

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTERA**

REGINALDO BRAZ DOS SANTOS

**PREVISÃO EM BACIAS NÃO MONITORADAS: REFLEXOS DA INICIATIVA DA
ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS HIDROLÓGICAS (IAHS) NA
COMUNIDADE HIDROLÓGICA**

Ilha Solteira

2024

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO
PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS (ProfÁgua)

REGINALDO BRAZ DOS SANTOS

**PREVISÃO EM BACIAS NÃO MONITORADAS: REFLEXOS DA INICIATIVA DA
ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS HIDROLÓGICAS (IAHS) NA
COMUNIDADE HIDROLÓGICA**

Dissertação, apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre na Especialidade de Gestão e Regulação em Recursos Hídricos - ProfÁgua.

Prof. Dr. Rodrigo Lilla Manzione
Orientador

Ilha Solteira

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

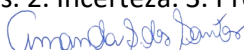
S237p Santos, Reginaldo Braz dos.
Previsão em bacias não monitoradas: reflexos da iniciativa da Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (IAHS) na comunidade hidrológica / Reginaldo Braz dos Santos. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
84 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Instrumentos de Política de Recursos Hídricos, 2024

Orientador: Rodrigo Lilla Manzione

Inclui bibliografia

1. Bacias hidrográficas. 2. Incerteza. 3. Predição. 4. Modelagem hidrológica.


Amanda Sertori dos Santos

Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "PREVISÃO EM BACIAS NÃO MONITORADAS: REFLEXOS DA INICIATIVA DA ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS HIDROLÓGICAS (IAHS) NA COMUNIDADE HIDROLÓGICA"

AUTOR: REGINALDO BRAZ DOS SANTOS


ORIENTADOR: RODRIGO LILLA MANZIONE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, área: Instrumentos de Política de Recursos Hídricos pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RODRIGO LILLA MANZIONE (Participação Virtual)
Departamento de Geografia e Planejamento / Faculdade de Ciências Tecnologia e Educação de Ourinhos - UNESP

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO LILLA MANZIONE**
Data: 10/01/2024 15:18:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FERNANDO MAINARDI FAN (Participação Virtual)
Departamento de Obras Hidráulicas / Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO MAINARDI FAN**
Data: 19/01/2024 10:08:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. RICARDO GABRIEL BANDEIRA DE ALMEIDA (Participação Virtual)
Departamento de Hidrologia / Serviço Geológico do Brasil

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO GABRIEL BANDEIRA DE ALMEIDA**
Data: 19/01/2024 08:23:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ilha Solteira, 10 de janeiro de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este presente trabalho a Deus, por ter norteado minha vida.

Aos meus familiares pelo exemplo que talvez vejam em mim, a aventura, ao desconhecido e a loucura.

Aos meus novos amigos e aqueles que virão a ouvir sobre está história.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho está sendo realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico prestado até o momento.

Agradeço também a Deus pela oportunidade de poder tentar mais uma vez e de poder continuar tentando fazer a diferença, ao incompreensível e ao aceitável. Servir e ser servido, muito obrigado!

A todos os professores, especialmente ao orientador Prof. Dr. Rodrigo Lilla, pelos ensinamentos desenvolvidos neste trabalho, ao coordenador Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira pelo apoio. E aos meus amigos do ProfÁgua, no qual compartilhei trabalhos e experiências. E a você...

“Estou trabalhando continuamente para melhorar meus resultados. Se você não encontrou o que procurava, desculpe-me, talvez da próxima vez eu possa compartilhar ou fazer entender melhor. Seguirei tentando...Obrigado!”

RESUMO

O conhecimento hidrológico é construído por evidências trazidas por informações geradas a partir de dados. A coleta, armazenamento e disponibilização de dados gerados por diferentes instituições ainda é um desafio que vem se tentando transpor desde a promulgação da Lei 9.433/97 que estabelece o Sistema de Informações de Recursos Hídricos como instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos. Entretanto, a periodicidade na manutenção de equipamentos e escassez de equipes técnicas de campo faz com que sejam necessárias outras formas de realizar previsões em locais sem dados disponíveis. Esse problema não é exclusivo do Brasil ou mesmo de países de dimensões continentais. Nesse sentido, a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (IAHS) lançou em 2002 a iniciativa de uma década de estudos em previsões em bacias não monitoradas (PUB – *Prediction in Undergauged Basins*). Essa iniciativa foi lançada como objetivo de formular e implementar programas científicos apropriados para engajar e estimular a comunidade científica, de forma coordenada, a alcançar grandes avanços na capacidade de fazer previsão em bacias não monitoradas. O programa científico da IAHS se concentrou na estimativa da incerteza preditiva, e sua redução posterior, como seu tema central. O objetivo deste trabalho é mostrar os impactos dessa iniciativa junto à comunidade hidrológica. Para isso realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática, cujos resultados obtidos e os são discutidos no sentido de como essas ideias foram assimiladas pela sociedade, principalmente no Brasil. Foram encontrados 648 artigos em periódicos dedicados ao tema, utilizando 5 estratégias de busca e classificação, nas 6 bases de dados mais relevantes ao tema, verificando-se uma maior incidência nos Estados Unidos, China, Canadá. Verificou-se uma maior presença de estudos no Hemisfério Norte. Dessa forma, acredita-se que a iniciativa PUB teve um grande alcance, porém ainda limitado no Hemisfério Sul. A iniciativa PUB também gerou um impacto positivo desencadeando novas iniciativas como as décadas denominadas *Panta Rhei* e *HELPING* que foram propostas a seguir e ainda estão em curso, respectivamente.

Palavras-chave: monitoramento; bacias hidrográficas; incerteza; previsão; modelagem hidrológica.

ABSTRACT

The Hydrological knowledge is built by evidence brought by information generated from data. The collection, storage and availability of data generated by different institutions is still a challenge that has been attempted to be overcome since the promulgation of Law 9,433/97, which establishes Information Systems as an instrument of the National Water Resources Policy. However, the frequency of equipment maintenance and the scarcity of technical field teams means that other ways of making predictions are necessary in places without available data. This problem is not exclusive to Brazil or even to countries with continental dimensions. In this sense the initiative of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS) launched in 2002 the initiative of a decade of studies on predictions in unmonitored basins (PUB – Prediction in Ungauged Basins). This initiative was launched with the objective of formulating and implementing appropriate scientific programs to engage and stimulate the scientific community, in a coordinated way, to achieve great advances in the ability to forecast in unmonitored basins. Focused on estimating predictive uncertainty, its subsequent reduction, as its central theme. The objective of this work is to bring up the theme, presenting a systematic literature review, the results obtained and the impacts caused, and discuss how these ideas were assimilated by society, especially in Brazil. A number of 648 articles were found in journals dedicated to the topic, using 5 search and classification strategies, in the 6 most relevant databases to the topic, with a higher incidence in the United States, China and Canada. There was a greater presence of studies in the Northern Hemisphere. Thus, it is believed that the PUB initiative had a large but still limited reach in the Southern Hemisphere. The PUB initiative also generated a positive impact, triggering new initiatives such as the decades called Panta Rhei and HELPING, which were proposed below and are still ongoing, respectively.

Keywords: Monitoring; Basins; Uncertainty; Prediction; Hydrological modelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Resumo da evolução da compreensão científica.....	15
Figura 2	- Os 17 Objetivos do desenvolvimento sustentável.....	17
Figura 3	- Fluxograma de pesquisa.....	22
Figura 4	- Tela de especificação do protocolo do StArt.....	24
Figura 5	- Número de publicações por principais países.....	26
Figura 6	- Evolução das publicações.....	26
Figura 7	- Rede de Pesquisadores.....	28
Figura 8	- Publicações por área subjetiva de pesquisa.....	32
Figura 9	- Iniciativas propostas pela IAHS.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Exemplo de estratégia de busca TQO.....	23
Tabela 2	- Informe de dados e resultados.....	27
Tabela 3	Número de publicações pelos principais países.....	28
Tabela 4	- Principais autores.....	30
Tabela 5	- Filiação dos documentos publicados.....	31
Tabela 6	- Principais autores brasileiros.....	33
Tabela 7	- Filiação dos Autores brasileiros.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	A INICIATIVA PREVISÃO EM BACIA NÃO MONITORADAS – PUB (PREDICTION IN UNGAUGED BASINS) DA IAHS.....	17
3.1	Contexto histórico e definições	17
3.2	Previsão em bacias não monitoradas.....	19
3.3	Heterogeneidade e variabilidade natural e induzida	20
3.4	Os objetivos buscados pela iniciativa	22
3.5	Redução da incerteza preditiva.....	23
3.6	Perguntas da comunidade científica	24
4	A EVOLUÇÃO DE UMA DÉCADA DO PUB	26
4.1	Resultados alcançados pela iniciativa PUB.....	26
4.2	Dados dos recursos hídricos na rede hidrológica Brasileira	28
4.3	Levantamentos dos dados hidrometeorológicos e os ODS	29
5	ASPECTOS METODOLÓGICOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS) SOBRE PUB	32
5.1	Protocolos para Revisão Sistemática.....	35
5.1.1	Busca Sistematizada e Armazenamento dos Resultados	35
5.2	Ferramentas de suporte a pesquisa	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO DA RBS.....	38
7	PRODUTOS DA DISSERTAÇÃO	50
7.1	Protocolo de Pesquisa	50
7.2	Plano de gerenciamento de dados.....	50

8	AS NOVAS DÉCADAS DE ESTUDOS DA IAHS: MOVENDO-SE PARA FRENTE	51
8.1	Panta Rhei - Tudo Flui: Mudança na hidrologia e na sociedade	52
8.2	HELPING - Ciência para Soluções: hidrologia envolvendo pessoas locais em um mundo global	53
9	CONCLUSÕES	54
10	COSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXOS	62
	ANEXO 1 – PROTOCOLO DE PESQUISA	63
	ANEXO 2 – PRINCIPAIS ARTIGOS IDENTIFICADOS NA PESQUISA.....	71
	ANEXO 3 – FICHAMENTO DOS PRINCIPAIS ARTIGOS ENCONTRADOS NA PESQUISA	76

1 INTRODUÇÃO

Em muitas partes do mundo as bacias hidrográficas não são monitoradas ou são mal monitoradas e, em alguns casos, as redes de monitoramento hidrológicas existentes estão diminuindo. O problema é agravado pela demanda latente em entender os impactos das mudanças induzidas pelo homem na superfície da terra e no clima, ocorrendo nas escalas local, regional e global, que demandam dados em resolução espacial e temporal suficiente para acessar essas informações. As previsões de bacias não monitoradas ou mal monitoradas sob essas condições são altamente incertas (SILVA *et al.* 2017).

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão (BRASIL, 1997). No Brasil isso é determinado na Lei 9.433/97, que definiu os instrumentos adequados, todos dependentes de fundamentos sólidos para sua implementação. É sabido também que as informações hidrometeorológicas e de qualidade da água são indispensáveis para a gestão dos recursos hídricos. A falta de informações aumenta a incerteza nas decisões, acarretando resultados negativos no uso e aproveitamento dos recursos hídricos. Assim, são objetivos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos: “I - reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; II - atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; e III - fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos”.

Isto não é uma situação exclusiva do Brasil. Em todo mundo, os recursos hídricos e o ambiente hídrico estão sendo pressionados. No geral, as bacias hidrográficas têm seus regimes hidrológicos e ecológicos perturbados pela atividade humana. O abastecimento público e o saneamento básico não alcançam e também não são seguros a bilhões de pessoas em todo mundo. O risco de enchentes aumentou e a biodiversidade diminuiu constantemente devido a destruição contínua dos ecossistemas ribeirinhos. Os impactos das atividades humanas na superfície terrestre são sentidos não apenas localmente, mas são multiplicados através de retroalimentação da superfície terrestre – atmosférica para perturbar o próprio clima,

levando a mudanças na magnitude e na frequência de eventos extremos como inundações e secas até mesmo em locais remotos (COSTA *et al.*, 2023).

Os desafios da sociedade frente aos problemas expostos estão em identificar respostas adequadas a essas ameaças, gerando políticas públicas e gestão sustentável para o fornecimento de água não apenas para a manutenção da vida, saúde e desenvolvimento, também como prevenção a degradação dos ecossistemas impactados por desastres. A gestão inteligente da água e do meio ambiente requer uma variedade de ferramentas preditivas que podem gerar previsões de respostas hidrológicas em uma variedade de escalas de tempo e de espaço e climas, para apoiar a gestão sustentável das bacias hidrológicas, integrando perspectivas econômicas, sociais e ambientais. Previsões confiáveis então se tornaram extremamente importantes para a sociedade civil, com as comunidades locais e regionais. A cada evento extremo, a sociedade civil organizada e os órgãos governamentais são solicitados a fazer julgamentos independentes sobre as ações necessárias para prevenir e gerenciar desastres naturais e gerenciar o ambiente natural ao seu redor e seus recursos hídricos de maneira sustentável (KALIL, L. *et al.* 2020). Porém, sem dados não há possibilidade de análises, predições e prognósticos.

Ao longo dos anos, os hidrólogos desenvolveram inúmeras ferramentas preditivas (por exemplo, modelos empíricos, modelos concentrados, modelos distribuídos, regionalizações estatísticas) que permitem a tomada de decisão objetiva e quantitativa com relação aos recursos hídricos e gestão da qualidade da água, bem como avaliação de perigos naturais. Todas essas soluções demandam bancos de dados extensos e séries temporais representativas para seu bom funcionamento, sem considerar a qualidade dos dados coletados. As ferramentas mais amplamente utilizadas, como hidrogramas unitários, curvas de frequência de inundação, curvas de duração de fluxo, são essencialmente orientadas por observações e são estimadas a partir de dados hidrométricos (medidos) em escala de bacia de drenagem (NAGHETTINI e PINTO, 2007). A aplicação destas ferramentas para previsão em outras bacias é baseada na premissa de que: (a) o passado é um guia razoável para o futuro, e (b) que os dados de qualquer bacia e os modelos derivados deles são guias úteis para estimar respostas hidrológicas em outra bacia.

