, utilizando o modelo hidrológico STREAM e identificando as áreas que poderiam otimizar a oferta de SE a partir de mudanças no uso da terra na Europa. Dados de precipitação, capacidade de armazenamento de água nos rios, uso e a cobertura da terra, bem como as características das áreas cultivadas são considerados para avaliar a capacidade de oferta dos SE, além da sua demanda. Essa última é avaliada através de um índice baseado no cálculo do dano monetário derivado dos episódios de inundação. Os resultados apontam a maior capacidade de oferta de SE de regulação de cheias em áreas florestais e de agricultura extensiva, de solos propícios à infiltração e indicam as áreas prioritárias para a conservação e otimização dos SE.

Mogollón et al. (2016) mapearam as capacidades biofísicas e tecnológicas de oito bacias hidrográficas urbanas em regular inundação na Carolina do Norte, EUA. Os autores utilizaram registros de inundações de rios para avaliar sua relação com os indicadores de processos biofísicos (escoamento, evapotranspiração, infiltração, retenção de água, fluxo superficial e armazenamento natural de água) e tecnológicos (regulação de fluxo por estruturas construídas). Para avaliar a associação entre os indicadores e as métricas de inundação, foi feita a regressão com uso de modelos lineares mistos generalizados e derivados valores de importância para cada indicador a partir da análise da magnitude e duração dos eventos. Nesse trabalho foram realizadas análises espaciais no software ArcGIS 10.1 e estatísticas no SAS 9.3. Os autores identificaram que a conversão de terras florestais e agrícolas para outros usos foi acompanhada pela construção de aparatos tecnológicos para a regulação de fluxos hídricos, e que, em uma das bacias estudadas, a implantação das medidas não resultou na mitigação dos impactos. Ainda assim, os autores defendem a importância de considerar os aparatos tecnológicos já implantados junto às características biofísicas para embasar políticas de controle de inundações.

Ronchi e Arcidiacono (2018) realizaram uma avaliação da condição dos serviços ecossistêmicos para o direcionamento de soluções baseadas na natureza (SBNs) com fins de mitigação e prevenção de inundação e deslizamento de terra na favela da Rocinha, no estado brasileiro do Rio de Janeiro. Os autores realizaram a modelagem da inundação com uso do software InVest, considerando como variáveis as condições de precipitação, capacidades do solo para enraizamento de plantas para mitigação do escoamento de água, evapotranspiração, carreamento e alocação de nutrientes, limites das bacias e sub-bacias hidrográficas e os tipos de usos da terra. A metodologia descrita não traz clareza em relação ao modo como os autores associam a capacidade de filtração das plantas (condições de enraizamento no solo) ao conjunto de dados final que condiciona os serviços ecossistêmicos. As condições de enraizamento e evapotranspiração avaliadas tiveram como finalidade apoiar a instalação de pavimentos permeáveis e telhados verdes, demonstrando que a solução final projeta o desenho da metodologia de avaliação dos SE.

Maragno et al. (2018) avaliaram a oferta e a demanda por SE de regulação hídrica para redução de enchentes em um estudo de caso no município de Dolo, Itália, a fim de indicar áreas prioritárias para implantação de infraestrutura verde. Para identificar as áreas de inundação, foram elaborados um modelo digital de terreno e um modelo digital de superfície para distinguir áreas permeáveis e impermeáveis, que foram posteriormente classificadas com base em atributos biofísicos (solo, vegetação, tipologias de cobertura da terra), quantificando-se o escoamento superficial da água com base no método Soil Conservation Service Curve Number. A oferta de SE de redução de cheias foi avaliada através do cálculo da quantidade de escoamento que é reduzido pela presença de espaços verdes e um coeficiente global de redução de escoamento. A demanda pelo SE foi analisada pelo cálculo do Índice de Vulnerabilidade da população local e das habitações/edifícios às inundações. O estudo indicou uma distribuição desigual dos SE de regulação na área de estudo, com maior contribuição das parcelas públicas na oferta dos serviços.

