

Artigo de Pesquisa**BACIA ESCOLA: MODELO PARA A GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS****School catchment: Model for integrated water resources management**

Masato Kobiyama¹, Erika Gabriella Ruoso², Karla Campagnolo³, Anderson Mululo Sato⁴, Marina Refatti Fagundes⁵, Fernando Campo Zambrano⁶

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais. Porto Alegre-RS, Brasil. E-mail. masato.kobiyama@ufrgs.br

 <https://orcid.org/0000-0003-0615-9867>

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais. Porto Alegre-RS, Brasil. Email. erikagabrielaruoso@hotmail.com

 <https://orcid.org/0009-0005-2908-736X>

³ Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial-SENAC. Porto Alegre-RS, Brasil. Email. kbcampagnolo@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7653-8198>

⁴ Universidade Federal Fluminense, Instituto de Educação de Angra dos Reis, Departamento de Geografia e Políticas Públicas. Angra dos Reis-RJ, Brasil. Email. andersonsato@id.uff.br

 <https://orcid.org/0000-0002-1777-4032>

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais. Porto Alegre-RS, Brasil. Email. marinarf95@hotmail.com.br

 <https://orcid.org/0000-0003-3554-4342>

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais. Porto Alegre-RS, Brasil. Email. ing.ambientalfernando@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6481-9232>

Recebido em 31/03/2024 e aceito em 19/08/2024

RESUMO: A crescente complexidade global exige uma gestão avançada de setores como recursos hídricos, desastres e meio ambiente, destacando abordagens baseadas em ciência, evidências, usabilidade e participação da comunidade local. Isso conecta fortemente ciência e comunidade, e ressalta a importância da ciência cidadã. Para implementar essa gestão integrada, o uso da bacia escola é essencial. Este estudo teve como objetivo desenvolver a aplicação prática da bacia escola, esclarecendo seus aspectos fundamentais por meio de análise histórica, definição do conceito, orientações para implementação, discussão da ciência cidadã e apresentação de dois estudos de caso no Brasil. A revisão bibliográfica identificou que o termo “bacia escola” foi utilizado pela primeira vez na década de 1960 no nordeste brasileiro, sendo considerado pioneiro no Brasil e no mundo. Com base nas análises, este trabalho define a bacia escola como uma bacia hidrográfica onde ocorrem monitoramento e diagnóstico em campo, utilizada para pesquisas científicas e atividades didáticas

voltadas ao aprendizado de ciências, educação e formação intelectual dos cidadãos envolvidos. Devido à sua função social, a bacia escola se configura como uma unidade ideal para a hidrologia, especialmente a socio-hidrologia, promovendo a ciência cidadã e praticando a hidrossolidariedade na sociedade. Demonstrando a efetividade da bacia escola através de dois estudos de caso, este trabalho sugere a criação de um Programa Nacional de Bacias Escola no Brasil.

Palavras-chave: Educação; Ciência cidadã; Socio-hidrologia; Programa Nacional.

ABSTRACT: The increasing global complexity demands advanced management of sectors such as water resources, disaster management and the environment, highlighting approaches based on science, evidence, usability, local community participation. It strongly connects science and community, emphasizing the importance of citizen science. To implement this integrated management, the use of school catchments is essential. This study aimed to further develop the practical application of school catchments by clarifying their fundamental aspects through historical analysis, concept definition, guidelines for implementation, discussion of citizen science, and presentation of two case studies in Brazil. The literature review identified that the term “school catchment” was first used in the 1960s in northeastern Brazil, being considered the first of its kind in Brazil and worldwide. Based on the analyses, this study defines school catchments as a catchment where field monitoring and/or diagnostics take place, used for scientific research and educational activities related to science learning, education, and any form of intellectual development for the involved citizens. Due to their social function, school catchments are seen as ideal units for hydrology, especially socio-hydrology, promoting citizen science and practicing hydrosolidarity in society. By demonstrating the effectiveness of school catchments through two case studies, this study suggests the creation of a National Program of School Catchments in Brazil.

Keywords: Education; Citizen science; Socio-hydrology; National Program.

INTRODUÇÃO

A segurança hídrica se tornou mais crucial do que a segurança alimentar e o bem-estar humano. Gleick (1993) e Falkenmark e Rockström (2004) associaram essa priorização à crescente pressão demográfica mundial. Apesar da taxa de crescimento populacional apresentar uma considerável heterogeneidade espacial em todo o mundo e estar em declínio, a população mundial continua aumentando e estima-se que alcance quase 10 bilhões até 2050 (UN DESA, 2022). Essa situação configura-se como uma ameaça global à segurança da população. Entre os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, o 3º objetivo se refere a assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos (UN, 2015). Sendo assim, o aumento populacional representa um desafio substancial para os governos que buscam atingir as metas associadas a este objetivo. Isso inclui, por exemplo, a garantia das seguranças hídrica, energética e alimentar.

Com o propósito de garantir o conjunto dessas três seguranças básicas para a população mundial, surgiu uma abordagem chamada: “Nexo: Água-Energia-Alimento” (HOFF, 2011; MOREIRA et al., 2022; PURWANTO et al., 2021). No decorrer do desenvolvimento dessa abordagem, o ecossistema foi reconhecido como sendo um elemento indispensável, resultando, então, na evolução da proposta. Dessa forma, a proposta passou a ser conhecida como: “Nexo: Água-Energia-Alimento-Ecossistema” (CARMO-MORENO et al., 2021). Como a essência do projeto Nexo é conectar diferentes setores, observa-se uma evolução contínua com a incorporação de outros

elementos à abordagem, como por exemplo, o clima (WEF, 2011), a terra (RINGLER; BHADURI; LAWFORD, 2013), a subsistência (BIGGS et al., 2015) e os desastres (KOBİYAMA et al., 2022).

A abordagem “Nexo: Água-Energia-Alimento-Desastres-Ecosistema” pode ser vista como uma maneira de exercer a gestão integrada destes cinco fatores, de forma que o elemento integrador desta gestão integrada é a água. Portanto, reconhecer a hidrologia como o principal integrador nessa gestão torna-se fundamental.

Para conduzir a Década Internacional de Hidrologia no período de 1965-1974, UNESCO (1964) definiu a hidrologia como a ciência que aborda a água da terra, sua ocorrência, circulação e distribuição no planeta, suas propriedades físicas e químicas, bem como sua interação com o ambiente físico e biológico, incluindo suas respostas para a atividade humana. A hidrologia trata-se do campo que abrange toda a trajetória do ciclo da água no planeta. É relevante salientar que essa definição é notável por considerar o aspecto humano.

A hidrologia, vista sob uma perspectiva ampla, é uma geociência dedicada ao estudo do ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. Além disso, trata-se de uma ciência essencial na gestão integrada de recursos hídricos, meio ambiente e prevenção de desastres naturais. Suas principais atividades envolvem o monitoramento e modelagem hidrológica, de forma que a bacia hidrográfica é a unidade principal para essas análises. Com a impossibilidade de se monitorar todos os componentes do ciclo hidrológico em todos os pontos no espaço e tempo, o monitoramento assume um caráter de amostragem, de forma que a unidade básica comumente adotada é a bacia hidrográfica. Segundo Gregory (1980), a significância da bacia tem sido apreciada desde o século 17, como evidenciado pelos estudos do advogado francês Pierre Perrault, que mediu a vazão no rio Sena, na França.

Analisando as interfaces entre políticas voltadas para a redução de riscos de desastres, Dulac e Kobiyama (2017) evidenciaram que a bacia hidrográfica é uma unidade territorial crucial para o planejamento e a gestão. Molle (2009) relatou que a gestão integrada da água ao nível de bacia hidrográfica tornou-se um princípio central das principais políticas hídricas, ancoradas no conceito abrangente de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. Isso impulsionou a criação de organizações de bacias hidrográficas, apoiadas por organizações internacionais e inspiradas em vários “modelos” originados de países como os EUA, Austrália e França. O mesmo autor afirma que a bacia hidrográfica é a unidade “natural” para o planejamento e gestão dos recursos hídricos pelas sociedades.

Na esfera administrativa e governamental global relacionada à hidrologia, destaca-se a atuação da UNESCO por meio do *Intergovernmental Hydrological Programme ninth phase (IHP-IX): Science for a Water Secure World in a Changing Environment*. Segundo UNESCO (2022a), o IHP-IX prioriza áreas como investigação científica e inovação; educação para a água na Quarta Revolução Industrial; preenchimento de lacunas de conhecimento de dados; gestão inclusiva da água em condições de mudança global; e governança da água baseada na ciência para mitigação, adaptação e resiliência. Em suma, as palavras chave para o IHP-IX incluem ciência (hidrologia), educação e sociedade resiliente.

No âmbito acadêmico, nas últimas décadas, a hidrologia se desenvolveu principalmente na área da hidrologia em campo (*field hydrology*) (BURT; McDONNELL, 2015). Entretanto, os autores lamentam a crise da hidrologia já que atualmente as práticas de campo perderam força. Neste sentido, Vidon (2015) manifestou a necessidade de mais hidrólogos atuando em campo. Provavelmente, a falta de profissionais nessa área é uma das causas do declínio da hidrologia, no geral. Sendo assim, implementar a hidrologia de campo pode melhorar significativamente a hidrologia em geral.

Atualmente o mundo está cada vez mais complexo em relação a sua estrutura e funcionamento, demandando uma abordagem de gestão avançada, como a Nexo. A Agenda 2030 (UN, 2015), o Marco de Sendai (UNISDR, 2015a), entre outros documentos, buscam essa gestão atualizada, onde pode-se destacar a *science-based management* (gestão baseada na ciência), *evidence-based management* (gestão baseada em evidências), *user-friendly management* (gestão amigável ao usuário), *local community-based management* (gestão baseada na comunidade local) e *participatory management* (gestão participativa). Todas essas abordagens implicam uma forte ligação entre a ciência e a comunidade, envolvendo todos os cidadãos, destacando a importância da ciência cidadã.