Enquanto isso, novos conhecimentos e novos avanços tecnológicos estão se tornando disponíveis para a comunidade hidrológica, na forma de maior compreensão dos processos hidrometeorológicos, teorias mais avançadas (por

exemplo, teorias de escala), novas tecnologias de medição, como satélites de monitoramento da superfície terrestre, traçadores ambientais, velocimetria por imagens de partículas e tecnologias avançadas de processamento, arquivamento e visualização de dados (FLORES *et al.*, 2021). Eles apontam para novas oportunidades estimulantes para o avanço da ciência da hidrologia e para melhores previsões para o benefício da humanidade. Aliar a maximização dos dados na geração de informações, a disponibilização desses dados e as previsões em locais com baixa cobertura de dados é um desafio que intriga a comunidade hidrológica internacional, gerando iniciativas por parte de organizações da sociedade civil para o avanço da ciência hidrológica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é mostrar os impactos da iniciativa de uma década de estudos em previsões em bacias não monitoradas (PUB – *Prediction in Undergauged Basins*) lançada em 2002 pela Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (IAHS) junto à comunidade hidrológica. Essa iniciativa levou a sociedade científica hidrológica à busca da compreensão se modelos baseados em dados físicos, em índices ou conceituais seriam preferíveis para reproduzir os processos hidrológicos cobrindo uma vasta área de captação.

2.2 Objetivos Específicos

Estudar, identificar e analisar a evolução dos trabalhos provenientes da iniciativa que foram gerados após 2013 realizando uma Revisão Sistemática da Literatura (RBS).

Demonstrar o impacto gerado pela iniciativa PUB, caracterizando e localizando os principais autores, grupos de pesquisa e suas interações no espaço e no tempo.

3 A INICIATIVA PREVISÃO EM BACIA NÃO MONITORADAS – PUB (PREDICTION IN UNGAUGED BASINS) DA IAHS

3.1 Contexto histórico e definições

A Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (IAHS) é uma organização científica não governamental, sem fins lucrativos, comprometida em servir a ciência da hidrologia e a comunidade mundial de hidrólogos. A IAHS foi criada em 1922 e atualmente está registrada no Reino Unido, contando com mais de 10.000 membros em mais de 150 países. A IAHS funciona sob a égide global do Conselho Científico Internacional (ISC) e da União Internacional de Geodésia e Geofísica (IUGG), incorporando mais de 100 anos de trabalho colaborativo, contribuições para um extenso programa de conferências e workshops e publicações da IAHS. A IAHS tem como visão o Intercâmbio inclusivo de conhecimento científico em hidrologia para o desenvolvimento sustentável num mundo em mudança, e como missão avançar e promover coletivamente as ciências hidrológicas em todo o mundo, contribuindo assim para a compreensão interdisciplinar dos processos do ciclo da água, uso sustentável dos recursos hídricos e mitigação de riscos.

Lançada no início dos anos 2000 pela IAHS, a iniciativa chamada de Uma Década de Previsões em Bacias Hidrológicas não monitoradas (PUB – *Prediction in Ungauged Basins*). Esta iniciativa teve como objetivo formular e implementar, programas científicos adequados para alcançar grandes avanços na capacidade de fazer previsões confiáveis em bacias não avaliadas.

Entende-se o conceito de bacia hidrográfica (de drenagem) como uma unidade fundamental da paisagem para o ciclo da água, dos sedimentos e dos constituintes geoquímicos e biogeoquímicos dissolvidos, integrando todos os aspectos do ciclo hidrológico dentro de uma área definida que pode ser estudada, quantificada e posta em prática (GERRA e CUNHA, 1995). A esta simplificação nos permite a integração dos processos hidrológicos relacionados às águas superficiais, subterrâneas, evapotranspiração, etc., e o acoplamento explícito da hidrologia, geoquímica e ecologia.

Outra definição importante é a de uma “bacia não monitorada”, podemos utilizar o também o termo de bacia não avaliada como sendo aquela com registros inadequados (quanti e qualitativamente em função do registro de informações/ dados)

de observações hidrológicas para permitir o cálculo de variáveis de interesse (quantidade e/ou qualidade de água) nas escalas espaciais e temporais apropriadas e com a precisão aceitável para aplicação prática (MEDEIROS *et al.*, 2018).

A definição de “previsões em bacias não monitoradas” como a previsão da resposta hidrológica (por exemplo, fluxo de riachos, águas subterrâneas, sedimentos, nutrientes, etc.) de bacias não monitoradas ou mal monitoradas e sua incerteza associada, usando entradas climáticas (observadas, previstas ou especificadas de outra forma), solos, vegetação, geologia, topografia, incluindo quaisquer mudanças climáticas ou de uso da terra previstas ou esperadas, mas sem o benefício de séries de tempo observacionais passadas da resposta hidrológica particular que está sendo prevista, ou seja, sem possibilidade ou permissão para calibração.

Quanto à natureza das previsões, preocupando em estimar a frequência de ocorrência, no futuro, de eventos de qualquer magnitude, sem referência aos momentos em que ocorreriam. A previsão se preocupa com o que acontecerá em um determinado ponto do tempo no futuro, como a temperatura amanhã ou o escoamento no próximo mês. A preocupação dos pesquisadores à época era tanto com a predição quanto com a previsão em bacias não monitoradas (PUB, 2013).

Qual resposta hidrológica seria necessária prever o que depende da natureza e escala do problema. Reconhecendo que os problemas de quantidade e qualidade da água têm implicações diferentes para a gestão e a ênfase nas previsões hidrológicas pode ser diferente. Por exemplo, previsões de quantidade de água incluem inundações com probabilidade de excedência, produção média anual de água, confiabilidade do abastecimento de água, produção de safras e padrões de umidade do solo necessários para o planejamento da irrigação. Para a qualidade de água incluem constituintes conservadores e não conservadores em rios e outros corpos d'água, como salinidade, sedimentos, nutrientes e metais pesados. As previsões da qualidade da água requerem conhecimento prévio das fontes e vias de água dentro das bacias e não podem ser realizadas de forma adequada sem primeiro abordar as questões relacionadas com a quantidade de água e a distribuição das vias de fluxo e tempos de residência.

Assim sendo para os pesquisadores levaram a premissa de as previsões de resposta hidrológica em bacias não monitoradas poderiam ser focadas mais fortemente na quantidade de água, reconhecendo que os avanços no conhecimento

e nas previsões do particionamento do fluxo são críticos para as previsões subsequentes da qualidade da água.

3.2 Previsão em bacias não monitoradas

Existem disponíveis uma série de abordagens para a previsão das respostas de uma bacia hidrográfica. Entre os métodos apropriados inclui-se extrapolação de informações de resposta de bacias monitoradas para não monitoradas, medições por sensoriamento remoto (por exemplo, radar passivo e ativos a bordo de satélites e outras plataformas suborbitais), aplicação de modelos hidrológicos baseados em processos onde as entradas de clima são especificadas ou são medidas, e aplicação de modelos meteorológicos-hidrológicos combinados sem a necessidade de especificar entradas de precipitação (BARROS *et al.* 2019).

Para qualquer das abordagens acima sendo usada, o modelo subjacente ou método de estimativa que é empregado para previsões em bacias não monitoradas deviam ser:

- (a) inferido de dados observados em bacias monitoradas
- (b) obtido a partir da compreensão do processo e descrições obtidas por meio de estudos de laboratório, por exemplo, a lei de Darcy do fluxo em meios porosos, ou experimentos de campo (escala de plotagem, escala de declive, escala de pequena bacia, escala meso).
- (c) obtido através da aplicação de teorias fundamentais, que ainda devem ser condicionadas por observações.

Como no caso do sensoriamento remoto, o modelo que conecta o produto do sensoriamento remoto à quantidade hidrológica de interesse também deve ser inferido ou desenvolvido em locais medidos e verificados no solo, antes de extrapolado para locais não medidos. Portanto de uma forma ou de outra, e em vários graus, previsões em bacias não monitoradas devem envolver a extrapolação de algum tipo do que é observado ou inferido em uma bacia para um momento no futuro ao

mesmo tempo. Local, ou para outra bacia em um local diferente em uma bacia não monitorada.

Cada uma das abordagens apresentadas acima tem uma série de limitações quando se trata de previsões em bacias não monitoradas. Estes dizem respeito às inadequações dos modelos ou métodos de estimativa em si, devido às representações inadequadas de processos críticos que regem a resposta da bacia de interesse, e a especificação incompleta de informações relacionadas às propriedades da bacia de interesse e aos dados climáticos. Uma dificuldade fundamental é que as previsões do modelo não podem ser condicionadas ou validadas por observações na bacia não monitorada de interesse, e essa informação, conhecimento e compreensão devem se extrapolar de bacias monitoradas para não monitorada. Consequentemente, as previsões em bacias não monitoradas não podem ser avaliadas ou verificadas com confiança e são inerentemente incertas.

Se o nível de compreensão dos sistemas hidrológicos em um local fosse muito melhor do que é, então o status quo pode ser aceitável. No entanto, a compreensão dos processos básicos de para onde a água vai durante a chuva e o derretimento da neve, seus caminhos de fluxo para corpos d'água superficiais e os tempos de residência dessa água, ainda é tão limitada que muitas vezes somos forçados a abordagens de caixas pretas irrealistas. Em outras palavras, mesmo no caso de bacias altamente monitoradas, muitas vezes não se pode, com base no nível atual de compreensão do processo, dizer muito sobre o funcionamento mesmo de um local vizinho! Assim, o PUB buscou tratar tanto da melhoria da compreensão do processo quanto da previsão, em que o maior foco no processo é visto como o caminho para melhores estimativas de modelos para o futuro.

3.3 Heterogeneidade e variabilidade natural e induzida

Uma grande preocupação nos últimos tempos é a compreensão de que as estatísticas de muitas variáveis hidrológicas de interesse não são estacionárias e podem conter tendências de longo prazo causadas por fenômenos em escala global e por mudanças no uso do solo em escala local ou regional.

Na escala de tempo sazonal a interanual, a influência da variabilidade do desenvolvimento de uma visão preditiva sobre as mudanças nos sistemas hídricos que serviram de inspiração o reconhecimento e inspiração da ciência hidrológica no

período Antropoceno e seu impacto no ciclo hidrológico no clima e nas variáveis hidrológicas (e a ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como cheias e secas) é agora bem reconhecida. Essas influências (e outras ainda a serem identificadas) podem gerar distorções sazonais nas estatísticas das variáveis hidrológicas, ameaçando a validade das regras operacionais aplicadas aos sistemas de gestão da água. Há também uma percepção crescente de que a força de flutuações importantes no clima global (como aquelas associadas a El Niño e La Niña) podem variar em uma escala de tempo de dez anos. Além disso, estudos de modelo sugerem, e evidências observacionais confirmam, que um ciclo hidrológico intensificado é provavelmente uma consequência importante da mudança climática global causada pelo "aquecimento do efeito estufa" além de quaisquer alterações causadas pela variabilidade natural da insolação solar (IPCC, 2014; IPCC, 2018).

Uma preocupação adicional é que, devido às crescentes pressões populacionais, uma fração cada vez maior da superfície da terra está sendo convertida de vegetação natural para agricultura, indústria e assentamentos humanos. Isso pode ter um impacto severo no ciclo da água em escala local, regional e global, refletido em mudanças nos fluxos dos rios e frequências de enchentes e secas, e aumento da erosão do solo e transporte de sedimentos, com problemas de qualidade da água associados em rios e outras águas receptoras.

Deve-se observar que as regiões que sofrem os maiores impactos antrópicos geralmente são aquelas onde as redes de monitoramento estão menos desenvolvidas e passando por readequações tecno-financeiras. Isso é verdade para muitas regiões de países em desenvolvimento, onde a falta de dados hidrométricos, juntamente com os efeitos das mudanças climáticas e também do uso da terra, levaram ao esgotamento dos recursos hídricos e à degradação de ecossistemas (PENERREIRO, *et al.* 2016).

A consequência desses impactos humanos é que os registros hidrológicos anteriores podem não mais ser guias confiáveis para o que acontecerá no futuro. Muitos procedimentos padrão em hidrologia não são mais válidos em regimes hidrológicos variáveis, e novos procedimentos analíticos precisam ser desenvolvidos (ou os existentes modificados). Estes incluem o seguinte: estimativa de cheias máximas anuais e caudais baixos com probabilidades de ultrapassagem especificadas e volumes de escoamento anual; geração de sequências sintéticas de escoamento por modelos de séries temporais para estimar frequências de ocorrência

de extremos; curvas de intensidade - duração - frequência para chuvas; regionalização, de qualquer natureza; modelos de precipitação pluvial e métodos de estimativa de balanço hídrico que são calibrados usando registros anteriores.