Gunnell et al. (2019) avaliaram a situação dos SE de regulação hídrica, especialmente de coleta de água, em 5 mega cidades: Chennai (Índia), Jakarta (Indonésia), Bogotá (Colômbia), Londres (Inglaterra), e Guayaquil (Equador). Os autores mapearam a capacidade de armazenamento natural nas bacias a partir do cálculo da capacidade de armazenamento das planícies de inundações, pântanos, corpos d'água, solo e dosséis. Estes verificaram se tratavam de áreas protegidas ou áreas

urbanas. Utilizaram o framework WaterWorld para determinar áreas de risco de inundação a partir da identificação de áreas de potencial ou real demanda por armazenamento hídrico. Como resultados apontaram que as áreas de maior capacidade de armazenamento eram constituídas por dosséis, em áreas não protegidas e que, portanto, podem ser mais facilmente convertidas para usos que promovam menor oferta de SE de regulação.

Shenet al. (2019) mapearam os SE de regulação de cheias na região central de Xangai, China, e a eficiência das áreas verdes em melhorar o equilíbrio entre a oferta e a demanda por esses serviços. Os autores consideraram a oferta de SE como a diferença entre o montante de precipitação e de escoamento superficial na bacia, que configura a retenção da água pelo ecossistema. Já a demanda pelo SE foi definida pelo dano econômico resultante de uma inundação, para o qual se considera a profundidade da inundação, os ativos em risco de serem afetados, bem como a sua vulnerabilidade. Os resultados apontaram para o desequilíbrio entre a oferta e a demanda por SE nas bacias analisadas, que se dá pela escassez de áreas verdes.

Afriyanie et al. (2020) quantificaram a oferta e a demanda por serviços ecossistêmicos de mitigação de cheias, e compararam com a distribuição das áreas verdes na cidade de Bandung, Indonésia, buscando avaliar a associação entre as áreas verdes e o que é posto pelos planos de ordenamento territorial. A oferta por SE foi quantificada através da aplicação de uma equação que considera a relação causal entre camadas de “ecorregiões” e informações sobre cobertura da terra. Neste caso a demanda pelos SE foi quantificada por meio do cálculo do risco de inundação, a partir do framework definido pelo IPCC, que considera as áreas de inundação e as características relativas à exposição e vulnerabilidade ao risco, informada pela distribuição da densidade populacional nas áreas de risco de inundação. Os autores mostraram que áreas de menor risco de inundação são aquelas onde há maior oferta de SE de regulação, dada pela vegetação estruturada de floresta ou de alguns de seus fragmentos. Além disso, indicaram que os espaços verdes não foram planejados, considerando a possível distribuição equitativa de oferta de SE de regulação, bem como que os eventos de inundação tendem a piorar em um cenário futuro de fraca consolidação de áreas verdes.

Vallecillo et al. (2020) analisaram, para além da oferta e da demanda por SE de regulação de cheias, o fluxo do SE em uma escala regional, na Europa. O fluxo de SE é a dimensão espacial representativa da função da demanda pelo SE em relação à sua oferta, representando o uso do SE a partir da interação entre o ecossistema e o sistema socioeconômico. Após analisar o fluxo de SE, os autores avaliaram-no em termos monetários. A capacidade de redução de escoamento da água foi considerada como indicador do SE, para a qual são avaliados os tipos de usos da terra, a declividade, a impermeabilidade do solo, e a condição da vegetação ripária. Os resultados indicaram que 60% da área de estudo corresponderam às áreas de provisão dos SE, com potencial de alta e média contribuição à redução de cheias pelas florestas e áreas agrícolas, respectivamente, e que áreas de vale, áreas agrícolas e áreas urbanas apresentaram a maior demanda pelos serviços. Os autores também adicionaram a representação espacialmente explícita da “demanda por SE não atendida”.