Um cidadão, independentemente de ser cientista ou não, adquire conhecimento científico ao longo da vida, muitas vezes por meio da escola. A escola é geralmente considerada como a instituição que fornece o processo de ensino para os alunos, visando formar e desenvolver cada indivíduo nos aspectos cultural, social e cognitivo. A palavra escola vem do grego *scholé*, que significa “ócio” - o mesmo que “lazer ou tempo livre”. Este significado advém da Grécia Antiga, que, diferente do que vemos atualmente, a escola representava um momento de pausa, uma reunião na qual os cidadãos gregos dedicavam tempo livre para discussões filosóficas e aspectos sociais (ENCICLOPÉDIA SIGNIFICADOS, 2023).

Existem diversas definições e significados para a palavra “escola”. Por exemplo: (i) escola é uma organização que fornece instrução (MERRIAN-WEBSTER DICTIONARY, 2023); (ii) uma fonte de conhecimento (MERRIAN-WEBSTER DICTIONARY, 2023); (iii) uma instituição de educação formal para crianças e adolescentes (OXFORD ENGLISH DICTIONARY, 2023); (iv) qualquer instituição onde seja ministrada instrução em uma disciplina específica (OXFORD ENGLISH DICTIONARY, 2023); entre outras definições. Normalmente, o item (iii) é o mais associado à palavra “escola”. Porém, no presente trabalho, as definições de (i) e (ii) são consideradas mais apropriadas, pois nestes casos, a escola tem a capacidade de gerar conhecimento para todos os cidadãos a partir de um espaço de aprendizagem.

Assim, a gestão integrada encontra na bacia hidrográfica sua unidade ideal, enquanto a educação destaca-se na escola como unidade essencial. A fusão destas unidades resulta na criação da bacia escola. Portanto, o objetivo deste estudo foi esclarecer aspectos fundamentais da bacia escola, realizando: (i) análise histórica do contexto brasileiro; (ii) definição do conceito de bacia escola; (iii) orientações para sua implementação; (iv) discussão do papel da ciência cidadã; e (v) apresentação de dois estudos de caso no Brasil.

HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO DA BACIA ESCOLA

Na pesquisa histórica, é de extrema importância identificar a origem dos conceitos e termos. Por esse motivo, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre as origens do termo “bacia escola” no Brasil e no mundo, utilizando principalmente a consulta *on-line*, mas também foram realizadas diversas entrevistas com pesquisadores brasileiros.

Ao analisar o desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil, Rebouças (1998) destacou a cooperação internacional entre a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e o governo francês no Projeto “Bacia Escola” na região semiárida brasileira entre 1967-1969. Além disso, Feitosa, Feitosa e Lira (2002) mencionaram que Rebouças (1967) introduziu o termo “bacia escola”. Isso significa que o termo foi criado ou adotado no Nordeste do Brasil na década de 1960. No Sul do Brasil, Silveira (1974), propôs a aplicação do conceito de “Bacia Escola” em seu modelo hidrológico para bacias pouco monitoradas, desenvolvido no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Assim, o termo “Bacia Escola” já era utilizado no IPH desde a década de 1970. Contudo, permanece desconhecida a origem do termo “Bacia Escola” demandando uma investigação mais aprofundada.

Srinivasan, Galvão e Alcântara (2016) apresentaram resultados significativos da Bacia Escola e Experimental de São João do Cariri, no Nordeste, monitorada desde 1985. Lisboa, Nunes e Novello (2000) relataram o uso da bacia escola no campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis/SC, para ensino da hidrologia e meteorologia. Ambos os estudos evidenciaram o emprego de bacias escolas para fins educacionais e de pesquisa universitária. Por outro lado, a CPRM (1999) descreveu um projeto na “Bacia Escola” do rio Moxoto, no Nordeste, enfatizando atividades técnicas e serviços sociais, associando o termo “escola” à participação de escolas locais e à formação de pessoas na região.

Pesquisadores em diferentes regiões no Brasil adotaram o termo “bacia escola” para diversos projetos de pesquisa e extensão científica. Mendiondo (2002b) destacou a relevância desse conceito ao incorporá-lo na Gestão Ambiental Integrada das Águas Urbanas, propondo como uma solução inovadora para os problemas de drenagem urbana em São Carlos/SP. O autor ressaltou que, ao se tornar uma infraestrutura de apoio, a bacia escola possui um escopo mais amplo quando comparado com bacias experimentais (Mendiondo 2002a). Nesse sentido, a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico em recursos hídricos urbanos ampliam as possibilidades de participação social. Isso vai ao encontro com o principal objetivo da bacia escola, que é impulsionar o avanço da ciência e da tecnologia.

Mendiondo (2002a) propôs os três componentes principais da bacia escola: ciência, tecnologia e inovação. Nessa concepção, a combinação da inovação com a ciência gera a hidrossolidariedade, conciliando os interesses à jusante e montante da sociedade. A hidrossolidariedade busca equilibrar interesses humanos, conectando atividades ao longo da bacia hidrográfica e considerando aspectos éticos

(FALKENMARK; FOLKE, 2002). Esteves e Mendiondo (2003) ampliaram suas atividades, delineando estratégias metodológicas para implementar 14 bacias escolas, visando a gestão de drenagem urbana em São Carlos/SP.

Para avançar o conhecimento científico sobre hidrologia florestal, o Laboratório de Hidrologia (LabHidro) da UFSC estabeleceu várias bacias hidrográficas experimentais em parceria com uma empresa local de reflorestamento, no norte de Santa Catarina. Um dos principais objetivos do LabHidro era utilizar estas bacias para a educação ambiental da população local. Nesse contexto, Kobiyama et al. (2007) definiram bacia escola como qualquer bacia experimental destinada a pesquisas científicas e atividades de educação ambiental. Adotando essa definição, Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) e Kobiyama et al. (2009) descreveram a implementação de uma rede de bacias escolas na região do Alto Rio Negro, na divisa entre os estados do Paraná e Santa Catarina. Os objetivos dessa rede foram: (i) verificar o melhor uso do solo para a gestão dos recursos hídricos; (ii) compreender o efeito do tamanho da bacia hidrográfica nos processos chuva-vazão; (iii) analisar a influência da operação de uma barragem na vazão a jusante; e (iv) divulgar os resultados da investigação à população local.

O conceito de rede de bacias hidrográficas não é novo, como evidenciado por iniciativas anteriores. Whitehead e Robinson (1993) estabeleceram redes de bacias experimentais na Europa a fim de estudar efeitos hidrológicos das florestas por meio de monitoramento a longo prazo. O'Connell et al. (2007) lançaram o programa de investigação em Hidrologia e Gestão Sustentável de Bacias Hidrográficas (CHASM) no Reino Unido, utilizando uma rede de bacias hidrográficas. Recentemente, Matthews et al. (2023) lançaram a EUSEDcollab, uma base de dados aberta de séries temporais de vazão e produção de sedimentos em pequenas e médias bacias hidrográficas na Europa. A justificativa da construção dessa rede é para superar a escassez de dados de acesso aberto em escalas espaciais relevantes para estudos. Essas redes anteriores tinham exclusivamente objetivos de pesquisa científica, diferindo da abordagem de Kobiyama et al. (2009). A rede de bacias escolas, proposta por Kobiyama et al. (2009), não apenas contribui para a pesquisa científica, mas também enfatiza a educação ambiental. Essa integração de pesquisa e educação ambiental foi difundida por Haigh (2009) na comunidade europeia.

No levantamento bibliográfico, observou-se que vários trabalhos utilizaram o termo bacia escola sem apresentar seu conceito de maneira explícita. Por exemplo, Barros, Mendiondo e Wendland (2007) utilizaram o termo no título de seu artigo ao realizar um mapeamento de áreas de inundação para discutir o Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade de São Carlos, mas não abordaram a expressão no texto. Isso sugere que alguns pesquisadores empregam esse termo somente para diferenciar sua pesquisa sem maiores cuidados com a sua definição conceitual.

Com o objetivo de compreender a situação atual dos projetos relacionados a bacia escola no Brasil, Giacomel et al. (2021) realizaram um levantamento bibliográfico por meio da plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do *website* DuckDuckGo e da plataforma Google. A análise do

conteúdo revelou que apenas 1,5% do território brasileiro está vinculado a algum projeto de bacia escola, conforme ilustrado na Figura 1.