3.4 Os objetivos buscados pela iniciativa

Na iniciativa PUB foram elencados cinco objetivos (IAHS, 2023), sendo eles:

- (1) Desenvolver um programa de campo observacional para a realização de pesquisas em bacias altamente instrumentadas e extensivamente monitoradas em diferentes regiões hidroclimáticas do mundo. Para fazer um progresso concreto na próxima década, algumas bacias precisarão ser identificadas que servirão como exemplos ilustrativos para abordar as diversas necessidades e objetivos do PUB.
- (2) Aumentar a consciência do valor dos dados, especialmente a medição de variáveis hidrológicas, para a gestão dos recursos hídricos e da qualidade da água em todo o mundo, e demonstrar a necessidade de medição direcionada de fontes de dados atualmente inadequadas ou inexistentes, quantificando as ligações entre dados e incerteza preditiva.
- (3) Avançar a capacidade tecnológica em todo o mundo para fazer previsões em bacias não monitoradas, firmemente baseadas no conhecimento local dos controles climáticos e paisagísticos dos processos hidrológicos, juntamente com o acesso às fontes de dados mais recentes e, por meio desses meios, para restringir a incerteza hidrológica previsões.
- (4) Avançar os fundamentos científicos da hidrologia, incluindo a compreensão dos controles climáticos e paisagísticos sobre a variabilidade natural dos processos hidrológicos e sobre a incerteza

resultante das previsões e os impactos das alterações induzidas pelo homem no clima e nas paisagens.

- (5) Promover ativamente atividades de “capacitação” no desenvolvimento de conhecimento científico e tecnologia apropriados para as áreas e comunidades onde são necessários.

3.5 Redução da incerteza preditiva

O PUB optou por focar na estimativa e subsequente redução da incerteza preditiva como seu tema central. A fim de fazer previsões de qualquer resposta especificada de uma bacia hidrográfica, um sistema geral de previsão hidrológica deve conter três componentes:

- modelo: um modelo ou método de previsão que incorpora implícita ou explicitamente a combinação de processos que conduzem à quantidade de interesse, nas escalas de espaço e tempo requeridas;
- dados climáticos: dados meteorológicos apropriados (se necessário pelo modelo) que impulsionam a resposta da bacia; e
- parâmetros: um conjunto de parâmetros que representam as propriedades da paisagem que governam a resposta da bacia de interesse.

Cada um dos componentes do sistema de previsão, ou seja, o modelo, dados climáticos e parâmetros, ou não é conhecido de todo, ou, na melhor das hipóteses, é conhecido de forma imperfeita devido à heterogeneidade espaço-temporal inerente, especialmente em bacias não avaliadas.

Em comparação com essas heterogeneidades, as medidas disponíveis relacionadas a cada uma delas são extremamente esparsas e irregulares, sendo esse problema mais agudo no caso de processos hidrológicos, uma vez que são as quantidades menos monitoradas nas bacias, exceto em alguns experimentos de

campo altamente focados. Portanto, o foco científico do PUB foi avaliar as consequências de conhecimento, compreensão ou dados inadequados e sua conexão com a incerteza das previsões.

- (a) incerteza nas descrições de processos no modelo adotado devido ao "mapeamento incerto do espaço da paisagem para modelar espaço" (incerteza da estrutura do modelo);
- (b) incerteza nas entradas climáticas (incerteza da entrada), e;
- (c) incerteza nos parâmetros do modelo (incerteza dos parâmetros).

3. 6 Perguntas da comunidade científica

Tendo em mente o foco na incerteza preditiva e sua conexão com a heterogeneidade dos fatores climáticos e paisagísticos, o plano científico proposto (HRACHOWITZ, M. *et al.* 2013) incluiu um conjunto de programas de pesquisa "capacitadores", integrando-se em várias subdisciplinas hidrológicas, que são articuladas através do seguintes questões científicas importantes:

- i. Quais são as principais lacunas em nosso conhecimento que limitam nossa capacidade de gerar previsões confiáveis em bacias hidrográficas não avaliadas?
- ii. Quais são os requisitos mínimos de informação para reduzir a incerteza preditiva no futuro?
- iii. Que experimentação é necessária para sustentar o novo conhecimento?
- iv. Como podemos empregar novas tecnologias de observação em métodos preditivos aprimorados?

- v. Como podemos melhorar as descrições do processo hidrológico que abordam os principais elementos de conhecimento que podem reduzir a incerteza?

- vi. Como podemos maximizar o valor científico dos dados disponíveis na geração de melhores previsões?

4 A EVOLUÇÃO DE UMA DÉCADA DO PUB

4.1 Resultados alcançados pela iniciativa PUB

Analisando o plano de ciência PUB (SIVAPALAN *et al.* 2013) como o documento oficial que deu partida e que orientou o desenvolvimento da iniciativa PUB e o foco na redução da incerteza preditiva e na avaliação das consequências do conhecimento mal-empregado e sua influência na incerteza. Assim cinco objetivos amplos foram definidos pela comunidade, que foram:

- O desenvolvimento no campo observacional de bacias hidrográficas experimentais em todo mundo.
- O aumento da conscientização do valor do dado hidrológico e da necessidade de aferição direcionada de fontes de dados.
- O aumento da capacidade de fazer previsões em bacias não monitoradas com base no conhecimento local.
- O avanço no entendimento das correlações entre clima a paisagem e os processos hidrológicos.
- A promoção da capacitação da comunidade hidrológica como fator preponderante para o sucesso da iniciativa foi contemplada nestes objetivos.

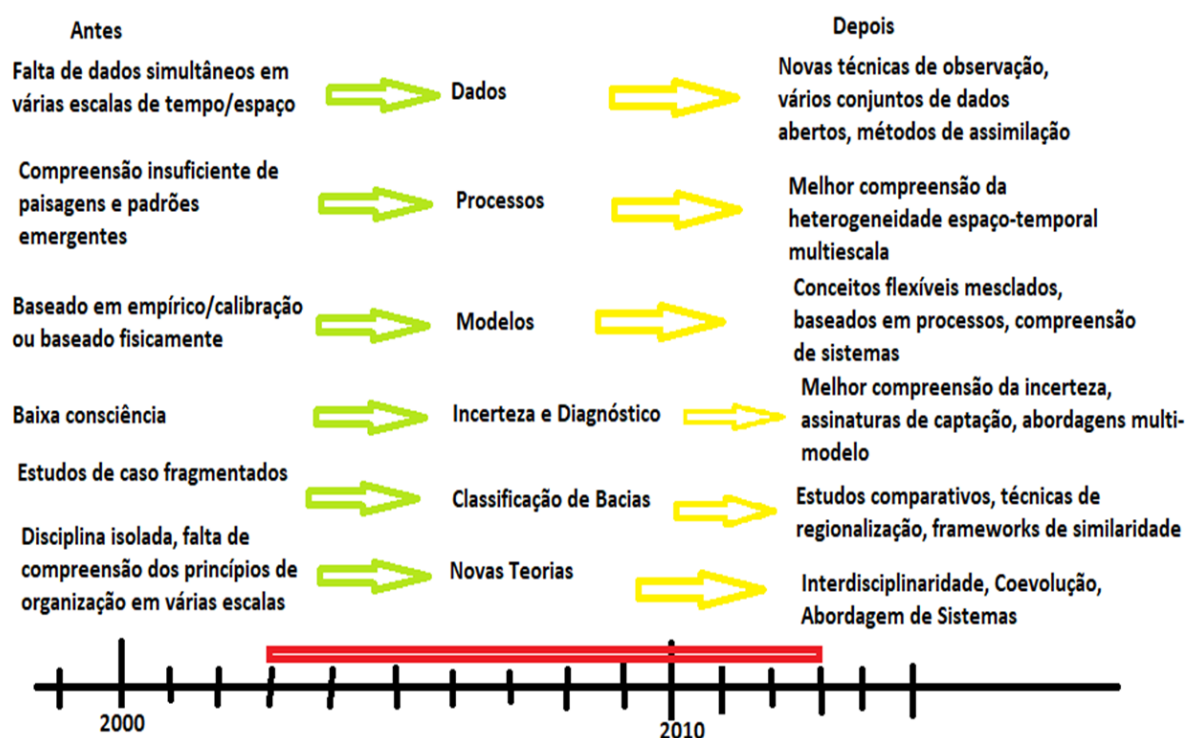
A abordagem dos objetivos levou a formulação de questões científicas, e estas foram investigadas a partir de diferentes perspectivas, sendo elas:

- Quais são as lacunas de conhecimento?
- Quais são os requisitos para reduzir a incerteza?

- Que experimentação é necessária?
- Como as tecnologias observacionais podem ser usadas para melhorar as previsões?
- Como as descrições dos processos podem ser melhoradas para reduzir a incerteza?
- Como o valor dos dados pode ser maximizado?

As questões científicas foram investigadas a partir de diferentes perspectivas, como destacado pelos seis temas científicos, na tentativa de alcançar os objetivos reais do PUB, ou seja, melhorar os modelos existentes e desenvolver novos modelos baseados na melhor compreensão do processo com redução da necessidade de calibração, que foram concebidos para serem os passos necessários para a época. A forma como a compreensão científica evoluiu e o pensamento mudou para as novas questões foram resumidas na Figura 1.

Figura 1 - Resumo da Evolução da compreensão científica



Fonte: Traduzido e adaptado por Autoria Própria

No contexto do PUB, a ênfase na formação de grupos de pesquisa globalmente distribuídos para análise e comunicação dos resultados foi vista como uma oferta a oportunidade de desenvolver uma melhor compreensão dos padrões e dinâmicas dos processos subjacentes em bacias monitoradas e não monitoradas, a fim de perseguir o objetivo de reduzir a incerteza preditiva nessas bacias. Além dos avanços na tecnologia de observação, esforços consideráveis foram feitos para garantir a disponibilidade de um amplo espectro de dados hidrológicos e de qualidade da água de bacias experimentais existentes ou novas.

A comunicação aprimorada entre disciplinas e pessoas em diferentes lugares é a única maneira pela qual a hidrologia, como ciência da terra e como ciência aplicada, pode se beneficiar de sua prática globalmente. Para isso, a hidrologia deve tornar-se uma ciência verdadeiramente global, e a hidrologia comparativa e a síntese das visões de mundo newtoniana e darwiniana serão os veículos que ajudarão a conseguir isso (LUCÉ, 2014).

A iniciativa PUB dentre todos os impactos na comunidade hidrológica salienta-se o papel do IAHS na formulação do modelo de pesquisa proposto para garantir o progresso científico em uma área, partindo dos importantes pilares que levou ao sucesso e seu desenvolvimento ao longo do tempo.

Segundo pesquisadores como Sivapalan e Maguresu (2019), o sucesso da iniciativa PUB se deu por não se tratar de pesquisa de cunho individual tradicional ou conduzida por um pesquisador titular, assim as ciências hidrológicas experimentaram um dos maiores esforços desenvolvidos pela comunidade científica. A iniciativa agiu como um agente unificador e catalizador, desempenhando um papel importante em moldar as maneiras pelas quais a comunidade de hidrologia global pode trabalhar em propósito de criar uma cultura de inclusão necessária e assim impactar. Renomados pesquisadores nos provaram através desta iniciativa que os esforços da comunidade são mais apropriados e quase indispensáveis no caso de estudos comparativos e da interdisciplinaridade.

4. 2 Dados dos recursos hídricos na rede hidrológica Brasileira

Chamamos de monitoramento hidrológico o monitoramento de variáveis como chuva, nível dos rios e do lençol freático, que a partir da instalação de

equipamentos adequados distribuídos de forma a gerar informações que forneçam respostas e soluções para a gestão e o aproveitamento dos recursos hídricos do país (CPRM, 2016).

Os equipamentos distribuídos formam redes de hidrometeorológicas. A mais abrangente no Brasil é a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) operada em sua maior parcela pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM e gerenciada pela Agência Nacional de Águas – ANA. A RHN é composta por estações hidrometeorológicas, sedimentométricas e de qualidade da água, situadas nas bacias hidrográficas brasileiras.

Todo o conhecimento sobre o comportamento das águas superficiais e subterrâneas é insumo básico para o gerenciamento e aproveitamento dos recursos hídricos. Para que este conhecimento seja efetivo, é necessário que exista uma rede de monitoramento hidrológico, com longo tempo de operação ininterrupta, dada a natureza estocástica da variável hidrológica, que possa coletar informações (Dados) suficientes ao atendimento dos diversos usos, antrópicos ou ecológicos. Fazemos menção à Lei das águas (Lei 9.433/1997).

Um ponto chave para obtenção deste conhecimento é que deve se ter um plano de trabalho que envolve planejamento, estruturação, mão de obra técnica, equipamentos e uma metodologia padrão para execução da coleta, tratamento e disponibilização dos dados gerados em campanhas.

Todo isto demanda muito esforço da sociedade e um custo consideravelmente alto. Então podemos concluir que nem toda bacia hidrográfica é monitorada ou possui poucos dados, devido ao alto nível de complexidade e custo da operacional da rede (PEREIRA, M 2017).

4.3 Levantamentos dos dados hidrometeorológicos e os ODS

Podendo ser chamado de plano de ação que visa erradicar a pobreza, proteger o planeta com a garantia da paz entre os Povos, levando a prosperidade a Agenda 2030 é um compromisso global assumido pelos países membros da Organização das Nações Unidas, aprovada em setembro de 2015. Este compromisso também assumido pelo Brasil contempla um conjunto de dezessete objetivos para o desenvolvimento sustentável – ODS (Figura 2) que visam promover, de forma

integrada e indivisível até 2030, a proteção ambiental, o progresso social e o crescimento econômico em escala global (ONU, 2015; ONU, 2018).

FIGURA 2 - Os 17 Objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: PNUD (2015).

Recorremos à explicação do parágrafo anterior para que possa entender a importância destas informações (dados hidrológicos, previsão, mudanças climáticas e os ODS) e como esta pesquisa os relaciona, sua importância para a comunidade científica e para a sociedade em geral.