CARACTERÍSTICAS ENDÓGENAS DA PAISAGEM E A CONTRIBUIÇÃO DOS MAPEAMENTO DE SE PARA A GRD

Nedkov e Burkhard (2012) avaliam que os serviços de regulação hídrica operam na paisagem a partir de duas grandes funções: a infiltração e a interceptação. Essas funções estão associadas, respectivamente, às etapas de prevenção e mitigação do Ciclo de Gestão de Riscos e Desastres. Segundo os autores, a prevenção ocorre pelas funções de infiltração e drenagem natural promovidas pela vegetação – principalmente por florestas consolidadas- e a mitigação é condicionada pela interceptação, que é a capacidade de algumas áreas em coletar água, o que poderia ser feito por planícies de inundação ou corpos d’água. O conceito é compartilhado pelos autores dos demais artigos analisados, que avaliam aspectos de infiltração e coleta de água dos ambientes em estudo, embora em alguns artigos haja ênfase em apenas uma dessas condições.

Mogollón et al. (2016) sinalizam que as avaliações sobre a capacidade de coleta de água podem ser subestimadas em mapeamentos que consideram os rios e riachos apenas como vetores de linha, já que, embora tenham pequena área, eles representam feições de grande importância no sistema de drenagem. Os SE de regulação auxiliam os esforços da gestão de riscos e desastres (GRD) na proteção do patrimônio, das terras agrícolas, da infraestrutura construída e das vidas (NEDKOV; BURKHARD, 2012).

Os mapeamentos realizados trataram de identificar indicadores que consolidassem a condição final da capacidade do sistema em coletar ou infiltrar água, isto é, da sua capacidade de oferecer o serviço de regulação. Resguardadas suas especificidades, observa-se que, de modo geral, os estudos consideraram como indicadores de SE: 1) as condições físicas das bacias hidrográficas – como declividade e corpos d’água -, 2) a vegetação e suas características – como taxas de evapotranspiração e relações vegetação-solo para condições de saturação e enraizamento de plantas-, 3) tipo de solo e sua capacidade em reter e absorver a água, bem como 4) as tipologias de cobertura e uso da terra. Apenas um estudo considerou as características não naturais (tecnológicas) na avaliação global das condições de oferta do SE na bacia (MOGOLLÓN et al., 2016). A demanda pelos SE foi observada pelas mesmas condições citadas, entendidas como o inverso da oferta, e em avaliação conjunta aos dados e modelos de inundação. Isto é, áreas de demanda por serviços de regulação hídrica são aquelas onde há determinado risco de inundação que pode estar relacionado à oferta insatisfatória ou inexistente de SE de regulação. A demanda foi, em outros casos, avaliada a partir da projeção do dano patrimonial que poderia ocorrer em decorrência do desastre hidrológico.

Alguns desafios foram apontados para a realização dos estudos, como em Ronchi e Arcidiacono (2018), que destacam a dificuldade de obter dados para a área do aglomerado urbano da Rocinha, e em Mogollón et al (2016) que apontam a inexistência de frameworks específicos para o mapeamento, a complexidade de medição da capacidade de infiltração de água, a dificuldade de reunir os dados exigidos pelo *software*, a dificuldade de aplicação prática do mapeamento para a GRD, dentre outros. Considera-se que esta última questão pode ser minimizada levando-se em conta o escopo da aplicação do mapeamento de SE na atividade institucional de GRD brasileira.

A GRD no Brasil é realizada pelos órgãos regionais de Defesa Civil e, em alguma medida, pelos órgãos de planejamento urbano e ambiental. O mapeamento de áreas de riscos é – juntamente com os planos de contingência – um dos principais instrumentos utilizados pela Defesa Civil para priorizar ações de GRD (ARAÚJO; FREITAS; BERTUZZI, 2018). Embora o risco seja largamente conceituado como uma função de interação entre diferentes componentes, tais como a ameaça física, a exposição ao risco, a capacidade de resposta ou a vulnerabilidade (OPPENHEIMER et al., 2014), os mapeamentos de risco têm a tendência em focar a avaliação apenas nos aspectos físicos, o que pode ser interpretado como uma herança da percepção fiscalista sobre o desastre. Esse mesmo aspecto se apresenta para a delimitação de áreas de risco de deslizamento de terras, ou áreas urbanas de risco de alagamento. Isto é, há uma ênfase nas características físicas das áreas de risco e a paisagem é tida como um agente passivo, sem que seus potenciais endógenos de resiliência e adaptação sejam devidamente considerados e aproveitados na gestão. Processos de mudança de uso e cobertura da terra que estão agindo como elementos catalisadores de cenários de risco não são evidenciados pelas análises exclusivamente feitas das ameaças, minimizando a relevância dos mapeamentos de áreas de risco em servir também para a gestão sustentável das paisagens. Ademais, isto leva ao distanciamento entre as ações da Defesa Civil e dos planejadores urbanos, fazendo com que as ações de GRD tornem-se paliativas frente a toda dinâmica de transformação da paisagem e não gerem adaptação em longo prazo.