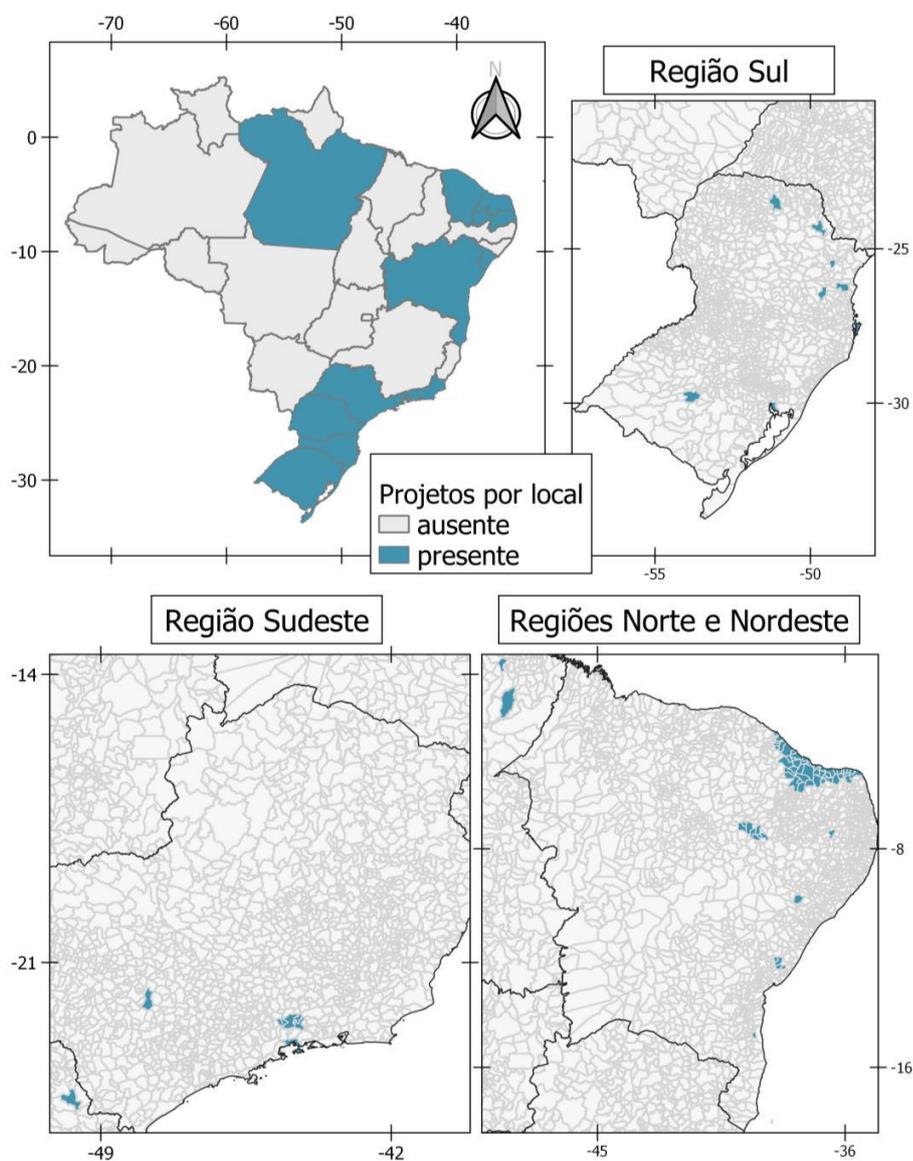


Figura 1. Localizações dos estados e dos municípios, por região, com a presença ou ausência de projetos relacionados à bacia escola no Brasil até o ano de 2021. **Fonte:** Giacomel et al. (2021).

Reunindo as informações bibliográficas apresentadas por Kobiyama et al. (2020b, 2024) e Giacomel et al. (2021), e complementando com dados disponíveis na Internet. Ruoso, Kobiyama e Sato (2024) elaboraram o banco de dados bibliográficos atualizado sobre bacia escola. Até o presente momento, foram encontradas no total 74 publicações para o período compreendido entre 1967 e 2023. A Figura 2 ilustra a produção bibliográfica no Brasil até 2023, revelando um discreto aumento no número de trabalhos ao longo do tempo.

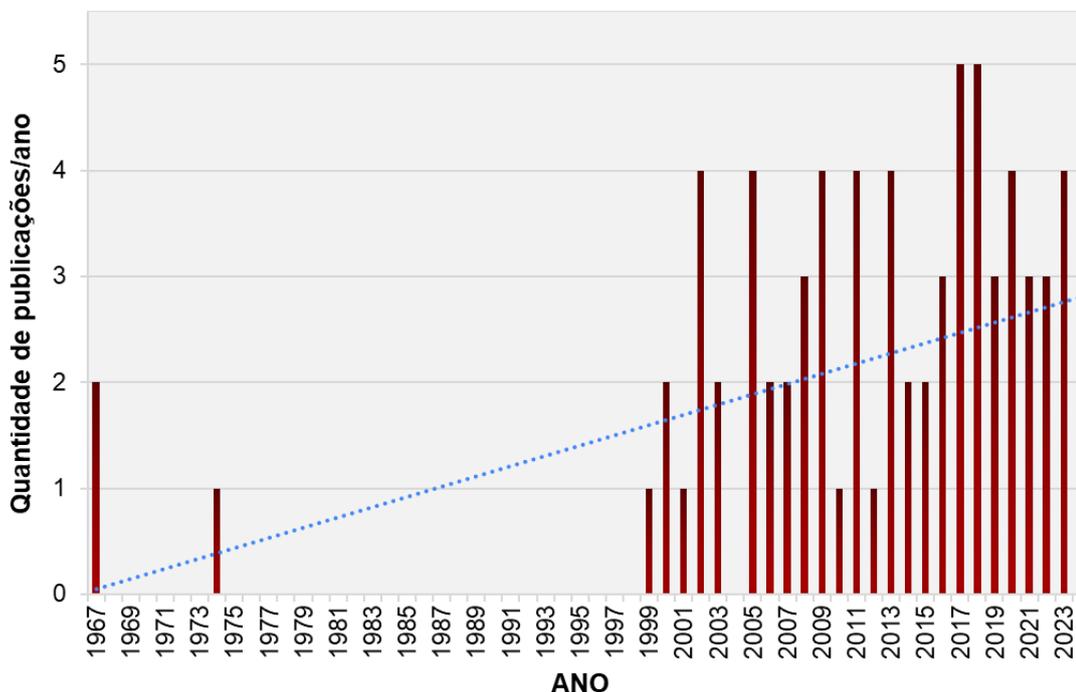


Figura 2. Produção bibliográfica anual em relação à bacia escola no Brasil.

CONCEITO DE BACIA ESCOLA

Na revisão bibliográfica, observa-se que a maioria dos trabalhos utiliza o termo “bacia escola” devido a duas condições: (i) a bacia hidrográfica foi o alvo principal do trabalho; e (ii) atividades na bacia foram voltadas ao ensino, especialmente ensino superior. Apesar de muitos trabalhos adotarem o termo “bacia escola”, a maioria não apresenta claramente o conceito associado a ela. Entretanto, alguns estudos discutem a finalidade, os papéis e as justificativas para o uso da bacia escola. Por exemplo, Mendiondo (2002b) mencionou que o desenvolvimento de bacias escolas abre oportunidades para apoiar pesquisas e projetos que atendam às demandas sociais relacionadas ao controle dos recursos hídricos urbanos.

Conforme mencionado no item 2 (História da construção da bacia escola), Kobiyama et al. (2007) ofereceram uma definição simples, considerando a bacia escola como bacia experimental destinada a atividades de pesquisa científica e educação ambiental. Esse trabalho focou na hidrologia florestal, investigando os efeitos da floresta nativa e plantada nos processos hidrológicos. A Figura 3 apresenta a evolução de uma bacia natural para uma bacia escola. Quando surgem diversos objetivos e interesses, pode acontecer a criação de uma rede de bacias escola (KOBİYAMA et al., 2009).

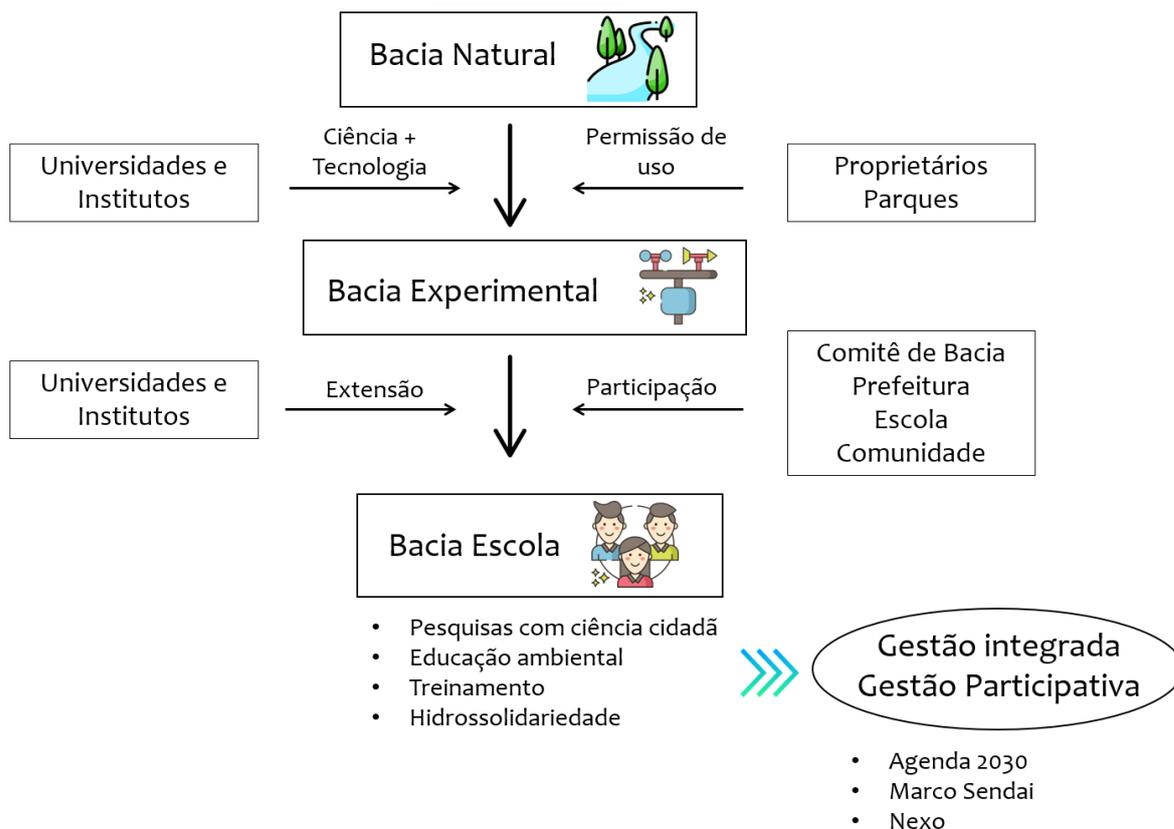


Figura 3. Processo de criação de bacia-escola e suas contribuições. **Modificado:** Kobiyama et al. (2007).

A bacia escola pode ser atualmente definida como uma região geográfica que inclui diversos instrumentos de medição e, além de útil às pesquisas científicas, pode ser um local para atividades didáticas servindo ao aprendizado de ciências, educação e qualquer tipo de formação intelectual a todos os cidadãos (KOBİYAMA et al., 2020b). É importante enfatizar que a bacia escola é um recurso acessível para todos os cidadãos, não apenas para cientistas e estudantes, mas também àqueles que já concluíram seus estudos (ensino primário, secundário ou superior). A bacia escola desempenha múltiplas funções, incluindo o aprendizado de ciências, pesquisa científica, recreação, educação ambiental e formação profissional.

Uma das principais mensagens do IHP-IX destaca a importância de ações embasadas na ciência, isto é, na hidrologia. A preocupação de Burt e McDonnell (2015) sobre o declínio da hidrologia é válida também para o Brasil, destacando a necessidade de criação de mais bacias escolas, que enfatizam a hidrologia prática, de campo. Os autores salientaram também que os educadores devem incentivar o trabalho de campo sempre que possível, sensibilizando para o desenvolvimento das habilidades de observação, trabalho em equipe e estímulo à curiosidade dos alunos. O objetivo principal do trabalho de campo é ensinar os alunos a serem curiosos, coletar dados, a testar ideias existentes e desenvolver novas hipóteses, inclusive as mais ousadas.