O levantamento dos dados hidrometeorológicos seja superficial e ou subterrâneo representa um produto que pode ser utilizado como base para trabalhos que complementam e fortalecem os ODSs. Assim sendo, seja da geração ou não destas informações, podemos relacioná-las através da Agenda 2030 com os ODSs 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 e 15.

Os sistemas de alerta são uma medida não estrutural de gestão de recursos hídricos e eventos extremos, visando uma melhor convivência dos povos com enchentes e secas (CPRM, 2016). Essa ação consiste no monitoramento e previsão de vazões e níveis de rios, com o propósito de antecipar e comunicar os possíveis riscos de um evento hidrológico em desenvolvimento às populações potencialmente impactadas através de comunicados às autoridades, como Defesa

Civil, Bombeiros, etc. Permitindo assim ações de mitigação de danos potenciais resultantes, reduzindo consideravelmente os prejuízos sociais e econômicos, que estão contemplados nos objetivos e metas de diversos ODS. Podemos concluir que estas ações vão de encontro ao que também é proposto pela Agenda 2030, através dos ODSs 1, 2, 6, 9, 11, 12 e 13.

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS) SOBRE PUB

Uma revisão bibliográfica sistemática é um tipo de investigação focada em uma questão bem definida, que visa a identificar, selecionar, avaliar e sistematizar evidências relevantes disponíveis (GALVÃO e PEREIRA, 2014). Dentre os procedimentos metodológicos propostos por BOTELLO *et al.* (2011), utilizados na pesquisa, destacam as seguintes etapas:

- Delimitação do universo da pesquisa
- Revisão bibliográfica

O guia utilizado para realização desta revisão sistemática seguiu DONATO (2019), tendo como passos a seguir, que passaram por:

1. Formulação da questão de investigação
2. Produção de um protocolo de investigação e efetuar o seu registro
3. Definição dos critérios de inclusão e de exclusão
4. Desenvolvimento de uma estratégia de pesquisa e pesquisar a literatura – encontrar os estudos
5. Seleção dos estudos
6. Avaliação da qualidade dos estudos
7. Extração dos dados
8. Síntese dos dados e avaliação da qualidade da evidência
9. Disseminação dos resultados – Publicação

Dessa forma, a revisão iniciou-se pela elaboração de questões a serem investigadas, seguindo de coleta de artigos, delimitação dos estudos por relevância, análise das pesquisas e síntese dos resultados. Para a coleta dos artigos, foram utilizadas as bases de dados *Web of Science*, *Scopus*, *Engineering Village*, Portal de periódicos Capes e Google acadêmico.

As questões que guiaram a pesquisa foram inspiradas nas sugestões e objetivos dados pelo PUB na busca de uma avaliação contínua, promoção de capacitação e a melhor transferência de conhecimento para os hidrólogos operacionais. Com a visão de um período de maturação para ao final avaliar os efeitos das contribuições da iniciativa PUB é que se torna viável este estudo. Dizemos então que esta pesquisa se destacará pela busca em investigar a lacuna do desenvolver do saber ao longo da década seguinte ao encerramento da iniciativa PUB, assim moldamos as seguintes perguntas(Q):

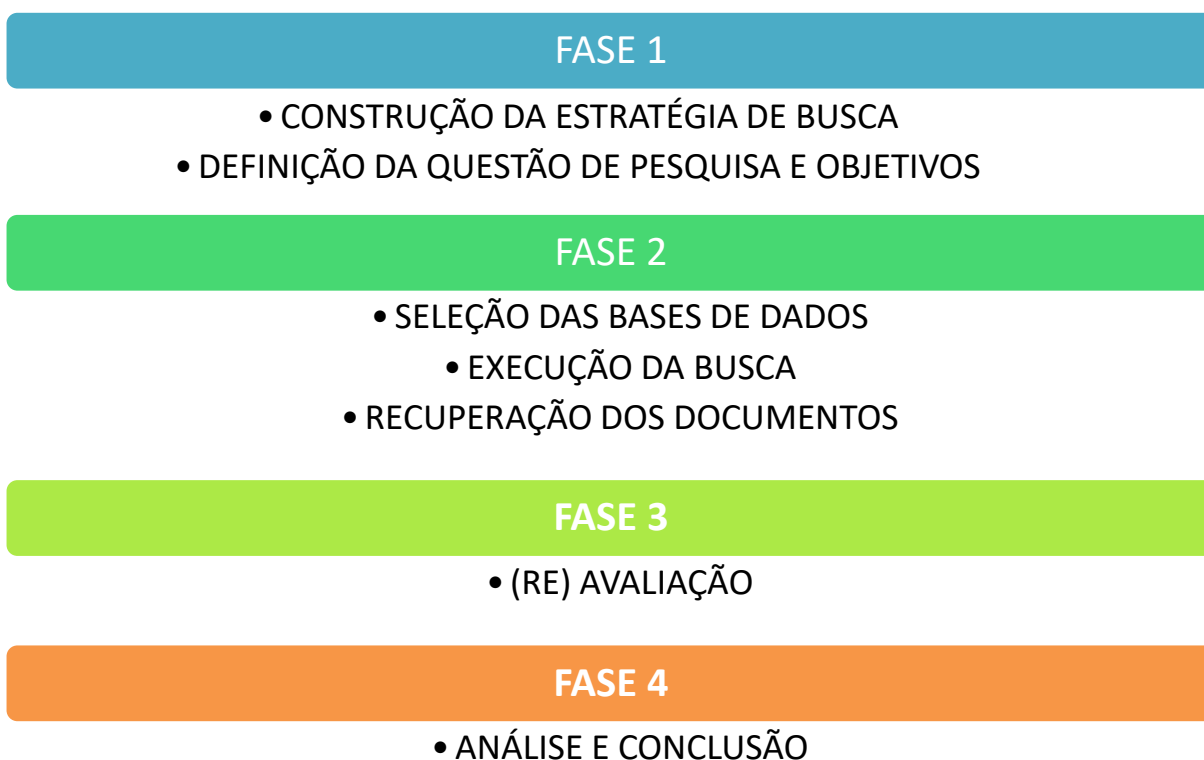
- Q1: Onde estão sendo desenvolvidas pesquisas com a temática PUB?
- Q2: Quais as áreas da ciência foram contempladas nessas pesquisas?
- Q3: Quem são os principais colaboradores e suas colaborações para a difusão do conhecimento adquirido pelo PUB?
- Q4: Quais as principais instituições de ensino e pesquisa que estão desenvolvendo esses trabalhos acadêmicos?

Para a busca de artigos alinhados com essas questões, foi definido um conjunto de *strings*, apresentados no Anexo 1. A busca por estes termos foi realizada em todos os bancos de dados predefinidos, gerando assim um portfólio bibliográfico inicial. Também foram aplicados sobre os artigos encontrados os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

- a) Tipo de documento definido: artigo
- b) Idioma: espanhol, inglês e português
- c) Área de pesquisa: Hidrologia
- d) Presença de *strings* no título, ou resumo, ou palavra chave
- e) Ano de publicação: 2013 a 2022.

A Figura 3 resume o fluxograma de planejamento que norteou esta pesquisa.

FIGURA 3 - Fluxograma de Pesquisa



Fonte: Autoria Própria

5.1 Protocolos para Revisão Sistemática

Utilizamos neste trabalho como estratégia de busca o modelo de planejamento de busca sistematizada em base de dados - bis/unesp, desenvolvido pelos Técnicos(as) da Biblioteca da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp – Campus Ilha Solteira que contempla uma adaptação do Modelo de Estratégia de Busca TQO (Tabela 1) – Tema, Qualificador e Objeto, SANTOS (2022) apud Araújo (2020).

T – Qual o assunto principal a ser pesquisado?

Q – Que detalhes específicos, ou características, ou fatores culturais, ou localização geográfica, ou questão de gênero, ou questões raciais, ou procedimentos, etc., estão relacionados ao objeto ou ao tema?

O – Quem é o indivíduo, ou população, ou instituição, ou dispositivo, etc., da pesquisa?

TABELA 1 - Exemplo de Estratégia de Busca TQO

Estratégia TQO	Objetivo / Problema			
		T	Q	O
	Extração			
	Conversão			
	Combinação			
	Construção			
	Uso			

Fonte: SANTOS (2022) apud Araújo (2020).

5.1.1 Busca Sistematizada e Armazenamento dos Resultados

Na busca dos artigos para a RBS utilizou-se uma *string*, ou seja, um conjunto de descritores com alguns operadores booleanos: AND, OR e Parênteses.

Como já dito anteriormente o objetivo de compor uma *string* para executar a RBS foi unificar os procedimentos de busca em diversas bases e restringir ou ampliar o que se deseja buscar.

Obedecendo a cuidadosos procedimentos de segurança de dados, nossa *string* e suas variações foram devidamente documentadas (Anexo I); registramos e publicamos o projeto e protocolo desta pesquisa, afim de garantir sua reprodutibilidade, originalidade e fazer a gestão dos dados.

5.2 Ferramentas de suporte a pesquisa

Diversas ferramentas informatizadas foram desenvolvidas ao longo do tempo que dão suporte à redação e gestão de referências na confecção de trabalhos científicos. Permitindo a busca e organização das fontes de referência a serem citadas, dando suporte parcial à realização das RBS, como exemplo pode citar Mendeley, EndNote, entre outras citadas ao longo deste trabalho. Importante colocação para escolha de uma delas é de que além de possuírem diferenças expressivas entre si, em vários aspectos como: forma, abordagem, acessibilidade, implementação, licença de distribuição e utilização (FERREIRA, 2019).

Para este trabalho partimos de sugestões, conhecimentos próprios, histórico de uso, pesquisa na Internet e a possibilidade de aprendizagem e manuseio em curto espaço de tempo. Sugerimos e indicamos para futuros trabalhos a experimentação como boa prática para escolha da ferramenta.

Seguindo estes critérios escolhemos como gerenciador a ferramenta StArt, desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) para dar suporte a este trabalho de RS da literatura. A ferramenta contempla o modelo proposto por KITCENHAM e CHARTERS (2007), que é dividido em três etapas: planejamento, execução e publicação. Definido o Protocolo, informando palavras-chave, formato dos dados a serem coletados e os critérios para a seleção dos trabalhos acadêmicos e fontes de pesquisa, que pode ser visto na Figura 4. Uma vez realizadas as buscas nas bases de dados foram anexados aos arquivos resultantes da exportação dos resultados. Em seguida, foi possível executar as tarefas de seleção dos artigos e de extração dos seus dados relevantes.

A sumarização, que trata do desfecho do nosso trabalho é a última etapa a ser concluída e exposta em forma de fichário apresentada no Anexos 2 e 3 deste trabalho.

Figura 4 - Tela de especificação do protocolo do StArt

Protocol

Objective*

Avaliar o alcance temporal da iniciativa PUB, onde que levou sociedade científica hidrológica à busca da compreensão se modelos baseados em dados físicos, em índices ou conceituais seriam preferíveis para reproduzir os processos hidrológicos cobrindo uma vasta área de captação.
Avaliar e analisar os impactos entre a ciência desenvolvida no período proposto e a interação com a sociedade científica brasileira na produção de trabalhos científicos influenciados pela iniciativa da AIHS.

* This field must be filled in

Main question*

Quais os impactos da iniciativa PUB, lançada pela Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (AIHS), sobre a sociedade científica mundial e nacional?

Use PICOC Criteria

* This field must be filled in

Add Secondary Question

Keywords and Synonyms*

Keywords:

chuva
conceitos
concepts
confederation
confederação

* This field must be filled in

Sources Selection Criteria Definition*

Criterion:

Processos
Modelos
Incerteza e Diagnóstico
Classificação de Bacias
Novas Teorias

Systematic Review opened successfully

Fonte: Captura de Tela do StArt.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA RBS

Visando promover e estimular o desenvolvimento de novas abordagens preditivas baseadas em uma "compreensão" mais profunda e completa do funcionamento hidrológico em múltiplas escalas de espaço-tempo do que estava disponível. Esperava-se que o PUB anunciasse uma grande mudança de paradigma na hidrologia de superfície de um que era dominado pela "calibração" para um novo e excitante tempo, baseado na "compreensão".

Esta mudança de paradigma atuaria como um catalisador para forçar até mesmo os hidrólogos de processos a mudar sua orientação, deixando de ser hidrológicamente orientado, e a adotar abordagens que permitissem o aprendizado de acoplamentos hidro-ecológicos, feedbacks hidro-biogeoquímicos, controles hidro-geomorfológicos, além das caixas pretas e o aprendizado de diferentes formas de dados (passado, presente e futuro) seria um importante ponto de partida do PUB e de outros programas semelhantes. Porém, mudanças de paradigma são complexas, custosas, doloridas para alguns e, principalmente, levam tempo para surtirem efeito na comunidade imaginando seu completo estabelecimento. Por isso, adotou-se como janela de busca o período de 2013 a 2022, imaginando-se que a partir do encerramento da década PUB os resultados poderiam ser visualizados quanto a sua evolução temporal.

A RBS como a proposta deste trabalho foi capaz de levar a seu leitor a avaliação da iniciativa através da visualização de parâmetros e variáveis retiradas do banco de dados gerados com os critérios de busca adotados, com a utilização do Software VOSviewer. A partir do uso de tabelas e gráficos que demonstram, a princípio, quais os principais autores do tema e o número de artigos publicados no período proposto para a avaliação. Na Tabela 2 é apresentado o resultado da busca inicial dos artigos.