Os estudos analisados sugerem, a partir de suas diferentes contribuições, caminhos para o aproveitamento dos mapeamentos de SE pela GRD brasileira. A principal contribuição é projetar espacialmente as áreas de oferta e demanda de SE e acoplá-las às simulações hidrológicas, dando clareza sobre as áreas de maior risco e de maior capacidade endógena de resposta da paisagem. Apontam-se, nesse caso, ambientes biofísicos mais susceptíveis ou resilientes ao evento, considerando-se a capacidade dos próprios ecossistemas. Alguns estudos apontam também para variáveis não físicas, como a vulnerabilidade das populações.

A avaliação de Mogollón et al. (2016) dá indícios de como a interlocução entre as potencialidades biofísicas e tecnológicas pode ser feita, mantendo-se o foco na primeira para o direcionamento de ações de GRD. Esses autores reforçam que a utilidade dos mapeamentos de capacidades biofísicas de regulação só estará garantida se eles forem aplicados a amplas estratégias de gestão de riscos, mas nenhum trabalho avançou para a análise da integração entre esses mapeamentos e os que amparam a GRD institucional.

Por se aplicarem a contextos diferentes, e fazerem uso de metodologias distintas, os trabalhos não podem ser diretamente contrapostos e ter seu produto final equiparado. Contudo, observa-se que o trabalho de Nedkov e Burkhard (2012) cria a melhor base para um mapeamento de SE de regulação hídrica - em que ganha destaque a espacialização da diferença entre a oferta e a demanda do serviço - enquanto outros estudos avançam na perspectiva de relacionar esses mapeamentos aos efeitos de um desastre hidrológico. Mas ainda é inexistente a avaliação da associação direta entre o mapeamento de SE e o mapeamento de áreas de risco de desastres, o que demanda uma análise interdisciplinar. Pode-se

dizer que, ao associar os mapeamentos de SE aos mapeamentos de áreas de risco de desastres, estar-se-iam criando condições para ultrapassar alguns dos desafios básicos levantados inicialmente, tais como a) definir a melhor forma de caracterizar um SE, e principalmente a sua demanda, b) definir os desejos e necessidades humanas que se materializam na definição de um SE, c) validar o uso e a qualidade do produto cartográfico, e d) criar condições de aplicar os mapeamentos na gestão de risco propriamente dita. Caminhos para a associação sugerida já são demonstrados por alguns dos trabalhos analisados, como por aqueles que, ao definirem a demanda por um SE, incluem informações relativas aos cenários de desastres - como projeções de danos materiais e vulnerabilidade da população. Tal associação pode também ser útil no apoio à delimitação das variáveis mais adequadas para o mapeamento de SE, visto que os artigos variaram enormemente a respeito da leitura sobre o SE diante de um contexto comum – os episódios de desastres hidrológicos.

Além de delimitar uma espécie de “risco ambiental”, os mapeamentos de SE permitem identificar medidas para aperfeiçoar a oferta dos serviços e reduzir o risco, tais como a ampliação de áreas verdes ou a implantação de outras SBNs. Ao identificar componentes importantes da função da paisagem, os artigos inferem sobre como os SE estão sendo condicionados pelo sistema ambiental, por quais fatores podem ser quantificados, como se consolida o risco em determinado contexto e como ampliar a resiliência a partir da gestão da paisagem e do aproveitamento de seus atributos. Por isso esse instrumento apresenta, também, maior potencial em relação à avaliação exclusivamente econômica dos SE (como pode ser exemplificada no estudo de Watson et al. (2016)) que dá menor possibilidade de modelagem do sistema que condicionaria um risco ambiental.