Assim, as pesquisas hidrológicas nas bacias escolas devem priorizar o diagnóstico e monitoramento em campo.

A ciência do sistema terrestre (*Earth System Science*), que estuda o globo como um sistema complexo, tem na geografia um papel fundamental (PITMAN, 2005). O trabalho de campo na hidrologia é essencial para conectar as vertentes humana e física da geografia, impulsionando o seu avanço. Este ramo é crucial na formação dos alunos, permitindo que visualizem teorias na prática e compreendam a interdisciplinaridade do conhecimento. Segundo Silva, Silva e Varejão (2010), o trabalho de campo é essencial em todos os níveis e cursos, construindo um aprendizado mais curioso e prazeroso, e promovendo uma visão científica que permeia a vida do aluno. Além disso, Scortegagna e Negrão (2005) comentaram que os trabalhos de campo são fundamentais para a observação e interpretação do meio onde o aluno vive e trabalha, capacitando-o a se tornar um agente transformador. O ensino formal e informal da geografia pode ser fundamental, inclusive na abordagem da bacia escola.

Ohara et al. (2011) realizaram monitoramento hidrológico nos EUA a fim de compreender o papel da neve nos processos hidrológicos das bacias hidrográficas. Os autores enfatizaram que o estudo de campo é essencial na ciência hidrológica, pois todos os estudos devem se basear na observação de bacias hidrográficas reais. Isso é fundamental tanto para a modelagem climatológica, que avalia os recursos hídricos futuros sob diferentes climas, quanto para a modelagem ambiental, que requer compreensão do movimento da água. Melo et al. (2020) também destacaram a importância do monitoramento hidrológico in situ para a tomada de decisões e modelagem. Sendo assim, os trabalhos em campo são indispensáveis para o bom funcionamento das bacias escolas, contribuindo para o ensino, conscientização, treinamento e avanço científico em hidrologia, geografia e geociências.

A água está no centro de muitos desafios globais atuais e futuros, tornando a pesquisa sobre mudanças hidrológicas cada vez mais crucial (RANGECROFT et al., 2021). Além disso, sua importância é evidente na interconexão entre sistemas sociais e hidrológicos (VANELLI; KOBİYAMA; DE BRITO, 2022), refletindo desafios ambientais globais e locais que requerem esforços tanto governamentais quanto individuais. Portanto, a necessidade de abordagens interdisciplinares é clara, como mencionou Oliveira (2002), ao afirmar que a bacia hidrográfica é a unidade ideal para pesquisas e o ensino multi- e interdisciplinar, que envolve trabalho em equipe e colaboração entre diferentes profissionais.

A prática da hidrologia de campo realizada em bacias escolas, onde a água desempenha um papel integrador, pode promover a integração das pessoas, fortalecendo as conexões sociais em comunidades anteriormente desconectadas e cultivando uma união social ou solidariedade. Essa solidariedade, emergente da interação da hidrologia em campo nas bacias escolas, pode ser conceituada como hidrossolidariedade (FALKENMARK; FOLKE, 2002).

A bacia escola é fortemente relacionada à sociedade. Portanto, a adoção da socio-hidrologia (KOBİYAMA et al., 2020b; VANELLI; KOBİYAMA; DE BRITO, 2022) na bacia escola é mais apropriada do que apenas a hidrologia. Uma comparação entre

hidrologia e socio-hidrologia é esboçada na Tabela 1, onde a bacia hidrográfica é a unidade ideal na hidrologia, enquanto a bacia escola ganha destaque na socio-hidrologia.

Tabela 1. Comparação entre a hidrologia e a socio-hidrologia.

Ciência	Hidrologia	Socio-hidrologia
Unidade ideal	Bacia hidrográfica	Bacia escola
Objetos na ciência	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo hidrológico • Processos hidrológicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo socio-hidrológico • Processos socio-hidrológicos
Objetos na Redução de Risco de Desastres (RRD)	Perigos naturais	Desastres naturais
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão de recursos hídricos • Gestão integrada de recursos hídricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão integrada • Nexus • Agenda 2030 • Marco de Sendai

Considerando todas as reflexões, a bacia escola é redefinida como uma bacia hidrográfica onde ocorre monitoramento e/ou diagnóstico em campo, sendo utilizada para pesquisas científicas e atividades educativas que promovem o aprendizado de ciências, educação ambiental e desenvolvimento intelectual para todos os cidadãos. Nas atividades didáticas, a geografia desempenha um papel central na educação formal, enquanto uma abordagem geográfica é adotada na educação informal. Devido a sua função social, a bacia escola emerge como uma unidade ideal para a hidrologia, especialmente para a socio-hidrologia, promovendo na prática a hidrossolidariedade na sociedade.

Dada a crescente complexidade do planeta em termos ambientais e sociais, a abordagem de Nexo, da Agenda 2030 e do Marco de Sendai, requer uma gestão integrada (KOBAYAMA et al., 2023b). Isso envolve recursos hídricos, energéticos, alimentares, humanos (associados a desastres), ambientais (como o meio ambiente) e recursos territoriais (como as bacias hidrográficas). À medida que a sociedade evolui, o sistema se torna mais complexo e qualquer conceito, como a vulnerabilidade (BIRKMANN, 2006), também evolui.

A definição de vulnerabilidade, segundo a UNDP (2004), é de uma condição ou processo resultante de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam a probabilidade e a escala dos danos causados pelo impacto de um determinado perigo. No entanto, Moreira e Kobiyama (2021) mencionaram que não existe um consenso entre os pesquisadores quanto ao conceito.

Um exemplo notável de evolução conceitual é a resiliência, descrita como a capacidade de resistir e se recuperar de perdas em contextos de gestão de riscos de desastre (FEKETE; HUFSCHMIDT; KRUSE, 2014). Contudo, em resposta à busca

pela sustentabilidade global, Rifkin (2022) ampliou o conceito da resiliência, definindo a resiliência não apenas como recuperação, mas como a capacidade de adaptação e coexistência com a natureza, uma força vital para a humanidade no futuro. Portanto, analogamente, o conceito de bacia escola certamente evoluirá, ampliando seu alcance.

DIRETRIZES PARA IMPLEMENTAÇÃO DA BACIA ESCOLA

Para implementar uma bacia escola é essencial estabelecer metas claras como ponto de partida, onde cada cidadão deve: (i) saber o que é desenvolvimento sustentável, ou seja, conhecer a Agenda 2030; (ii) conhecer o ciclo hidrológico e os processos hidrológicos; e (iii) aprender os conceitos básicos de intensidade de chuva, chuva acumulada, umidade do solo, velocidade do fluxo no rio, etc.

Para um adequado monitoramento hidrológico, é essencial lembrar da equação de balanço hídrico: $P = Q + ET + \Delta S$, onde P representa a chuva; Q a vazão; ET a evapotranspiração; e ΔS o armazenamento de água na bacia. A prioridade no monitoramento recai sobre P , seguida por Q . A medição de P pode ser feita com pluviômetros convencionais, semi-automáticos ou com telemetria, dependendo dos recursos financeiros disponíveis, precisão exigida ou do intervalo de medição de interesse. Similarmente, o método para medição da Q também varia, desde o uso de fluvarios até o uso do *acoustic Doppler current profiler* - ADCP (GAMARO, 2012). Detalhes sobre esses procedimentos estão disponíveis em Santos et al. (2001). De qualquer forma, a medição de P e Q deve ser feita em pelo menos um ponto, com Q preferencialmente no exutório da bacia escola.

A coleta de dados de campo para análises estatísticas em bacias experimentais e representativas é considerada cara e demorada (BURT; McDONNELL, 2015). O número de pontos de medição pode variar de acordo com o interesse dos moradores, gestores e pesquisadores, e suas localizações devem considerar vários fatores científicos, técnicos, sociais, econômicos e ambientais. Os pontos de medição de P e Q podem ser chamados como estação pluviométrica e fluviométrica (ou hidrológica), respectivamente. No Brasil, a Rede Hidrometeorológica Nacional coordena milhares destas estações (SILVA, 2021), que podem ser utilizadas conforme a necessidade e conveniência da bacia escola.

O ciclo hidrológico consiste em diversos processos hidrológicos tais como condensação, chuva, interceptação, infiltração, percolação, escoamento subterrâneo, vazão no rio, transpiração, evaporação e evapotranspiração (KOBAYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008). Cada processo requer uma metodologia de medição específica, o que pode aumentar os custos. A escolha dos parâmetros a serem medidos depende também dos interesses dos moradores, gestores e pesquisadores. Uma revisão bibliográfica realizada por Melo et al. (2020) destacou que a umidade do solo, a qualidade da água, o transporte de sedimentos e a erosão são variáveis pouco monitoradas do Brasil, recomendando a expansão da instrumentação da bacia para a realização de estudos mais abrangentes.

Em regiões montanhosas propensas a desastres como inundações bruscas, deslizamentos e fluxos de detritos, é recomendado monitorar, além de P e Q , a velocidade e profundidade das correntes nos rios, os diâmetros dos sedimentos grosseiros e o tamanho (comprimento e diâmetro) dos detritos lenhosos (KOBİYAMA et al., 2020a). É essencial estabelecer estruturas de observação para diagnosticar áreas de inundação e cicatrizes de movimento de massa, conforme destacado por Kobiyama e Zanandrea (2023), especialmente para registro, em casos de desastres.

Devido à necessidade de amostragem, o monitoramento muitas vezes se concentra em bacias hidrográficas menores. Embora haja vantagens, como facilidade de monitoramento e homogeneidade, ocorrem também desafios como a dificuldade de extrapolação dos dados para bacias maiores.

A utilização dos dados obtidos para educação ambiental e capacitação dos moradores é uma atividade extremamente importante. Portanto, é fundamental estabelecer estruturas para conduzir cursos de capacitação, envolvendo universidades, comitês de bacias, prefeituras, escolas e moradores (Figura 3).