TABELA 2 - Informe de dados e resultados

Bases de dados	Data de realização da busca	Estratégia utilizada	Quantidade de resultados	Formato de exportação dos dados
Portal de Periódicos Capes	21/10/2022	1	50*	BibTeX
Scopus	21/10/2022	2	628	BibTeX
Web Of Science	21/10/2022	2	488	BibTeX
Web Of Science1	02/11/2022	4 e 5	207**	Bibtex
Web Of Science2	28/10/2022	4 e 5	17***	Bibtex
TOTAL			1390	

Fonte: Autoria Própria

Quantidade de dados baixados com critério de relevância da Base.

** Quantidade de dados baixados com critério de citações do texto base.

*** Quantidade de dados baixados com critério de citações do texto base de origem brasileira.

A Figura 5 apresenta graficamente as publicações que têm relação com o tema deste trabalho e a Tabela 3 a relação de trabalhos por país. Primeiramente relacionou-se o país de origem das publicações. Os artigos cujos autores possuem origem brasileira representam 3% do total de artigos publicados no período. Há uma forte presença de artigos dos Estados Unidos com 29% dos artigos, seguido de China com 18%, Canadá com 9%, Austrália com 8% e Índia com 7% dos trabalhos, todos países de dimensões continentais como o Brasil. A Itália com 9% também se destaca, fazendo parte dos 6 principais países em termos de produção de artigos sobre a temática PUB.

Figura 5 - Número de publicações em porcentagem por principais países



Fonte: Autoria Própria.

TABELA 3 - Número de publicações pelos principais países

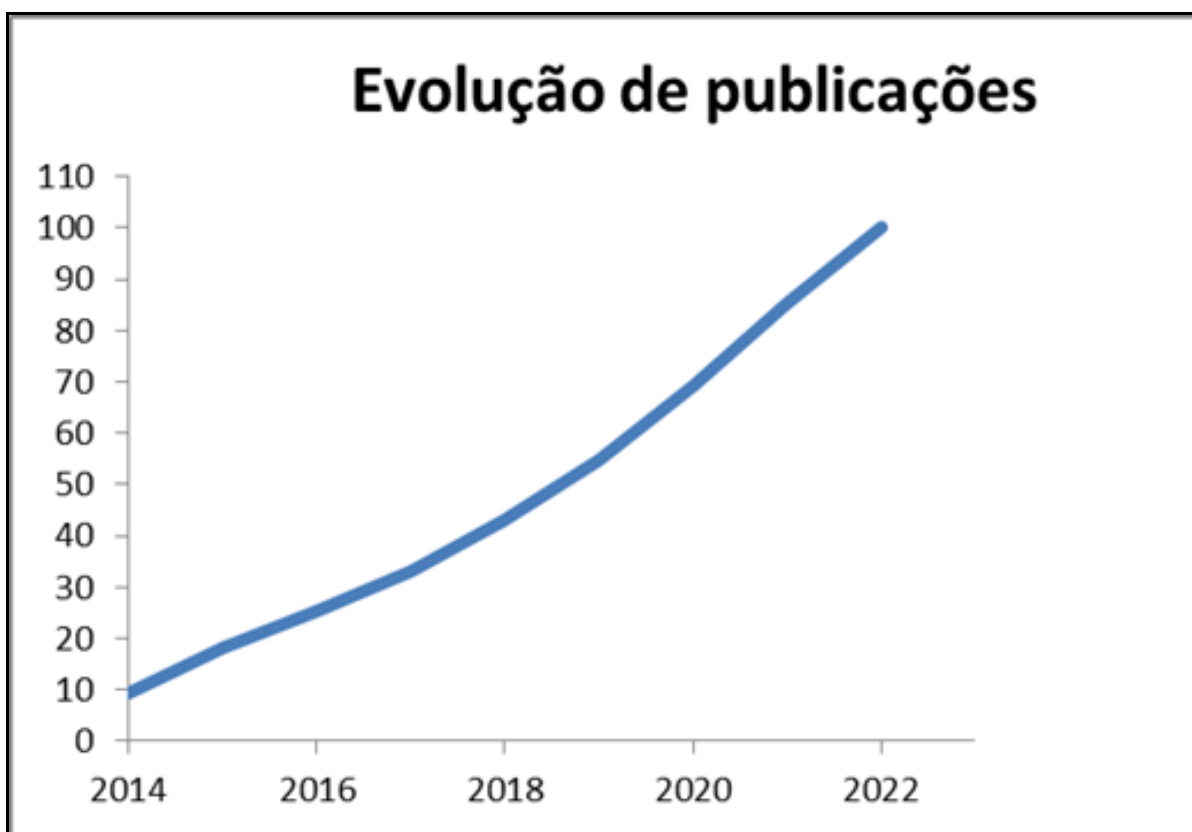
País	Número de Documentos
Estados Unidos	187
China	116
Canadá	60
Itália	57
Inglaterra	56
Austrália	50
Índia	46
Alemanha	33
Suíça	29

Fonte: Autoria Própria

A Figura 6 apresenta a evolução da publicação de artigos ao longo dos últimos dez anos. Após um início modesto com dez publicações encontradas com os critérios de busca adotados para 2014, o ano de 2022 encerra-se com mais de cem

artigos nessa temática. Pode-se perceber também uma subida mais forte a partir de 2017 e novamente em 2019. Pode-se concluir que a iniciativa PUB teve grande impacto na comunidade científica, com um crescimento exponencial no número de artigos produzidos entre 2014 e 2022.

Figura 6 - Evolução das publicações em PUB entre 2014 e 2022



Fonte: Autoria Própria

A Tabela 4 apresenta os principais autores dos trabalhos, o número correspondente de publicações sobre o tema no período e a Figura 7 um mapa mental com as interações entre alguns deles. Destacam-se os pesquisadores B. Biswal, G. Bloschl (Vienna Universidade de Tecnologia de Viena, Áustria), M. Sivapalan (Centro de Estudos do Sul da Ásia e Oriente Médio – CSAMES da Universidade de Illinois, Estados Unidos da América), A. Castellarin (Universidade de Bolonha, Itália), J. Seibert (Universidade de Zurich, Suíça), R. Arsenault (Escola Superior de Tecnologia, Montreal, Canadá), B. Gharabaghi (Instituto Indiano de Tecnologia, Bombay, Índia). Todos os autores listados são do Hemisfério Norte.

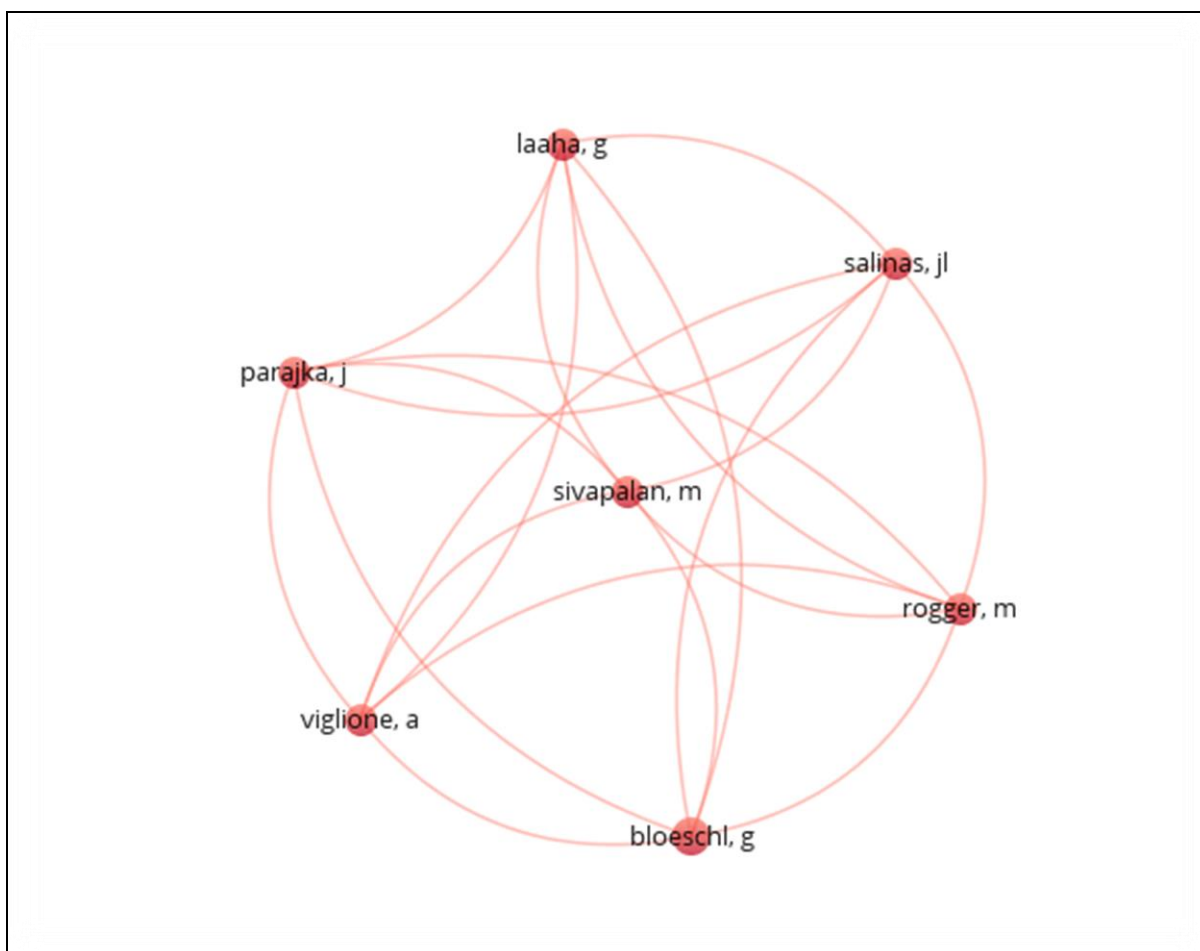
TABELA 4 - Principais autores encontrados na busca

Autores	Número de documentos
Blöschl, G.	10
Silvapalan, M.	9
Castellarin, A.	9
Biswal, B.	8
Seibert, J.	8
Arsenault, R.	7
Gharabaghi, B.	7
Parajka, J.	7
Farmer, W. H.	7
Hong, Y.	6

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 5 apresenta a filiação dos documentos mais citados na pesquisa. A principal entidade financiadora de estudos com o tema apresentado e no período estudado foi a Academia de Ciências Chinesa, China. Destaca-se também o Conselho de Pesquisa em Engenharia e Ciências Naturais do Canadá, Comissão Europeia e Fundos para a Pesquisa Norte Americanos. A presença de artigos desenvolvidos na China é marcante, totalizando 101 dos 134 artigos encontrados, ou seja mais de 75% da produção no período. Somente o Instituto CSIRO da Austrália está situado no Hemisfério Sul.

Figura 7 - Interação de pesquisadores encontrados na pesquisa



Fonte: Autoria Própria

TABELA 5 - Filiação dos documentos publicados

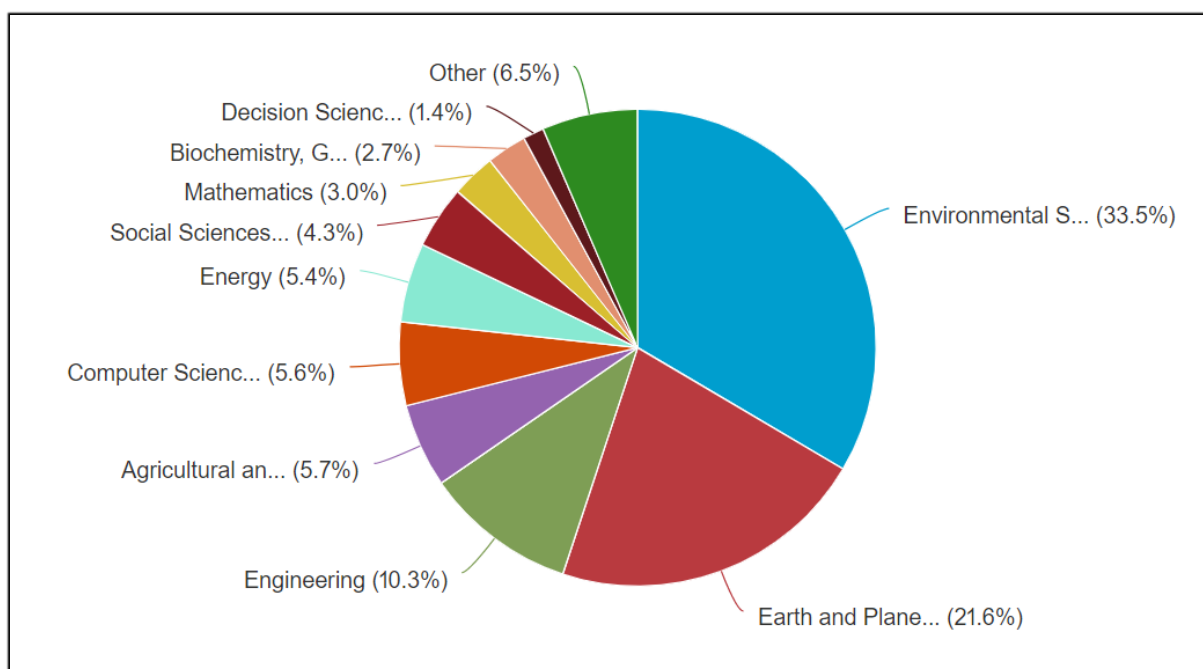
Instituições	Número de documentos
Academia de Ciências Chinesa, China	32
Universidade de Hohai, China	23
Ministério da Educação, China	21
Universidade de Bristol, Reino Unido	17
Instituto CSIRO, Australia	16
Universidade de Wuhan, China	13
Universidade Normal de Beijing, China	12

Fonte: Autoria Própria

Também foi feita a verificação da distribuição dos artigos encontrados por área de pesquisa. A área principal que dá origem aos resultados desta pesquisa foi a

das Ciências Ambientais representando 33,5%. Em seguida aparecem as áreas das Ciências da Terra e do Planeta com 21,6% e Engenharia aparece em terceiro lugar representando 10,3%. As demais áreas como Ciências Biológicas e Agricultura, Energia, Ciências Sociais, Matemática, Ciências da Computação e outros totalizam os 40% restantes (Figura 8). No Brasil, as grandes áreas que abrangem os recursos hídricos são as Engenharias, Geociências e as Ciências Ambientais. Os resultados encontrados mostram que mais de 65% dos artigos encontrados também se concentram nessas grandes áreas.