A necessidade de gerar adaptação e resiliência frente aos eventos ambientais extremos, e a defesa da avaliação ecossistêmica para esse fim parecem inaugurar um novo paradigma na gestão de riscos, que considera o sistema ambiental como pano de fundo das ações geradoras de risco e daquelas adaptativas ao risco. Evidências desse paradigma, que parece contrastar com o paradigma fiscalista e o construtivista social, podem ser encontradas nos artigos analisados, pois eles evidenciam ao menos dois pilares importantes: a análise conjunta dos fatores antropogênicos e ecológicos que conformam o risco, e a busca por estratégias de prevenção, mitigação e adaptação na própria paisagem e sua dinâmica.

A capacidade de integração dos fatores ecológicos e sociais, em uma perspectiva dinâmica que permite apontar simultaneamente para a identificação do risco e as soluções endógenas para o aumento da resiliência, ultrapassa a atividade atual de GRD, e permite aproximá-la de um paradigma de fato integrador e, por isso, “ambiental”. Os benefícios da incorporação do mapeamento de SE nas análises de risco ambiental vão além: eles podem tanto evidenciar estados de configuração da paisagem corrigíveis, afastando a ampla disseminação de medidas estruturais desnecessárias, bem como evidenciar locais de possível restauração de fluxos d’água naturais, com vistas à renaturalização de ecossistemas fluviais, o que não é endereçado pelos mapeamentos de risco tradicionais. Esses aspectos podem, de fato, criar as bases para a transposição dos paradigmas tradicionais de GRD para outros de visão ecossistêmica. É necessário ressaltar, contudo, que os mapeamentos de SE não substituem inteiramente os mapeamentos de áreas de risco que amparam as bases de ação operacional dos agentes de Defesa Civil, mas, ao nível de planejamento e gestão da paisagem, sua integração pode ser benéfica para diminuir a lacuna entre a governança da paisagem e a GRD, trazendo maior possibilidade de aumentar a resiliência e a adaptação.

CONCLUSÃO

Os serviços ecossistêmicos de regulação atuam na prevenção e na mitigação de desastres hidrológicos a partir de dois processos principais: infiltração e armazenamento de água. Essa revisão identificou nove estudos que elaboraram mapeamentos de SE de regulação hídrica.

Os artigos analisados apresentaram uma mesma base conceitual, que infere a avaliação da oferta dos SE a partir de aspectos biofísicos da paisagem, e se diferenciaram quanto à avaliação da demanda do SE, que é direcionada a partir do enfoque de cada estudo. Enquanto alguns quantificam a demanda através dos mesmos aspectos biofísicos da oferta, outros direcionam sua avaliação a partir das necessidades humanas que buscam atender, tendo inserido informações sobre danos patrimoniais e humanos decorrentes de eventos de inundações.

Os mapeamentos de SE de regulação hídrica inauguram um novo olhar sobre o risco ambiental e são evidências de um novo paradigma na gestão de risco, o qual se chamou “ambiental”, pois ressaltam o potencial endógeno da paisagem e poderão ser associados aos mapeamentos de áreas de risco. Sugere-se que os mapeamentos de SE de regulação hídrica possam ser incorporados, juntamente aos

mapeamentos de áreas de riscos, em um framework de ampliação da capacidade adaptativa e ecossistêmica da GRD brasileira, o que poderia ser feito ao 1) espacializar a oferta e demanda pelo SE de regulação, 2) incluir, para a análise da demanda, informações relativas aos cenários de desastres – como níveis de vulnerabilidade e danos patrimoniais, 3) incorporar modelos de simulações hidrológicas, e 3) incorporar informações relativas à GRD que estão na base da elaboração de mapeamentos de risco – como as áreas de maior e menor atenção e intervenção operacional.