O PAPEL DA CIÊNCIA CIDADÃ NA HIDROLOGIA

O conceito de ciência cidadã, conforme definido pela UNESCO (2022a), refere-se à participação voluntária de cidadãos na investigação científica e na coleta de dados, muitas vezes sob a orientação de cientistas profissionais e/ou em associação com instituições ou programas científicos formais, seguindo metodologias cientificamente válidas. A popularização da ciência cidadã na hidrologia pode contribuir para evitar o declínio desse campo de estudo. Inspirado na famosa frase de Abraham Lincoln em Gettysburg (Pensilvânia, EUA) em 1863 “*Government of the People, by the People, and for the People*” destaca-se a ideia de “*Science of the People, by the People, and for the People*”. Este pensamento promove a ideia de uma ciência verdadeiramente inclusiva, onde o conhecimento científico pertence a todos os cidadãos e é acessível a eles.

Segundo a Rede Brasileira de Ciência Cidadã (RBCC, 2021), “A ciência cidadã deve ser entendida de forma ampla, abrangendo uma gama de tipos de parcerias entre cientistas e interessado(a)s em ciência, para produção compartilhada de conhecimentos baseados na prática científica e na integração com outros saberes, com potencial para promover: i) o engajamento do público em diferentes etapas da prática científica; ii) a educação científica e tecnológica; e iii) a coelaboração e implementação de políticas públicas sobre temas de relevância social e ambiental.”

O envolvimento comunitário na geração de novos conhecimentos sobre o ambiente natural refere-se à ciência cidadã (BUYTAERT et al., 2014). A implementação de uma bacia escola oferece uma oportunidade ideal para promover a ciência cidadã, permitindo que os moradores locais aprendam sobre (socio)hidrologia e participem na coleta de dados. Esse engajamento comunitário ampliado resulta em uma compreensão mais profunda da bacia, além de promover uma conscientização precoce sobre desastres naturais (consciência do risco) e seu engajamento na gestão do território. De acordo com Buytaert et al. (2014), embora o conceito e o potencial da

ciência cidadã tenham sido historicamente subestimados, recentemente têm recebido maior atenção dentro da comunidade científica, apesar de sua relevância na geração de conhecimento científico.

É fundamental intensificar o monitoramento de diversos fenômenos ambientais e hidrogeomórficos, especialmente para a redução de riscos de desastres (RRD). A participação da comunidade no monitoramento e registro torna-se ainda mais indispensável. O aumento do conhecimento local, promovido pela ciência cidadã, fortalece a hidrossolidariedade nas comunidades locais, enquanto essa solidariedade, por sua vez, impulsiona ainda mais o desenvolvimento da ciência cidadã, incluindo a socio-hidrologia. Como uma das características da socio-hidrologia é a socialização da hidrologia (KOBAYAMA et al., 2020b), a interação simultânea entre hidrossolidariedade e a ciência cidadã, a qual ocorre em bacias escolas (Figura 4), favorece os objetivos da Agenda 2030, do Marco de Sendai e do Nexo (Figura 3).

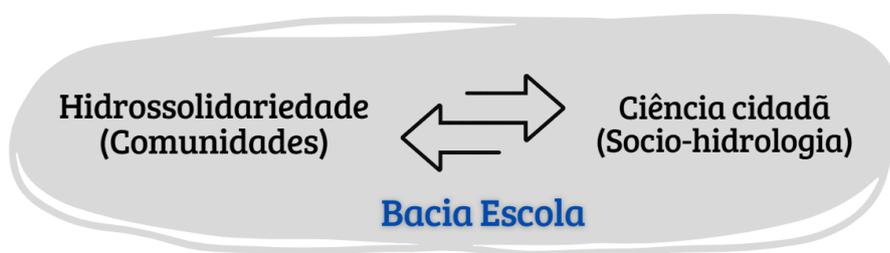


Figura 4. Interação simultânea entre a ciência cidadã e a hidrossolidariedade na bacia escola.

Na ciência cidadã, os pesquisadores colaboram com participantes locais para gerar conhecimento do local por meio de suas pesquisas. A colaboração interdisciplinar é essencial para enfrentar os problemas ambientais globais e locais, atuais e futuros. Os dados hidrológicos e sociais são igualmente importantes, oferecendo *insights* essenciais sobre as relações homem-água. Assim sendo, a implementação de bacias escolas em projetos de ciência cidadã (socio-hidrologia) e de hidrossolidariedade fortalece a aprendizagem social, promove confiança, gera novos conhecimentos e aumenta a resiliência comunitária.

EXEMPLOS DE BACIAS ESCOLAS

Aqui, apresenta-se dois estudos de caso, os quais não foram apresentados na Figura 1.

Extremo sul de Santa Catarina

Localizada na divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a bacia hidrográfica do rio Mampituba (1886 km²) se estende da região litorânea até a serra (KOBAYAMA et al., 2023a). Ao norte desta bacia, encontra-se a bacia hidrográfica do rio Araranguá (3071 km²) (LADWIG; SILVA; OLIVERIA, 2023). A

região entre o litoral e a serra é caracterizada por encostas extremamente íngremes, com diversos cânions, como Itaimbezinho, Índios Coroados, Molha Coco, Malacara e Fortaleza. Com a maior extensão de cânions do Sul da América, a região abriga dois Parques Nacionais: Aparados da Serra (PNAS) e Serra Geral (PNSG). Devido à rica geodiversidade junto a esses cânions, o Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul foi reconhecido pela UNESCO (2022b) (Figura 5).

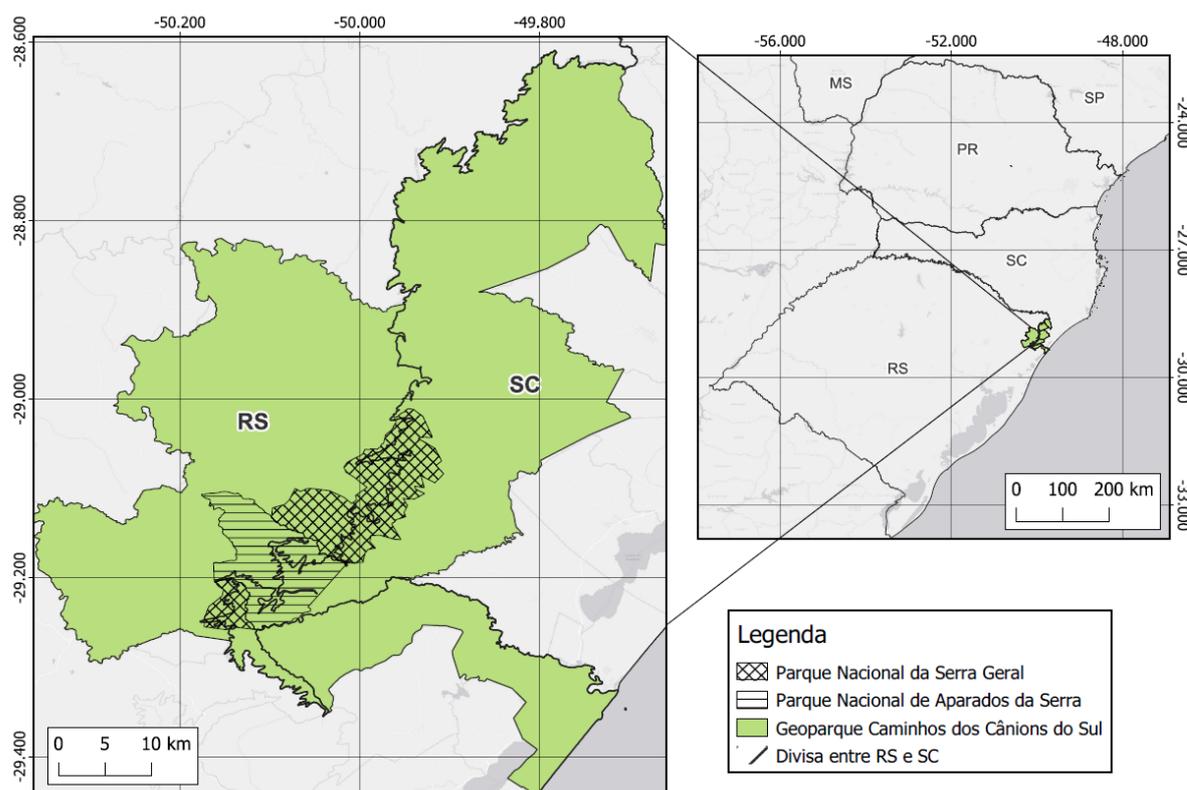


Figura 5. Localização dos Parques Nacionais de Aparados da Serra e da Serra Geral e das áreas do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul.

As bacias da região possuem diversas trilhas que se destacam como atrativos para o ecoturismo. Entre elas, a trilha do rio do Boi se destaca como a mais procurada (MAZZALI et al., 2021). A recente designação de Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul em 2022 certamente intensificou o fluxo de turistas e aumentou a vulnerabilidade social nesta região. É importante ressaltar que as encostas têm sido frequentemente afetadas por desastres associados às inundações bruscas e movimentos de massa (PAIXÃO et al., 2021). Portanto, o desenvolvimento regional por meio do ecoturismo e da RRD emerge como um desafio importante para as comunidades locais assegurarem a qualidade de vida e a sustentabilidade.

Para compreender os processos hidrogeomorfológicos (ou hidrossedimentológicos) que geram inundações bruscas e movimentos de massa (deslizamento e fluxo de detritos), o monitoramento e a modelagem computacional têm sido realizados nessa região. Exemplos incluem estudos sobre a dinâmica dos detritos lenhosos no PNAS

(CAMPAGNOLO; KOBİYAMA, 2021), a abertura controlada de trilhas com base em modelagem hidrológica (CAMPAGNOLO et al., 2021), o transporte de sedimentos nos cânions (PAIXÃO; KOBİYAMA, 2022) e o mapeamento de áreas com perigo de inundação em vários leques aluviais (VASCONCELLOS et al., 2021). Embora essas atividades científicas considerem essas bacias como experimentais ou naturais, sua contribuição para a RRD pode ser limitada, apesar da publicação de trabalhos técnico-científicos.