Figura 8 - Publicações por área subjetiva de pesquisa



Fonte: Autoria Própria

Na análise da pesquisa com o foco nos impactos que a iniciativa que compreendeu os anos de 2013 à 2022 para a pesquisa no Brasil, utilizando as estratégias de busca descritas neste trabalho foram encontrados um total de 22 artigos o que corresponde a algo em torno de 3% do total de publicações e cujos autores são de origem brasileira. Os principais autores estão relacionados na Tabela 6.

Tabela 6 - Principais autores brasileiros encontrados na busca

Autores	Número de documentos
Santos, C. A. G.	2
Adnan, R. M.	1
Alfonso, L.	1
Althoff, D.	1
Amorim, R. S. S.	1
Ananias, P. H. M.	1
Rios, R. A.	1
Attux, R. R. F.	1
Benso, M. R.	1

Fonte: Autoria Própria

Destacam-se os pesquisadores Celso Augusto Guimarães Santos (Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil), Rana Muhammad Adnan (Universidade de Ciência e Tecnologia Huazhong, Wuhan, China), Leonardo Alfonso (Instituto IHE Delf para Educação sobre Água, Delf, Holanda), Daniel Althoff (Universidade de Viçosa, Viçosa, Brasil), Ricardo Santos Silva Amorim (Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil), Pedro Henrique Moraes Ananias (Centro de monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden, São José dos Campos, Brasil), Ricardo Araújo Rios (Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil), Romis Ribeiro de Faissol Attux (Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil) e Marcos Roberto Benso (Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil). Quando a pesquisa é refinada segundo a unidade de origem dos trabalhos encontramos os resultados apresentados na Tabela 7. Quanto à unidade financiadora temos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) seguida do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) como destaques nas pesquisas relacionadas a iniciativa PUB, tema da pesquisa no período pesquisado.

Tabela 7 - Filiação dos autores brasileiros encontrados na busca

Instituição	Número de Documentos
Universidade de São Paulo	3
Universidade Estadual de Campinas	2
Universidade Federal de Minas Gerais	2
CNDS	1
Data Science Team	1
Instituto federal de Ciências	1
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP	1
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul	1

Fonte: Autoria Própria

HRACHOWITZ *et al.* (2013) verificaram que a iniciativa PUB foi altamente produtiva, conforme refletido na revisão da literatura deste artigo e no número de publicações científicas que citaram trabalhos relacionados ao PUB. No centro do progresso científico estavam as seguintes conquistas:

1. O desenvolvimento de uma melhor compreensão do conjunto de processos subjacentes às respostas à precipitação-escoamento e ao degelo-escoamento da bacia, e o aumento do consenso sobre a importância dos limiares, dos processos de feedback e dos princípios de organização que deles emergem.
2. Os avanços na compreensão dos processos hidrológicos têm sido fundamentais para desenvolver uma melhor compreensão dos nossos modelos juntamente com as incertezas associadas. Isto, por sua vez, facilitou a concepção de novas estratégias de modelização e avaliação da incerteza, e preparou o caminho para identificar e enfrentar os desafios que temos pela frente – desafios que se relacionam com a compreensão da ligação entre a forma e a função da captação, ou seja, com o reforço da ligação entre a compreensão os nossos modelos e a compreensão das nossas bacias

hidrográficas, e a ainda necessária identificação de princípios organizacionais adequados subjacentes à resposta da bacia hidrográfica.

3. Surgiu uma consciência relativamente ampla durante a Década PUB de que abordagens flexíveis à modelização, que permitem o ajuste de modelos a condições ambientais específicas em diferentes bacias hidrográficas, e a falsificação de modelos, podem ser altamente benéficas, como demonstrou o foco mais forte em processos dominantes específicos do local. ter o potencial de reduzir a incerteza preditiva.
4. O potencial dos modelos como ferramentas para aprender sobre a função de captação é agora amplamente reconhecido e explorado.
5. É agora comumente aceite que a hidrologia necessita de uma avaliação sistemática e consistente da incerteza, reconhecendo e quantificando diferentes fontes de incerteza, bem como diferentes tipos de erros, embora não tenha sido alcançado nenhum consenso sobre a melhor forma de o fazer.
6. A necessidade e os benefícios da hidrologia comparativa para obter uma melhor compreensão dos processos emergentes, levando eventualmente à compreensão dos princípios organizacionais subjacentes à resposta da bacia, foram reconhecidos, tornando a hidrologia comparativa uma ferramenta importante que fez o seu caminho para a hidrologia convencional.
7. A melhor compreensão das ligações entre a forma e a função da bacia hidrográfica, muitas vezes baseada em propriedades emergentes, ou seja, assinaturas da bacia hidrográfica, levou aos primeiros passos promissores para a classificação funcional da bacia hidrográfica.
8. A partir de uma síntese de dados, da compreensão do processo e da ligação entre forma e função da captação, foram delineados possíveis caminhos para a identificação de princípios organizadores e uma eventual formulação de uma teoria unificada, baseada numa combinação de abordagens newtonianas e darwinianas.

Além dos avanços científicos, foram alcançadas conquistas significativas na construção de comunidades, que serão fundamentais para garantir o progresso futuro na disciplina. Em particular, pode destacar que a iniciativa PUB:

1. aproximou a comunidade hidrológica global em termos de comunicação e colaboração, substituindo gradualmente a mera acumulação de informação pela nova geração de conhecimento;
2. unificou o campo em torno de questões centrais e forneceu um propósito comum para modeladores, experimentalistas, teóricos, etc.;
3. ajudou a criar uma linguagem comum entre diferentes grupos de investigação com diferentes focos de investigação, facilitando assim uma maior colaboração; e
4. forneceu um modelo em que as atividades comunitárias deveriam se basear: base, inclusão, empoderamento e pluralidade.

No entanto, HRACHOWITZ *et al.* (2013) ressaltavam em 2013 que alguns desafios ainda precisariam ser enfrentados:

1. Ainda há um longo caminho a percorrer em termos de obtenção de previsões robustas e fiáveis: grande parte do sucesso até agora tem sido em bacias avaliadas e não em bacias não avaliadas, o que tem efeitos negativos, em particular para os países em desenvolvimento, onde a incapacidade de fazer previsões fiáveis irá continuar a impedir a gestão sustentável dos recursos hídricos e o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação de cheias e secas.
2. O progresso alcançado na Década PUB não conduziu à harmonização das estratégias de modelização que se esperava.

3. Embora tenha havido uma atividade significativa na transferência das conclusões do PUB para a prática e para o processo de tomada de decisão política (ver, por exemplo, Savenije e Sivapalan Citation 2013), são necessários mais esforços para garantir estratégias sustentáveis de gestão de recursos hídricos.

Para HRACHOWITZ *et al.* (2013) estes desafios devem ser enfrentados, especialmente no contexto da variabilidade resultante de flutuações do sistema que ocorrem tanto naturalmente como provocadas antropogenicamente. Apoiar e enfatizar a importância da mudança levou naturalmente a que a nova iniciativa científica hidrológica para a próxima década fosse chamada Panta Rhei – Tudo Flui (Montanari *et al.* 2013).

7 PRODUTOS DA DISSERTAÇÃO

7.1 Protocolo de Pesquisa

O primeiro produto dessa dissertação foi o protocolo de busca dessa pesquisa. A análise da metodologia empregada, contando com protocolo de busca contendo palavras-chave, perguntas científicas e seus resultados, foi registrado e publicado na forma de projeto e protocolo de pesquisa, a fim de garantir sua reprodutibilidade, originalidade e permitir a gestão dos dados. Esse protocolo pode ser visto em <https://dmphub.cdlib.org/dmps/doi:10.48321/D1H044>.

Esse produto pode ser utilizado por outros pesquisadores que desejem aprofundar essa RBS, ou mesmo realizar análises semelhantes sobre outros temas de interesse.

7.2 Plano de gerenciamento de dados

O segundo produto dessa dissertação foi a criação de um banco de dados sobre a temática, contemplando título, autor (es) e resenhas dos resumos, que possam nortear os pesquisadores, usuários da Rede Hidrometeorológica Nacional e da sociedade civil organizada em pesquisas científicas como fonte de referencial teórico confiável. Utilizou-se de plataformas de gerenciamento de dados como DMPTool e Mendeley Data para hospedar o plano de gerenciamento de dados que pode ser consultado, e ou, replicado no futuro e em outras frentes do conhecimento hidrológico. Este pode ser acessado no endereço: <https://data.mendeley.com/datasets/hjpxhg9mvw/1>

8 AS NOVAS DÉCADAS DE ESTUDOS DA IAHS: MOVENDO-SE PARA FRENTE

Como vimos ao longo desse trabalho, a primeira Década Científica da IAHS 2003-2012 da IAHS, intitulada Previsões em Bacias Não Monitoradas (PUB) foi uma iniciativa da IAHS operando ao longo da década de 2003-2012, estabelecida com o objetivo principal de reduzir a incerteza nas previsões hidrológicas. Foi um movimento “de base” destinado a atrair o interesse dos hidrólogos de todo o mundo, e cresceu para abranger uma enorme variedade de abordagens e configurações.

Os dois resultados de maior impacto da década PUB são um artigo de revisão e um livro de síntese, ambos publicados em 2013. O artigo de revisão é intitulado “*A decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB) — a review / Uma década de previsões em bacias não calibradas (PUB) - uma revisão*”, publicado no Hydrological Sciences Journal e de autoria de HRACHOWITZ *et al.* (2013), artigo inclusive discutido no final da seção 6. Conclui que a iniciativa PUB foi altamente produtiva, conforme refletido na revisão da literatura e no número de publicações científicas que citaram trabalhos relacionados ao PUB. No centro do progresso científico estavam sete conquistas. O livro de síntese é intitulado “*Runoff Prediction in Ungauged Basins - Synthesis across Processes, Places and Scales / Previsão de Escoamento em Bacias Não Monitoradas - Síntese entre Processos, Locais e Escalas*”, publicado pela Cambridge University Press e de autoria de BLÖSCHL *et al.* (2013). Conclui que

A comunicação aprimorada entre disciplinas e pessoas em diferentes lugares é a única maneira pela qual a hidrologia, como ciência da terra e como ciência aplicada, pode se beneficiar de sua prática globalmente. Para isso, a hidrologia deve se tornar uma ciência verdadeiramente global, e a hidrologia comparativa e a síntese das visões de mundo newtoniana e darwiniana serão os veículos que irão ajudar a conseguir isso. (IAHS, 2023).

Dando sequência a esse sucesso, duas novas décadas já foram propostas, uma já concluída e outra em andamento, buscando passar das predições para uma mudança na sociedade, seguida de soluções para a crise ambiental que envolve entre tantas outras coisas a água, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 - Iniciativas propostas pela IAHS



Fonte: Sítio da Associação Internacional de Ciências Hidrológicas

8.1 Panta Rhei - Tudo Flui: Mudança na hidrologia e na sociedade

A segunda Década Científica da IAHS 2013–2022 da IAHS, intitulada “Panta Rhei – Tudo Flui”, foi dedicada a atividades de pesquisa sobre mudanças na hidrologia e na sociedade. O objetivo do Panta Rhei foi alcançar uma interpretação melhorada dos processos que governam o ciclo da água, concentrando-se na sua dinâmica de mudança em conexão com os sistemas humanos em rápida mudança.

O resultado da votação da Plenária Administrativa da IAHS realizada na Assembleia da IUGG em Berlim, em julho de 2023, decidiu implementar uma nova Comissão Internacional sobre Feedback Humano-Água (ICHWF). A motivação foi criar uma nova Comissão IAHS para capitalizar o impulso da década científica Panta Rhei que foi encerrada durante o Simpósio Panta Rhei em Potsdam de 10 a 11 de julho de 2023. Panta Rhei criou uma comissão muito ativa com uma comunidade jovem e diversificada de cientistas naturais e sociais. A nova comissão proporcionará um lar para esta comunidade dentro da IAHS após o final da década científica e atrairá novas pessoas para a IAHS na área de Feedback Humano-Água (IAHS, 2023).

8.2 HELPING - Ciência para Soluções: hidrologia envolvendo pessoas locais em um mundo global

Depois de duas décadas de sucesso, a IAHS quis mais uma vez impulsionar a comunidade através do lançamento de um terceiro tema para esforços colaborativos em ciências hidrológicas: HELPING, criado através de um processo comunitário participativo e através da aplicação de planejamento estratégico. A terceira Década Científica da IAHS está sendo dedicada a soluções locais sob a crise hídrica global. O nome abreviado será HELPING e significa Hydrology Engaging Local People IN one Global world. Esta década será um processo ascendente capacitado por hidrólogos e cientistas locais, utilizando ciência aberta e dados/métodos locais para resolver problemas hídricos locais. A IAHS prevê que a construção do conhecimento e da cooperação local possa informar os cientistas que trabalham em situações semelhantes ou que enfrentam eventos inesperados em todo o mundo (IAHS, 2023).