Os artigos analisados já apontam para um potencial relevante da abordagem ecossistêmica em ampliar as capacidades da GRD brasileira, mas novos estudos poderiam ampliar este campo de pesquisa ainda incipiente no Brasil. Recomenda-se que estudos posteriores explorem novas possibilidades de ajuste dos mapeamentos de SE aos instrumentos institucionais de GRD, de forma a criar posturas adaptativas e resilientes desde a concepção conceitual da paisagem aos processos antrópicos que levam à sua transformação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

- AFRIYANIE, Dian; JULIAN, Miga M.; RIQQI, Akhmad; AKBAR, Roos; SUROSO, Djoko S. A.; KUSTIWAN, Iwan. Re-framing urban green spaces planning for flood protection through socio-ecological resilience in Bandung City, Indonesia. *Cities*, [S. l.], v. 101, p. 102710, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102710>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275119308352>. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102710>
- ARAÚJO, Alessandra Silva; FREITAS, Mário Jorge Cardoso Coelho; BERTUZZI, Ana Beatriz. Planos Municipais De Contingência De Proteção E Defesa Civil: As Concepções Dos Atores Municipais e o Modelo Adotado Em Santa Catarina. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S. l.], v. 7, p. 402, 2018. DOI: 10.19177/rgsa.v7e02018402-422. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e02018402-422>
- BRASIL. LEI nº 12.608, de 10 de Abril de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm.
- BURKHARD, Benjamin; KROLL, Franziska; MÜLLER, Felix; WINDHORST, Wilhelm. Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 1–22, 2009. DOI: 10.3097/LO.200915. <https://doi.org/10.3097/LO.200915>
- BURKHARD, Benjamin; KROLL, Franziska; NEDKOV, Stoyan; MÜLLER, Felix. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, [S. l.], v. 21, p. 17–29, 2012. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.06.019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- DUARTE, Gabriela Teixeira; SANTOS, Paloma Marques; CORNELISSEN, Tatiana Garabini; RIBEIRO, Milton Cezar; PAGLIA, Adriano Pereira. The effects of landscape patterns on ecosystem services: meta-analyses of landscape services. *Landscape Ecology*, [S. l.], v. 33, n. 8, p. 1247–1257, 2018. DOI: 10.1007/s10980-018-0673-5. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0673-5>
- EGOH B., DRAKOU E.G., DUNBAR M.B., MAES J., Louise Willemen L. **Indicators for mapping ecosystem services: a review: JRC Scientific And Policy Reports**. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.2788/41823. Disponível em: http://bookshop.europa.eu/en/indicators-for-mapping-ecosystem-services-pbLBNA25456/?pgid=y8dIS7GUWMDSR0EAIMUUUsWb0000bkrukNw9;sid=WLTbRkQaKC9BsPRgnh_fC8Y_-ng9_OI5Rsk=?CatalogCategoryID=7QwKABstDHwAAAEjK5EY4e5L.
- GUNNELL, Kelly; MULLIGAN, Mark; FRANCIS, Robert A.; HOLE, David G. Evaluating natural infrastructure for flood management within the watersheds of selected global cities. *Science of The Total Environment*, [S. l.], v. 670, p. 411–424, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.212.

Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896971931201X>.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.212>

KRUCZKOWSKA, Andrzej Affek Marek Degórski Jacek Wolski Jerzy Solon Anna Kowalska Ewa Roo-Zielinska Bozena Grabinska Boguslawa. **Ecosystem Service Potentials and Their Indicators in Postglacial Landscapes**. 1. ed. [s.l.] : Elsevier, 2019.

MARAGNO, Denis; GAGLIO, Mattias; ROBBI, Martina; APPIOTTI, Federica; FANO, Elisa Anna; GISSI, Elena. Fine-scale analysis of urban flooding reduction from green infrastructure: An ecosystem services approach for the management of water flows. **Ecological Modelling**, [S. l.], v. 386, p. 1–10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.08.002>. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380018302643>.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.08.002>

MOGOLLÓN, Beatriz; VILLAMAGNA, Amy M.; FRIMPONG, Emmanuel A.; ANGERMEIER, Paul L. Mapping technological and biophysical capacities of watersheds to regulate floods. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 61, p. 483–499, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.049>.

Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X1500535X>.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.049>

NEDKOV, Stoyan; BURKHARD, Benjamin. Flood regulating ecosystem services—Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 21, p. 67–79, 2012. DOI: [10.1016/j.ecolind.2011.06.022](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.022). Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X11001932>.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.022>

NEHREN, Udo; DAC THAI, Hoang; MARFARI, Muh Aris; RAEDIG, Claudia; ALFONSO, Sandra; SARTOHADI, Junu; CASTRO, Consuelo. Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Adaptation in Practice. **Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Adaptation in Practice**, [S. l.], v. 42, n. December, p. 401–423, 2016. DOI: [10.1007/978-3-319-43633-3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-43633-3). Disponível em:

<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-43633-3>.

OPPENHEIMER, M.; CAMPOS, M.; WARREN, R.; BIRKMANN, J.; LUBER, J.; O'NEILL, B.; TAKAHASHI, K. Emergent Risks and Key Vulnerabilities. In: FIELD, Christopher B.; BARROS, Vicente R.; DOKKEN, David Jon; MACH, Katharine J.; MASTRANDREA, Michael D. (org.). **Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. New York: Cambridge University Press, 2014. p. 1039–1100. DOI: [10.1017/CBO9781107415379.024](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415379.024). Disponível em:

https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9781107415379A040/type/book_part.

RONCHI, Silvia; ARCIDIACONO, Andrea. Adopting an ecosystem services-based approach for flood resilient strategies: The case of Rocinha Favela (Brazil). **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 11, n. 1, 2018. DOI: [10.3390/su11010004](https://doi.org/10.3390/su11010004). <https://doi.org/10.3390/su11010004>

SCHULP; BURKHARD, Benjamin; MAES, Joachim; VAN VLIET, Jasper; VERBURG, Peter H. Uncertainties in ecosystem service maps: A comparison on the European scale. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 9, n. 10, 2014. DOI: [10.1371/journal.pone.0109643](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109643). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109643>

SHEN, Ju; DU, Shiqiang; HUANG, Qingxu; YIN, Jie; ZHANG, Min; WEN, Jiahong; GAO, Jun. Mapping the city-scale supply and demand of ecosystem flood regulation services—A case study in Shanghai.

Ecological Indicators, [S. l.], v. 106, p. 105544, 2019. DOI: [10.1016/j.ecolind.2019.105544](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105544).

Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X19305291>.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105544>

SIDDAWAY, Andy P.; WOOD, Alex M.; HEDGES, Larry V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. **Annual Review of Psychology**, [S. l.], v. 70, p. 747–770, 2019. DOI: [10.1146/annurev-psych-010418-102803](https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803). <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>

STÜRCK, Julia; POORTINGA, Ate; VERBURG, Peter H. Mapping ecosystem services: The supply and demand of flood regulation services in Europe. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 38, p. 198–211, 2014. DOI: [10.1016/j.ecolind.2013.11.010](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.010). Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.010>. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.010>

UNEP-UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Promoting ecosystems for disaster risk reduction and climate change adaptation. [S. l.], p. 50, 2015. Disponível em:

http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/EcoDRR_Discussion_paper_web.pdf.

VALLECILLO, Sara; KAKOULAKI, Georgia; LA NOTTE, Alessandra; FEYEN, Luc; DOTTORI, Francesco; MAES, Joachim. Accounting for changes in flood control delivered by ecosystems at the EU level. **Ecosystem Services**, [S. l.], v. 44, p. 101142, 2020. DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101142. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221204162030084X>.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101142>

WATSON, Keri B.; RICKETTS, Taylor; GALFORD, Gillian; POLASKY, Stephen; O'NIEL-DUNNE, Jarlath. **Quantifying flood mitigation services: The economic value of Otter Creek wetlands and floodplains to Middlebury, VT** *Ecological Economics*, 2016. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2016.05.015.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.05.015>

Recebido em: 27/05/2021

Aceito para publicação em: 19/08/2021