Para fortalecer a efetividade da RRD, é crucial a conscientização de moradores, gestores, condutores de turismo, professores, entre outros envolvidos. Para isso, têm sido oferecidos cursos de capacitação abordando temas como as características da região, hidrologia, mecanismos de ocorrência de desastres naturais (como inundações, deslizamentos ou fluxos de detritos) e gestão integrada (CORSEUIL et al., 2019). Esses cursos combinam teoria em sala de aula com prática em saídas de campo nas bacias escolas. A experiência destaca a relevância das atividades práticas, ressaltando a necessidade de realizar os cursos presencialmente, e não de forma remota.

Para que os moradores possam utilizar efetivamente o mapa de perigo de inundação brusca elaborado por Vasconcellos et al. (2021), que emprega o índice de perigo (IP) proposto por Stephenson (2002), é essencial que compreendam a relação entre a velocidade (v) e a profundidade (p) da corrente, resultando no $IP (= v \cdot p)$. Caso contrário, não conseguirão utilizar as informações valiosas apresentadas no mapa. Alguns cursos já demonstraram a professores, condutores e gestores procedimentos simples para perceber e estimar v , p e IP (Figura 6a). Os participantes necessitam dominar esses procedimentos para transmiti-los a seus alunos, colegas e famílias.

Na região desse estudo, há escassez de estações pluviométricas especialmente considerando sua topografia montanhosa. É importante aumentar a quantidade dessas estações para melhor monitorar as chuvas. No entanto, independentemente do número dessas estações, é essencial que os moradores tenham uma boa percepção da intensidade das chuvas durante os eventos. Com o objetivo de aumentar o número de estações pluviométricas existentes na região e desenvolver a percepção individual dos cidadãos em relação à chuva, estão sendo realizados cursos de capacitação para construção de pluviômetros caseiros em várias escolas públicas da região (Figura 6b) (CARVALHO et al., 2023). Essa iniciativa destaca o potencial da ciência cidadã como uma ferramenta eficaz nas bacias escolas para aumentar o monitoramento local das chuvas.



Figura 6. Atividades de cursos de capacitação: (a) Demonstração da estimativa da velocidade e profundidade do fluxo; e (b) construção de um pluviômetro caseiro em uma escola.

Angra dos Reis/RJ

Como destacado neste trabalho, o conceito bacia escola segue evoluindo no sentido de ampliar a participação social no conhecimento e gestão do território da bacia hidrográfica. A partir da comprovação dos seus efeitos positivos na sustentabilidade e anseio que seja reaplicada em outros espaços e comunidades, dialoga diretamente com o conceito de tecnologia social. Segundo a Fundação Banco do Brasil (2024), tecnologias sociais são “produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”.

Neste sentido, a experiência da Bacia Escola do Retiro, em Angra dos Reis/RJ, dialoga diretamente com esta perspectiva, na qual as bacias escolas passam a ser verdadeiras tecnologias sociais visando a sustentabilidade e a resiliência a desastres a partir da gestão socioambiental participativa de bacias hidrográficas (SATO et al., 2023).

A Bacia Escola do Retiro é um sistema hidrográfico com uma área total de 4,0 km² completamente inserida no município de Angra dos Reis, litoral Sul do estado do Rio de Janeiro, abrangida também pela área de atuação do Comitê de Bacia Hidrográfica da Baía da Ilha Grande (CBH-BIG), conforme indica a Figura 7. Neste território são realizadas ações integradas de ciência cidadã, planejamento, governança e educação ambiental (SATO et al., no prelo).



Figura 7. Localização e cobertura florestal na área de atuação do CBH-BIG (polígono em vermelho) e na Bacia Escola do Retiro (polígono em azul). Fonte: Sato et al. (no prelo).

O conhecimento do território é aspecto fundamental para o planejamento de ações e, conseqüentemente, da governança. Para tal, a ciência cidadã voltada para a hidrologia mostrou-se essencial nos levantamentos de oferta e demanda hídrica, assim como de parâmetros de qualidade da água. Com base nestes dados, somados ao conhecimento popular e acadêmico, foi realizado em 2017 um planejamento comunitário de ações voltadas à sustentabilidade desta bacia escola denominado PAC – Plano de Ação Comunitário.

Para tornar este plano exequível, fez-se importante criar um grupo formado por moradores locais, representantes do poder público, instituições parceiras e universidade para manter esta agenda de sustentabilidade ativa de forma permanente e viabilizar uma instância democrática para discussões e tomadas de decisão sobre o território da bacia escola. Este grupo foi nomeado Núcleo Comunitário de Sustentabilidade (NCS) e permanece ativo até o momento (2024), obviamente com mudanças em sua configuração inicial.

Dos encaminhamentos do PAC pelo NCS foram realizadas intervenções estruturais e não estruturais na bacia escola, como implantação de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, sistemas de monitoramento hidrológico de chuvas, umidade no solo e vazões, melhorias nos sistemas de captação, tratamento, armazenamento e

distribuição de água para a população local, além da realização de eventos com o objetivo de aumentar a conscientização socioambiental (AGIR/UFF, 2023).

Estes eventos dialogam também com outras atividades de educação ambiental formal, como a realização de trabalhos de campo, com o público da educação superior, e aulas passeio, com turmas da educação básica, através de sequências didáticas, adequadas aos diferentes públicos e ênfases pedagógicas, distribuída em um roteiro de visitação a pontos de interesse na Bacia Escola do Retiro (BACIA ESCOLA DO RETIRO, 2022). Desde abril de 2022, quando se iniciou uma sistematização destas atividades de educação ambiental, foram contabilizadas centenas de participações de alunos, professores e comunitários de diversos bairros de Angra dos Reis e municípios circundantes.

As ações educacionais com os diversos públicos na Bacia Escola do Retiro também enfocam a Educação para Redução dos Riscos de Desastres (ERRD). A ERRD é trabalhada em discussões e apresentações de pontos de interesse relacionados à subida do nível médio do mar, eventos extremos de chuva, monitoramento de chuvas e papel funcional das florestas na hidrologia (Figura 8). Nas interações com os diversos públicos participantes aborda-se a gestão dos riscos dando ênfase na construção social dos riscos e no processo desigual de vulnerabilização das populações mais pobres.



Figura 8. Atividades de educação para redução de riscos de desastres: (a) demonstração à beira mar dos impactos das mudanças climáticas; e (b) estudantes aprendem com o pluviômetro a importância do monitoramento de chuvas para a prevenção de desastres.

Recentemente em 2023 foi estabelecido um Acordo de Cooperação Técnica entre a prefeitura municipal e a Universidade Federal Fluminense (UFF) que contempla, entre outros objetivos, cooperar nas ações de integração e prevenção com comunidades em áreas de risco e complementar as ações de ERRD utilizando a bacia escola como um ambiente de aprendizagem. O CBH-BIG também aprovou em 2023 uma parceria com a UFF com repasse de recursos financeiros visando apoiar e amplificar os efeitos socioambientais positivos da tecnologia social Bacia Escola do Retiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou apresentar a aplicação prática do conceito de bacia escola como um modelo eficaz para a gestão integrada dos recursos hídricos, destacando sua relevância na promoção da ciência cidadã, educação ambiental e fortalecimento da socio-hidrologia. Foi possível definir o conceito de bacia escola, situá-lo historicamente e demonstrar sua eficácia através de dois estudos de caso no Brasil.

A análise histórica revelou que o termo técnico “bacia escola”, originado na década de 1960 no Nordeste brasileiro, permanece aplicável, especialmente quando aliado à ciência cidadã e à gestão integrada de bacias hidrográficas. A implementação da bacia escola não só facilita a educação ambiental e a conscientização das comunidades locais, mas também promove uma gestão mais participativa dos recursos hídricos.

Os estudos de caso apresentados (região de Angra dos Reis e extremo sul de Santa Catarina) evidenciam que a bacia escola pode ser uma ótima ferramenta para integrar comunidades locais na gestão de seus territórios, bem como outros setores como comitês de bacia, prefeituras, escolas, associações de moradores, institutos e universidades, promovendo assim maior resiliência a desastres. Essas experiências reforçam a necessidade de ampliar a implementação de bacias escolas, propondo-se assim a criação de um Programa Nacional de Bacias Escolas.

O Brasil testemunhou a criação de diversos Programas Nacionais (PN) destinados ao manejo sustentável de bacias hidrográficas e fortalecimento dos comitês de bacia, destacando a importância da bacia hidrográfica para o desenvolvimento do país. Por exemplo, PN de Microbacias em 1987, PN de Manejo Sustentável do Solo e da Água em Microbacias Hidrográficas – Águas do Agro em 2021, PN de Despoluição de Bacias Hidrográficas em 2001 e em 2023, PN de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas em 2016, e PN de Revitalização de Bacias Hidrográficas em 2016. Neste contexto, a partir dos exemplos exitosos apresentados neste trabalho, propõe-se a criação do Programa Nacional de Bacias Escolas, uma contribuição significativa para o avanço do país em direção aos objetivos da AGENDA 2030, Marco de Sendai e “Nexo Água-Energia-Alimento-Desastres-Ecosistema”.

Conclui-se que a expansão e formalização desse modelo em âmbito nacional poderiam contribuir significativamente para a sustentabilidade e a resiliência das bacias hidrográficas brasileiras, além de promover um avanço importante na conscientização ambiental da população.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas de pesquisa.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Masato Kobiyama e Anderson Mululo Sato. **Metodologia:** Masato Kobiyama, Anderson Mulu Sato e Karla Campagnolo. **Análise formal:** Masato Kobiyama, Erika Gabriella Ruoso, Karla Campagnolo, Marina Refatti Fagundes e Fernando Campo Zambrano. **Pesquisa:** Masato Kobiyama e Anderson Mululo Sato. **Preparação de dados:** Masato Kobiyama e Erika Gabriella Ruoso. **Escrita do artigo:** Masato Kobiyama, Anderson Mululo Sato, Karla Campagnolo e Fernando Campo Zambrano. **Revisão:** Masato Kobiyama, Anderson Mulu Sato e Karla Campagnolo. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

AGIR/UFF - Coordenação de Inovação e Tecnologia Social da UFF. **Minidoc Bacia Escola - Núcleo Comunitário de Sustentabilidade.** 2023. Disponível em: <https://youtu.be/nC1sAx7ViAs?feature=shared>. Acessado em 23/02/24.