9 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi apresentado o processo de Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e suas etapas sobre o desdobramento e a evolução da iniciativa Predição em bacias não monitoradas (PUB), lançada pela Associação Internacional de Recursos Hídricos (AIHS) no início dos anos 2000. Foram elencados os critérios através da metodologia e o uso de uma ferramenta informatizada para atender adequado suporte à revisão.

A partir disto foi possível a construção de uma estratégia de busca através de protocolos para busca e catalogação dos artigos com as devidas restrições propostas (*strings*, tempo, fase do trabalho) e seleção dos artigos.

Apresentamos revisão da literatura sobre o tema e sumarizamos ao final um total de um total de 648 artigos, neste documento 29 destes (Anexo 2) e também apresentamos o fichamento de uma amostra de 13 artigos (Anexo 3) que servem de referência para futuras pesquisas e especificidades do tema proposto.

Como produtos alcançados tem-se plano de gestão de dados e o protocolo publicados em plataformas seguindo as novas regras e exigências das Instituições de ensino como a UNESP e as agências de fomento públicas e privadas do nosso país e também do exterior.

Com a aplicação da RBS foi possível responder às cinco perguntas da pesquisa.

As ferramentas (Softwares) utilizadas para conceber este trabalho foram disponibilizadas gratuitamente, através de uma licença que não explicita limitações de uso e alguns reforçam o caráter experimental como a desenvolvida pelo LaPES UFSCar em 2017. Como resultados da RBS, verificou-se uma maior incidência de artigos nos Estados Unidos, China, Canadá. Verificou-se também uma maior presença de estudos no Hemisfério Norte entre os principais países, com exceção à Austrália. No Brasil, os artigos encontrados corresponderam a 3% do total. Dessa forma, acredita-se que a iniciativa PUB teve um grande alcance porém ainda limitado no Hemisfério Sul. A iniciativa PUB também gerou um impacto positivo desencadeando novas iniciativas como as décadas denominadas Panta Rhei e HELPING que foram propostas a seguir e ainda estão em curso, respectivamente.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre outras iniciativas da comunidade hidrológica, destacam-se os 23 problemas não resolvidos em hidrologia propostos por BLÖSCHL *et al.* (2019). Este artigo é o resultado de uma iniciativa comunitária para identificar os principais problemas científicos não resolvidos em hidrologia, motivada pela necessidade de uma maior harmonização dos esforços de investigação. O procedimento envolveu uma consulta pública através dos meios de comunicação online, seguida de dois workshops através dos quais um grande número de potenciais questões científicas foram recolhidas, priorizadas e sintetizadas. Apesar da diversidade dos participantes (230 cientistas no total), o processo revelou muito sobre as prioridades da comunidade e o estado da ciência hidrológica: uma preferência pela continuidade nas questões de investigação em vez de desvios ou redirecionamentos radicais do trabalho passado e atual.

Iniciativas comunitárias como essa já se multiplicaram mundo afora, inclusive com o envolvimento de pesquisadores latino-americanos como mostrado em CHAFFE *et al.* (2022). Inspirados nos 23 Problemas Não Resolvidos em Hidrologia – 23 UPH (Blöschl *et al.*, 2019) e nos seguintes “23 UPH na África” (Ogilvie e Mahé, 2021), foi lançado os “23 UPH na América do Sul”. Nessa iniciativa o objetivo original era revisar, identificar e agregar as contribuições da comunidade sul-americana para o avanço dos principais problemas não resolvidos da hidrologia. Após uma primeira rodada de discussão, decidiu-se expandir a iniciativa para toda a América Latina. A iniciativa foi lançada em agosto de 2021 usando diversas listas de e-mail (por exemplo, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, AboutHydrology Google Group) e um questionário do Formulários Google, coletando respostas de agosto a setembro de 2021, com participantes de 20 países. A maioria dos participantes foram professores universitários e pesquisadores tendo como formação principal a Engenharia. Após várias discussões verificou-se a necessidade de adaptar as questões considerando as particularidades da América Latina, onde os sistemas hídricos e sua interação com outros componentes da Terra e dos sistemas antrópicos podem ser únicos. Os envolvidos esperam que seus esforços para desenvolver uma agenda comum de investigação fortaleça a comunidade hídrica na América Latina, bem como contribua com conhecimento hidrológico para os problemas comuns da comunidade hídrica internacional.

Este trabalho contribui para consolidar a pesquisa acadêmica no avanço da ciência hidrológica. Para o desenvolvimento deste estudo, aplicou-se uma metodologia sistemática para a revisão da literatura é visto como ponto de partida, aqui representamos um panorama global de uma iniciativa que visou agrupar de um lado os problemas decorrentes das ciências hídricas e de outro toda uma comunidade para avançar seu resultado, porém ainda seria preciso um prazo para maturação dos resultados e análise do alcance desta iniciativa que foi tema deste trabalho. Ao final deste podemos concluir que realmente temos em mãos estudos e uma rede de pesquisadores que quando desafiados produzem um significativo número de trabalhos que buscam o avanço para a ciência hidrológica.

Inserido na base da geração de dados hidrológicos na Rede Hidrológica Nacional – RHN que compõem o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH e acompanhando a construção de séries de dados e a melhora desta através da troca de informações e auxílio aos Observadores hidrológicos, construção e manutenção de estações hidrométricas e de plataformas automáticas de coleta de dados ao longo destes quatro últimos anos foi possível visualizar a importância da aproximação e capacitação dos Técnicos, Analistas e Pesquisadores do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, nos mais diversos programas oferecidos e apoiados pela Agência Nacional de Águas e de Saneamento Básico – ANA, Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, Centro Nacional de Monitoramento de Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, Centros de Pesquisa como o Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS (Curso de Extensão em Hidrologia), Universidades Federais e Estaduais, Organizações Nacionais como a Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária - ABES, Comitês e Agências de Bacias e internacionais como o Serviço Geológico Americano – USGS, a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas – IAHS, Conselho Mundial da Água e a Organização das Nações Unidas - ONU.

São grandes os desafios para a integração e universalização da informação hidrológica. Acreditamos que trabalhos como o apresentado e seus desdobramentos possam encurtar as distâncias e construir pontes, pois, é nosso dever disseminar o conteúdo deste documento nas redes oficiais, através deste texto e dos produtos aqui gerados.

O Mestrado em Rede proporcionou visão sistêmica da gestão e regulação dos recursos hídricos, dos mecanismos de cobrança pelo uso da água, além causas e efeitos de boas práticas na gestão e na universalização do saneamento que é suma importância na capacitação para a universalização da informação, pilares para o entendimento que podem e devem ser o caminho para que tenhamos um futuro mais digno.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019.
- BARROS, C. G. D.; CAVALCANTE BLANCO, C. J.; PESSOA, F. C. L.; GOMES, E. P.; SANTANA, L. R.; Regionalização da vazão Q95% na Amazônia. **Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales**, Mexico City, v.12, n. 1, p.1, 2019.
- BLÖSCHL, G., SIVAPALAN, M., WAGENER, T., VIGLIONE, A., SAVENIJE, H., **Runoff prediction in ungauged basins: synthesis across processes, places and scales**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
DOI <https://doi.org/10.1017/CBO9781139235761>
- BLÖSCHL, G., BIERKENS, M. F. P., CHAMBEL, A., CUDENNEC, C., DESTOUNI, G., FIORI, A., *et al.* (2019). Twenty-three unsolved problems in hydrology (UPH) – a community perspective. **Hydrological Sciences Journal**, Inland-Oxfordshire, v. 64, 1141–1158. DOI:10.1080/02626667.2019.1620507
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, [S.l.], v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.
- CHAFFE, P. L. B., PAIVA, R. C. D., FERNANDES, C. V. S. and the UPH Latin America: Unsolved Problems in Hydrology (UPH) – a Latin American perspective, **IAHS-AISH Scientific Assembly 2022**, Montpellier, France, May-Jun 2022, IAHS2022-602. DOI: <https://doi.org/10.5194/iahs2022-602>.
- COSTA, G. K. L.; BALANCO, C. J. C. B.; SOARES, A. C. L. S.; CRUZ, J. S.; MENDONÇA, L. M.; Impacto das mudanças climáticas nas vazões mínimas de referência de pequenas bacias hidrográficas na Amazônia Legal e dentro do arco do desflorestamento, **Revista de Gestão de água da América Latina**, [s.l.], V. 20, 2023.
- FERRAMENTA StArt [por] Profa Dra. Sandra Camargo P. F. Fabbri. [S. l.: s. n], 2018. 1 vídeo (1:18:38 min). Publicado pelo canal Escola de Pesquisadores Campus USP São Carlos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8kVPpd1Vj4s>. Acesso em: 01 fev. 2023.
- FERRERA, G. G. **Uma ferramenta para suporte à revisão sistemática da literatura**. 2019. 109 f. Monografia (Graduação em m Ciência da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre, 2019.
- ROSAS FLORES, Fredy Sandro; TEJEDA FLORES, Shirley Pamela; CANAZA ROJAS, Ferrer. Estimación del caudal a partir de la técnica de velocimetría por imágenes de partículas a gran escala aplicado en flujo a superficie libre. **Gaceta Técnica**, v. 22, n. 1, 2021, p. 53-65.
- GALVAO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n. 1,

p. 183-184, mar. 2014 . Disponível em
http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000100018&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 01 fev. 2023.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: a utilização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. P.149-209.

IAHS – International Association Of Hydrologic Sciences , 2013. Disponível em:
<https://iahs.info/Initiatives/Topic-for-the-Next-IAHS-decade>. Acesso em: 01 fev. 2023.

HRACHOWITZ, M., SAVENIJE, H.H.G., BLÖSCHL, G., MCDONNELL, J.J., SIVAPALAN, M., POMEROY, J.W., ARHEIMER, B., BLUME, T., CLARK, M.P., EHRET, U., FENICIA, F., FREER, J.E., GELFAN, A., GUPTA, H.V., HUGHES, D.A., HUT, R.W., MONTANARI, A., PANDE, S., TETZLAFF, D., TROCH, P.A., UHLENBROOK, S., WAGENER, T., WINSEMIUS, H.C., WOODS, R.A., ZEHE, E., AND CUDENNEC, C., 2013. A decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB)—a review. *Hydrological Sciences Journal*, UK-London, 58 (6), 1198–1255.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp, 2014.

IAHS (International Association of Hydrological Sciences), 2023. Disponível em:
<https://iahs.info/>. Acesso em: 24 dez. 2023 .

KALIL, L.; CHECCO, G. B. Segurança hídrica e mudanças climáticas no Brasil: uma entrevista cruzada com Jerson Kelman e João Paulo Capobianco., *IdeAs* [En ligne], 15 2020, **mis en ligne le 01 mars 2020**, consulté le 2023. DOI:
<https://doi.org/10.4000/ideas.7601>.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Version 2.3 **EBSE Technical Report** EBSE-2007-01 Software Engineering Group School of Computer Science and Mathematics Keele University Keele, Staffs ST5 5BG, UK, 2007.

MEDEIROS, W. M. V. S.; CARLOS, E. L.; RUCELINE, P. M. Avaliação sazonal e especial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí. **Revista ambiente & água**, v. 13, n. 2, p. 1-17, 2018. ISSN 1980-993X.

LUCE, C. **Runoff Prediction in Ungauged Basins: synthesis across processes, places and scales**. Edited by Günter Blöschl, Murugesu Sivapalan, Thorsten Wagener, Alberto Viglione, and Hubert Savenije. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 465 p.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.,

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 01 fev. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wpcontent/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

PEREIRA, M. **Obtenção de vazões em locais sem monitoramento através de um modelo hidrológico com assimilação de dados**. 2017. 145 f., Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – UFRGS, Porto Alegre, Brasil-RS, 2017.

PENEREIRO, J. C.; MARTINS, L. L. S.; BERETTA, V. Z. Identification of variability and inter-annual trends in hydro-climate measures at the tocantins river basin district-araguaia. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v.18, 2016.

SANTOS, Raiane da Silva. **Planejamento para busca sistematizada em base de dados: BIS/UNESP**. Ilha Solteira: Unesp, 2022. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/#!/biblioteca/apoio-ao-pesquisador/modelo-de-planejamento-para-buscas-sistematizadas-em-bases-de-dados/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Programa Nacional de Hidrologia**, [S. l.], 2016. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Apresentacao/Programa-Nacional-de-Hidrologia-6585.html>. Acesso em: 28 jul. 2022.

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 579-589, 2017.

SIVAPALAN, M. Process complexity at hillslope scale, process simplicity at the watershed scale: is there a connection? **Hydrological Processes**, London, v. 17, n. 5, p. 1037–1041, 2003.

SIVAPALAN, M. Pattern, process and function: elements of a unified theory of hydrology at the catchment scale. *In*: ANDERSON, M. G.; MCDONNELL, J.J. (ed.). **Encyclopedia of hydrological sciences**. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. DOI:10.1002/0470848944.hsa012.

SIVAPALAN, M., 2018. From engineering hydrology to earth system science: milestones in the transformation of hydrologic science. **Hydrology and Earth System Sciences**, UK-London, 22 (3), 1665–1693. doi:10.5194/hess-22-1665-2018.

SIVAPALAN, M. and. BLOSCHL, G., 2017. The growth of hydrological understanding: technologies, ideas, and societal needs shape the field. **Water Resources Research**, UK-London, 53, 8137–8146. doi:10.1002/2017WR021396.