BACIA ESCOLA DO RETIRO. **Guia didático Bacia Escola do Retiro – Angra dos Reis/RJ.** 2022. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1Ujd59IjyKduNfVYqA6HfLTC_uo0Tv62h/view. Acessado em 23/02/24.

BARROS, R.M.; MENDIONDO, E.M.; WENDLAND, E. Cálculo de áreas inundáveis devido a enchentes para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de São Carlos (PDDUSC) na bacia escola do Córrego do Gregório. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.12, n.2, p.5-17, 2007.

BIGGS, E.M. et al. Sustainable development in the water-energy food nexus: A perspective on livelihoods. **Environmental Science & Policy**, v.54, p.389-397, 2015.

BIRKMANN, J. Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: BIRKMANN, J. (ed.) **Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies.** Tokyo: United Nations University Press, 2006. p.9-54.

BURT, T.P.; McDONNELL, J.J. Whither field hydrology? The need for discovery science and outrageous hydrological hypotheses. **Water Resources Research**, v.51, p.5919–5928, 2015.

CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M. Woody debris characterization in a small basin with araucaria forest. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.22, n.2, p.463-474, 2021.

CAMPAGNOLO, K.; VASCONCELLOS, S.M.; CASTIGLIO, V.S.; FAGUNDES, M.R.; KOBIYAMA, M. Aplicação do Tank Model como ferramenta de gestão na bacia do Rio Perdizes – Cambará do Sul/RS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.2, p.1143-1158, 2021.

CARMO-MORENO, C.; CRESTAZ, E.; CIMMARRUSTI, Y.; FARINOSI, F.; BIEDLER, M.; AMANI, A.; MISHRA, A.; CARMONA-GUTIERREZ, A. (eds.) **Implementing the**

Water–Energy–Food–Ecosystems Nexus and achieving the Sustainable Development Goals. Paris: UNESCO, 2021. 190p.

CARVALHO, M.M.; RUOSO, E.G.; FAGUNDES, M.R.; KOBİYAMA, M. Curso de capacitação em pluviômetros caseiros nas escolas de ensino básico. In: 2º Seminário de Pesquisas no Território do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul (2023: Mampituba), Praia Grande: Geoparque, **Anais**, 2023. p.95-96.

CORSEUIL, C.W.; DAGOSTIN, F. S.; VASCONCELLOS, S. M.; NONNEMACHER, L. C.; FRANCK, A. G.; KOBİYAMA, M. Importância do curso de capacitação sobre redução de desastres hidrológicos (inundação, deslizamento e fluxo de detritos): monitoramento e modelagem. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2019, Foz do Iguaçu), Porto Alegre: ABRHidro, **Anais**, 2019.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Desenvolvimento de novos métodos de pesquisa, captação, manejo e gestão de água subterrânea no semiárido cristalino da bacia hidrográfica do rio Moxotó para o abastecimento de pequenas comunidades rurais e urbanas.** Recife: CPRM, 1999. 84p.

DULAC, V.F.; KOBİYAMA, M. Interfaces entre políticas relacionadas a estratégias para redução de riscos de desastres: recursos hídricos, proteção e defesa civil e saneamento. **REGA**, v.14, e10, 2017.

ENCICLOPÉDIA SIGNIFICADOS **Significado de Escola.** Disponível em <https://www.significados.com.br/escola/> Acesso em 20/12/2023.

ESTEVES, R.L.; MENDIONDO, E.M. **Estratégias Metodológicas da Bacia Escola para o Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana.** São Carlos: USP/EESC/DHS, 2003. 58p. (Relatório Final do PIBIC).

FALKENMARK, M.; FOLKE, C. The ethics of socio-ecohydrological catchment management: towards hydrosolidarity. **Hydrology and Earth System Science**, v.6, n.1, p.1-9, 2002.

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J. **Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology.** London: Earthscan, 2004. 247p.

FEITOSA, E.C.; FEITOSA, F.A.C.; LIRA, H.M.P. Relações estratigráficas e estruturais entre a bacia Potiguar e a bacia Costeira PE/PB/RN – Uma hipótese de trabalho. In: **Anais da ABAS**, Florianópolis, 2002. 12p.

FEKETE, A.; HUFSCHMIDT, G.; KRUSE, S. Benefits and Challenges of Resilience and Vulnerability for Disaster Risk Management. **International Journal of Disaster Risk Science**, v.5, p.3-20, 2014. DOI 10.1007/s13753-014-0008-3

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Portal BB: Prêmio Fundação BB de Tecnologia Social.** 2023. Disponível em: <https://www.bb.com.br/site/tecnologiasocial/>. Acessado em 23/02/24.

GAMARO, P.E. **Medidores Acústicos Doppler de Vazão.** Foz do Iguaçu: Itaipu, 2012. 164p.

GIACOMEL, F.G.; BECKER, I.O.; ZIMMERMANN, H.C.; MONTEIRO, L.R.; VANELLI, F.M. Desenvolvimento de bacias-escola no Brasil. In: XXIV SBRH, Belo Horizonte, 2021, **Anais**, 2021. 10p.

GLEICK, P.H. (ed). **Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources**. New York: Oxford University Press, 1993. 504p.

GREGORY, K. Updating geomorphology: Practical Fieldwork in Hydrology If It Moves, Measure It! **Teaching Geography**, v. 5, n.4, p.170-174, 1980.

HAIGH, M. Headwater control: An agenda for the future. In: International Conference LAND CONSERVATION – LANDCON, 2009, Tara Mountain, **Proceedings**, 2009. 9p.

HOFF, H. **Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus**. Stockholm: Stockholm Environment Institute, 2011. 51p. Disponível em: <<https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf>>.

IAHS – International Association of Hydrological Sciences. **Concept Note: IAHS Scientific Decade 2023-2033**. 2023. 3p. <https://iahs.info/assets/Next%20Scientific%20Decade/Concept%20note%2014%20M-arch%202023.pdf>

KOBIYAMA, M.; ZANANDREA, F. Introdução. In: ZANANDREA, F.; KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; FLEISCHMANN, A.S.; COLLISCHONN, W. (orgs.) **Desastres e água: eventos históricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRHidro, 2023. p.15-24.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; CORSEUIL, C.W.; LINO, J.F.L.; LOPES, N.H.Y.; GRISON, F.; CHAFFE, P.L.B.; MALUTTA, S.; RIBAS JUNIOR, U.; LANGA, R.; BASSO, S. Forest hydrology project (UFSC–MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil. **IAHS Publication**, v.315, p.250-257, 2007.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A.; CORSEUIL, C.W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Organic Trading, 2008. 160p.

KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P.L.B.; ROCHA, H.L.; CORSEUIL, C.W.; MALUTTA, S.; GIGLIO, J.N.; MOTA, A.A.; SANTOS, I.; RIBAS JUNIOR, U.; LANGA, R. Implementation of school catchments network for water resources management of the Upper Negro River region, southern Brazil. In: TANIGUCHI, M.; BURNETT, W.C.; FUKUSHIMA, Y.; HAIGH, M.; UMEZAWA, Y. (eds.). **From headwaters to the ocean: hydrological changes and watershed management**. London: Taylor & Francis Group, 2009. p.151-157.

KOBIYAMA, M.; CAMPAGNOLO, K.; MENEZES, D.; PAIXÃO, M.A. Manejo da zona ripária para redução de risco de desastres no ambiente montanhoso. In: MAGNONI JR, L. et al. (orgs.) **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**. 2. ed. São Paulo: CPS, 2020a. p.764-794.

KOBIYAMA, M.; VANELLI, F.M.; OLIVEIRA, H.U.; VASCONCELLOS, S.M.; CAMPAGNOLO, K.; BRITO, M.M. MOREIRA, L.L. Uso da bacia-escola na redução do

risco de desastres: uma abordagem socio-hidrológica. In: MAGNONI JR, L. et al. (orgs.) **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. 2. ed.** São Paulo: CPS, 2020b. p.560-583.

KOBIYAMA, M.; FAGUNDES, M.R.; BRIGHENTI, T.M.; STONE, T.F.; CORSEUIL, C.W. Integrative approach for risk and disaster reduction: The Water-Energy-Food-Disaster-Ecosystem Nexus. In: MAGNORI JÚNIOR, L. et al. (orgs.) **Ensino de geografia e a redução do risco de desastres em espaços urbanos e rurais. 1. ed.** São Paulo: Centro Paula Souza, 2022. p.434-464.

KOBIYAMA, M.; CORSEUIL, C.W.; SANTOS, I.; LADWIG, N.I. Influência da floresta na dinâmica hidrossedimentológica de bacias montanhosas no sul do Brasil. In: SOBRINHO, T.A. (Organizador) **Regulação e gestão de recursos hídricos no Brasil**, Campo Grande: Oeste, 2023a. p.256-285.

KOBIYAMA, M.; FRANCK, A.G.; CARVALHO, M.M.; CHAFFE, P.L.B.; CORSEUIL, C. "School catchment" as educational and scientific base for the Sendai Framework, Nexus and 2030 Agenda. In: XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Berlin, **Proceedings**, 2023b.

KOBIYAMA, M.; FRANCK, A.G.; GONZÁLEZ-ÁVILA, I.; MACIEL, J.G.F. Socio-Hydrogeomorphology and School Catchment as Useful Science and Tool for Disaster Risk Reduction. In: TATANO, H.; KOVACS, P. (eds.) **Proceedings of the 5th Global Summit of the Global Alliance of Disaster Research Institutes (GADRI)**. Singapore: Springer Nature, 2024. (no prelo)

KONDOLF, G.M.; PINTO, P.J. The social connectivity of urban rivers. **Geomorphology**, v.277, p.182-196, 2017.

LISBOA, H.M.; NUNES, F.C.; NOVELLO, J.M. Bacia escola do Campus da UFSC – implantação de ensino prático nas aulas de Hidrologia. In: VI Encontro - Educação em Engenharia, 2000, Rio de Janeiro: UFRJ, **Anais**, 2000. 48p.

LADWIG, N.I.; SILVA, J.G.S.; OLIVERIA, A.L.M. **Alteração Antrópica nas Bacias Hidrográficas do Rio Araranguá e Urussanga**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2023. 200p.

MATTHEWS, F. et al. EUSEDcollab: a network of data from European catchments to monitor net soil erosion by water. **Scientific Data**, v.10, 515, 2023.

MAZZALI, L.H.; DIAZ, L.R.; KOBIYAMA, M.; CAMPAGNOLO, K. Aplicação da NBR 15505-2:2019 na Análise dos Trechos da Trilha do Rio do Boi, no Parque Nacional de Aparados da Serra, Sul do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v.11, n.4, p.134-147, 2021.

MELO, D.C.D.; ANACHE, J.A.A.; ALMEIDA, C.N.; COUTINHO, J.V.; RAMOS FILHO, G.M.; ROSALEM, L.M.P.; PELINSON, N.S.; FERREIRA, G.L.R.A.; SCHWAMBACK, D.; CALIXTO, K.G.; SIQUEIRA, J.P.G.; DUARTE-CARVAJALINO, J.C.; JHUNIOR, H.C.S.; NÓBREGA, J.D.; MORITA, A.K.M.; LEITE, C.M.C.; GUEDES, A.C.E.; COELHO, V.H.R.; WENDLAND, E. The big picture of field hydrology studies in Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v.65, p.1262-1280, 2020.

MENDIONDO, E.M. **Bacia escola e sociedade na conservação da água urbana.** São Carlos: SHS/EESC/USP, 2002a. 16p.

MENDIONDO, E.M. **Plano de Pesquisa: “Sistema de alerta antecipado de Cheias como Estratégia da Bacia Escola para Gerenciamento Ambiental Integrado das Águas Urbanas”.** São Carlos: SHS/EESC/USP, 2002b. 28p.

MERRIAN-WEBSTER DICTIONARY **School.** Disponível em <https://www.merriam-webster.com/dictionary/school> Acesso em 20/12/2023.

MOLLE, F. River-basin planning and management: The social life of a concept. **Geoforum**, v.40, p.484-494, 2009.

MOREIRA, F.A.; FONTANA, M.D.; MALHEIROS, T.F.; DI GIULIO, G.M. (eds.) **The Water-energy-food nexus: what the Brazilian research has to say.** São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2022. 291p. DOI 10.11606/9786588304075

MOREIRA, L.L.; KOBIYAMA, M. Panorama de estudos sobre índice de vulnerabilidade às inundações no Brasil através de revisão bibliográfica. **Caminhos de Geografia**, v.22, n.79, p.309–320, 2021.

O’CONNELL, P.E.; QUINN, P.F.; BATHURST, J.C.; PARKIN, G.; KILSBY, C.; BEVEN, K.J.; BURT, T.P.; KIRKBY, M.J.; PICKERING, A.; ROBINSON, M.; SOULSBY, C.; WERRITTY, A.; WILCOCK, D. Catchment hydrology and sustainable management (CHASM): an integrating methodological framework for prediction. **IAHS Publication**, v.309, p.53-62, 2007.

OHARA, N.; KAVVAS, M.L.; EASTON, D.; DOGRUL, E.C.; YOON, J.Y.; CHEN, Z.Q. Role of Snow in Runoff Processes in a Subalpine Hillslope: Field Study in the Ward Creek Watershed, Lake Tahoe, California, during 2000 and 2001 Water Years. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.16, n.6, p.521-533, 2011.

OLIVEIRA, H.T. Potencialidades do Uso Educativo do Conceito de Bacia Hidrográfica em Programas de Educação Ambiental. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A.F.M. (eds.) **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**, Ilhéus: Editus, 2002. p.125-138.

OXFORD ENGLISH DICTIONARY **School.** Disponível em <https://www.oed.com/search/dictionary/?scope=Entries&q=school> Acesso em 20/12/2023.

PAIXÃO, M.A.; KOBIYAMA, M. Flow resistance in a subtropical canyon river. **Journal of Hydrology**, v.613, Part B, 128428, 2022.

PAIXÃO, M.A.; CORSEUIL, C. W.; KOBIYAMA, M.; GONZÁLEZ-ÁVILA, I.; VANELLI, F.M.; OLIVEIRA, H.U.; VASCONCELLOS, S.M.; CAMPAGNOLO, K.; FAGUNDES, M.R. Occurrence of Multi-Disasters in the Mampituba River Basin, Southern Brazil, During the COVID-19 Pandemic. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v.13, n.4, p.84-92, 2021.

PITMAN, A.J. On the role of Geography in Earth System Science. **Geoforum**, v.36, p.137-148, 2005.

PURWANTO, A.; SUSNIK, J.; SURYADI, F.X.; FRAITURE, C. Water-Energy-Food Nexus: Critical Review, Practical Applications, and Prospects for Future Research. **Sustainability**, v.13, 1919, 2021.

RANGECROFT, S.; ROHSE, M.; BANKS, E.W.; DAY, R.; DI BALDASSARRE, G.; FROMMEN, T.; HAYASHI, Y.; HÖLLERMANN, B.; LEBEK, K.; MONDINO, E.; RUSCA, M.; WENS, M.; VAN LOON, A.F. Guiding principles for hydrologists conducting interdisciplinary research and fieldwork with participants. **Hydrological Sciences Journal**, v.66, p.214-225, 2021.

RBCC. **Marcos e princípios norteadores da atuação da RBCC**. 2021. Disponível em: <https://sites.usp.br/rbcienciadada/wp-content/uploads/sites/852/2021/10/Documento-norteador-do-sistema-de-Governanca-da-RBCC.pdf>. Acessado em 23/02/24.

REBOUÇAS, A.C. Bacia Potiguar. Estudo Hidrogeológico. In: **Bacia Escola de Hidrogeologia**, Recife: SUDENE/DD., 1967. (Série Hidrogeologia no 15).

REBOUÇAS, A.C. Desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, **Anais**, 1998. 11p.

RIFKIN, J. **The Age of Resilience: Reimagining Existence on a Rewilding Earth**. New York: St. Martin's Press, 2022. 320p.

RINGLER, C.; BHADURI, A.; LAWFORD, R. The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v.5, p.617-624, 2013.

RUOSO, E.G.; KOBIYAMA, M.; SATO, A.M. **Bibliografia dos trabalhos relacionados à Bacia-Escola no período de 1967-2023**. Porto Alegre: GPDEN/IPH/UFRGS, 2024. 8p. (Relatório Técnico No. 13)

SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.B.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F.C. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372p.

SATO, A. M. et al. Bacia Escola do Retiro: tecnologia social de promoção da educação ambiental e resiliência a desastres. In: Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas, Natal, **Anais**, 2023.

SATO, A. M. et al. Bacia Escola: tecnologia social de promoção da sustentabilidade, resiliência a desastres e do ensino-pesquisa-extensão. In: **Agroecologia, direitos humanos e políticas públicas**. (no prelo).

SCORTEGAGNA, A.; NEGRÃO, O. Trabalhos de campo na disciplina de Geologia Introdutória: a saída autônoma e seu papel didático. **Terrae didática**, v.1, p.36-43, 2005.

SILVA, J.S.R.; SILVA, M.B.; VAREJÃO, J.L. Os (des)caminhos da educação: a importância do trabalho de campo na geografia. **Vértices**, v.12, n.3, p.187-197, 2010.

SILVA, L.R.S. Monitoramento hidrometeorológico no Brasil: uma análise sob a ótica da coordenação de políticas públicas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.18, e3, 2021.

SILVEIRA, R.L. **Proposição de um modelo determinista de simulação hidrológica para bacias hidrográficas com dados plúvio-hidrométricos escassos**. Porto Alegre: UFRGS-UNESCO, 1974. 114p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Hidrológica Aplicada)

SRINIVASAN, V.S.; GALVÃO, C.O.; ALCÂNTARA, H.M. Bacias experimentais do Cariri paraibano. In: RODRIGUES, L.N.; SCHULER, A.E. (eds.) **Água Desafios para a Sustentabilidade da Agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 2016. p.213-231.

STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v.4, p.425-430, 2002.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v.38, p.913-920, 1957.

UN – United Nations. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: UN, 2015. 41p.

UN DESA – United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2022: Summary of Results**. New York: UN, 2022. 38p. (UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3). Disponível em https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pdf/files/wpp2022_summary_of_results.pdf. Acesso em 01/12/2023.

UNDP – United Nations Development Program. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York: UNDP, 2004. 130p.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **International Hydrological Decade, Intergovernmental Meeting of Experts, Final Report**. Paris: UNESCO, 1964. 51 p. (UNESCO/NS/188)

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **IHP-IX: Strategic Plan of the Intergovernmental Hydrological Programme: Science for a Water Secure World in a Changing Environment, ninth phase 2022-2029**. Paris: UNESCO, 2022a. 51p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381318> Acesso em 20/12/2023.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **UNESCO designates 8 new Global Geoparks**. 2022b. Disponível em: <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-designates-8-new-global-geoparks#southern-canyons-pathways-unesco-global-geopark-brazil>. Acesso em 29/07/2022.

UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. Geneva: UNISDR, 2015a. 35p.

VANELLI, F.M.; KOBAYAMA, M.; DE BRITO, M.M. To which extent are socio-hydrology studies truly integrative? The case of natural hazards and disaster research. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.26, p.2301-2317, 2022.

VASCONCELLOS, S.M.; KOBIYAMA, M.; DAGOSTIN, F.S.; CORSEUIL, C.W.; CASTIGLIO, V.S. Flood Hazard Mapping in Alluvial Fans with Computational Modeling. **Water Resources Management**, v.35, p.1463–1478, 2021.

VIDON, P.G. Field hydrologists needed: a call for young hydrologists to (re)-focus on field studies. **Hydrological Processes**, v.29, p.5478–5480, 2015.

WEF – World Economic Forum **Water Security: The Water-Energy-Food-Climate Nexus: World Economic Forum Initiative**. Washington: Island Press, 2011. 288p.

WHITEHEAD, P.G.; ROBINSON, M. Experimental basin studies - an international and historical perspective of forest impacts. **Journal of Hydrology**, v.145, p.217-230, 1993.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0