SIVAPALAN, M., *et al.* IAHS decade on predictions in ungauged basins (PUB), 2003–2012: shaping an exciting future for the hydrological sciences. **Hydrological Sciences Journal**, London, v. 48, n. 6, p. 857–880, 2013. DOI:10.1623/hysj.48.6.857.51421.

SIVAPALAN, M., *et al.*, Water cycle dynamics in a changing environment: improving predictability through synthesis. **Water Resources Research**, UK-London ,47 (10), W00J01. doi:10.1029/2011WR01137, 2011.

THOMPSON, S. E., SIVAPALAN, M., HARMAN, C. J., SRINIVASAN, V., HIPSEY, M. R., REED, P., MONTANARI, A., BLÖSCHL, G.: Developing predictive insight into changing water systems: use-inspired hydrologic science for the Anthropocene, Hydrol. **Earth Syst. Sci.**, London, v.17, p. 5013–5039, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-17-5013-2013>.

HARRIS, J.D.; QUATMAN, C.E.; MANRING, M.M.; SISTON, R.A.; FLANIGAN, D.C. How to Write a Systematic Review. **The American Journal of Sports Medicine**. [S.l.], v. 42, n. 11, p. 2761-2768, 2014. DOI:10.1177/0363546513497567

ANEXOS

ANEXO 1 – PROTOCOLO DE PESQUISA

Dados do Pesquisador:

Nome: Reginaldo Braz dos Santos

E-mail: reginaldo.santos@unesp.br

Curso: Mestrado em Rede Nacional de Gestão e Regulação em Recursos

Hídricos

Semestre/Ano: 1 semestre/2021

Questão/problema de pesquisa

Quais os impactos da iniciativa PUB, lançada pela Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (AIHS), sobre a sociedade científica mundial e nacional?

Objetivos da pesquisa (geral e específicos)

Avaliar o alcance temporal da iniciativa PUB, onde que levou sociedade científica hidrológica à busca da compreensão se modelos baseados em dados físicos, em índices ou conceituais seriam preferíveis para reproduzir os processos hidrológicos cobrindo uma vasta área de captação.

Estudar, identificar e analisar a evolução dos trabalhos provenientes da iniciativa que foram gerados após 2013 realizando uma Revisão Sistemática da Literatura (RBS).

Demonstrar o impacto gerado pela iniciativa PUB, caracterizando e localizando os principais autores, grupos de pesquisa e suas interações no espaço e no tempo.

EXTRAÇÃO			
	Termo(s) principal(is)	Termo(s) relacionado(s)	Termos (principal e relacionado) em outras línguas
T – Tema (1)	Previsão	prognóstico, antecipação, prenúncio, presságio, profecia, predição, presciência,	Prediction, prognostication, anticipation, harbinger, omen, prophecy, prediction, foreknowledge
T – Tema (2)	Incerteza	confusão, ambiguidade, dúvida, imprecisão, indefinição, indeterminação	Uncertainty, confusion, ambiguity, doubt, imprecision, vagueness, indeterminacy
T – Tema (3)	Dados	bases, conhecimentos, elementos, referências, conceitos, aspectos	Data, bases, knowledge, elements, references, concepts, aspects
Q – Qualificador (1)	Não Monitoradas	Não acompanhadas, não controladas, não supervisionadas, não fiscalizadas, não inspecionadas	Unagged, Unaccompanied, uncontrolled, unsupervised, unsupervised, uninspected
Q – Qualificador (2)	Variáveis	Elementos, dimensões, propriedades, características, fatores, aspectos	Variables, Elements, dimensions, properties,

			characteristics, factors, aspects
Q – Qualificador (3)	Tecnologias Observacionais	Satélites, imagens, fotografias, vídeos, geoprocessamento, paisagem, drones.	Observational technologies, Satellites, images, photographs, videos, geoprocessing, landscape, drones
O – Objeto (1)	Bacias hidrográficas	Região geográfica, relevo, rios, lagos, reservatórios, drenagem, águas subterrâneas, aquíferos, precipitação, chuva, neve, oceano, hidrosfera	Basins, Geographic region, relief, rivers, lakes, reservoirs, drainage, groundwater, aquifers, precipitation, rain, snow, ocean, hydrosphere
O – Objeto (2)	Associação Internacional de Ciências Hidrológicas	Grupo de pesquisa, instituição, união, entidade, sociedade, confederação, universidade, assembleia	IAHS, research group, institution, union, entity, society, confederation, university, assembly

O – Objeto (3)	Ciências hidrológicas	tecnologias, conhecimentos, técnicas, inteligências, engenharias, hidráulica	Hydrological Science, technologies, knowledge, techniques, intelligence, engineering, hydraulics
COMBINAÇÃO			
T – Tema (1)	Previsão OR prognóstico OR antecipação OR prenúncio OR presságio OR profecia OR predição OR presciência OR prediction OR prognostication OR anticipation OR harbinger OR omen OR prophecy OR prediction OR foreknowledge		
T – Tema (2)	Incerteza OR confusão OR ambiguidade OR dúvida OR imprecisão OR indefinição OR indeterminação OR uncertainty OR confusion OR ambiguity OR doubt OR imprecision OR vagueness OR indeterminacy		
T – Tema (3)	Dados OR bases OR conhecimentos OR elementos OR referências OR conceitos OR aspectos OR data OR bases OR knowledge OR elements OR references OR concepts OR aspects		
Q – Qualificador (1)	“Não Monitoradas” OR “não acompanhadas” OR “não controladas” OR “não supervisionadas” OR “não fiscalizadas” OR “não inspecionadas” OR ungauged OR unaccompanied OR uncontrolled OR unsupervised OR unsupervised OR uninspected		
Q – Qualificador (2)	Variáveis OR elementos OR dimensões OR propriedades OR características OR fatores OR aspectos OR variables OR elements OR dimensions OR properties OR characteristics OR factors OR aspects		

Q – Qualificador (3)	“Tecnologias Observacionais” OR satélites OR imagens OR fotografias OR vídeos OR geoprocessamento OR paisagem OR drones OR “Observational Technologies” OR satélites OR images OR photographs OR vídeos OR geoprocessing OR landscape OR drones
O – Objeto (1)	“Bacias hidrográficas” OR “região geográfica OR relevo OR rios OR lagos OR reservatórios OR drenagem OR “águas subterrâneas” OR aquíferos OR precipitação OR chuva OR neve OR oceano OR hidrosfera OR basins OR “geographic region” OR relief OR rivers OR lakes OR reservoirs OR drainage OR groundwater OR aquifers OR precipitation OR rain OR snow OR ocean OR hydrosphere
O – Objeto (2)	“Associação Internacional de Ciências Hidrológicas” OR “grupo de pesquisa” OR instituição OR união OR entidade OR sociedade OR confederação OR universidade OR assembleia OR “IAHS” OR “research group” OR institution OR union OR entity OR society OR confederation OR university OR assembly
O – Objeto (3)	“Ciências hidrológicas” OR tecnologias OR conhecimentos OR técnicas OR inteligências OR engenharias OR “Hydrological Science” OR Technologies OR knowledge OR techniques OR intelligence OR engineering OR hydraulics
CONSTRUÇÃO	
((Previsão OR prognóstico OR antecipação OR prenúncio OR presságio OR profecia OR predição OR presciência OR prediction OR prognostication OR anticipation OR harbinger OR omen OR prophecy OR prediction OR foreknowledge) AND (“Não Monitoradas” OR “não acompanhadas” OR “não controladas” OR “não supervisionadas” OR “não fiscalizadas” OR “não inspecionadas” OR ungauged OR unaccompanied OR uncontrolled OR unsupervised OR unsupervised OR uninspected) AND (“Bacias hidrográficas” OR “região geográfica OR relevo OR rios OR lagos OR reservatórios OR drenagem OR “águas subterrâneas” OR aquíferos OR precipitação OR chuva OR neve OR	

oceano OR hidrosfera OR basins OR “geographic region” OR relief OR rivers OR lakes OR reservoirs OR drainage OR groundwater OR aquifers OR precipitation OR rain OR snow OR ocean OR hydrosphere))

((Incerteza OR confusão OR ambiguidade OR dúvida OR imprecisão OR indefinição OR indeterminação OR uncertainty OR confusion OR ambiguity OR doubt OR imprecision OR vagueness OR indeterminacy) AND (Variáveis OR elementos OR dimensões OR propriedades OR características OR fatores OR aspectos OR variables OR elements OR dimensions OR properties OR characteristics OR factors OR aspects) AND (“Associação Internacional de Ciências Hidrológicas” OR “grupo de pesquisa” OR instituição OR união OR entidade OR sociedade OR confederação OR universidade OR assembleia OR “IAHS” OR “research group” OR institution OR union OR entity OR society OR confederation OR university OR assembly))

((Dados OR bases OR conhecimentos OR elementos OR referências OR conceitos OR aspectos OR data OR bases OR knowledge OR elements OR references OR concepts OR aspects) AND (“Tecnologias Observacionais” OR satélites OR imagens OR fotografias OR vídeos OR geoprocessamento OR paisagem OR drones OR “Observational Technologies” OR satélites OR images OR photographs OR vídeos OR geoprocessing OR landscape OR drones) AND (“Ciências hidrológicas” OR tecnologias OR conhecimentos OR técnicas OR inteligências OR engenharias OR “Hydrological Science” OR Technologies OR knowledge OR techniques OR intelligence OR engineering OR hydraulics))




Critérios de inclusão

- Critérios para seleção dos resultados de busca.

Tipo de documento (artigos, teses, dissertações etc.)	Artigos
Área geográfica	Mundial
Período de tempo	2013-2022
Idioma	Português, inglês.
Outros	

Bases de Dados

- Indique as bases de dados e demais fontes de informação que deseja utilizar em sua pesquisa.

incluir	Bases de dados
	Portal de Periódicos Capes
	Scopus
	Web Of Science

USO: estratégia de busca

- Construímos estratégias de busca de formas variadas, de acordo com as características das bases de dados selecionadas.

Estratégia 1: em inglês e português

((Previsão OR prognóstico OR antecipação OR prenúncio OR presságio OR profecia OR predição OR presciência OR prediction OR prognostication OR anticipation OR harbinger OR omen OR prophecy OR prediction OR foreknowledge) AND (“Não

Monitoradas” OR “não acompanhadas” OR “não controladas” OR “não supervisionadas” OR “não fiscalizadas” OR “não inspecionadas” OR ungauged OR unaccompanied OR uncontrolled OR unsupervised OR ununspected) AND (“Bacias hidrográficas” OR “região geográfica OR relevo OR rios OR lagos OR reservatórios OR drenagem OR “águas subterrâneas” OR aquíferos OR precipitação OR chuva OR neve OR oceano OR hidrosfera OR basins OR “geographic region” OR relief OR rivers OR lakes OR reservoirs OR drainage OR groundwater OR aquifers OR precipitation OR rain OR snow OR ocean OR hydrosphere))

Estratégia 2: somente em inglês

((prediction OR prognostication OR anticipation OR harbinger OR omen OR prophecy OR prediction OR foreknowledge) AND (ungauged OR unaccompanied OR uncontrolled OR unsupervised OR ununspected) AND (basins OR “geographic region” OR relief OR rivers OR lakes OR reservoirs OR drainage OR groundwater OR aquifers OR precipitation OR rain OR snow OR ocean OR hydrosphere))

Estratégia 3: somente em português

((Previsão OR prognóstico OR antecipação OR prenúncio OR presságio OR profecia OR predição OR presciência) AND (“Não Monitoradas” OR “não acompanhadas” OR “não controladas” OR “não supervisionadas” OR “não fiscalizadas” OR “não inspecionadas”) AND (“Bacias hidrográficas” OR “região geográfica OR relevo OR rios OR lagos OR reservatórios OR drenagem OR “águas subterrâneas” OR aquíferos OR precipitação OR chuva OR neve OR oceano OR hidrosfera))

Estratégia 4:

(“A decade of Predictions” AND “in Ungauged Basins” AND “PUB” AND “a review”)

Estratégia 5:

(“Uma década de previsões” AND “bacias não calibradas” AND “PUB” AND revisão)

ANEXO 2 – PRINCIPAIS ARTIGOS IDENTIFICADOS NA PESQUISA

Documento	Título	Autores	Ano	Nota
5966	Flood mapping in ungauged basins using fully continuous hydrologic hydraulic modeling	Grimaldi, Salvatore and Petroselli, Andrea and Arcangeletti, Ettore and Nardi, Fernando	2013	80
5971	Predicting hydrological signatures in ungauged catchments using spatial interpolation, index model, and rainfall runoff modelling	Zhang, Yongqiang and Vaze, Jai and Chiew, Francis H.S. and Teng, Jin and Li, Ming	2014	110
5972	Validation of a national hydrological model	McMillan, H.K. and Booker, D.J. and Catto, C.	2016	70
5974	Regionalization with hierarchical hydrologic similarity and ex situ data in the context of groundwater recharge estimation at ungauged watersheds	Chang, Ching-Fu and Rubin, Yoram	2019	90
5975	Hydrologic model calibration using remotely sensed soil moisture and discharge measurements: The impact on predictions at gauged and ungauged locations	Li, Yuan and Grimaldi, Stefania and Pauwels, Valentijn R.N. and Walker, Jeffrey P.	2018	55

5978	Estimating catchment-scale groundwater dynamics from recession analysis – enhanced constraining of hydrological models	Skaugen, Thomas and Mengistu, Zelalem	2016	80
5981	Prediction of hydrographs and flow-duration curves in almost ungauged catchments: Which runoff measurements are most informative for model calibration?	Pool, Sandra and Viviroli, Daniel and Seibert, Jan	2017	90
5982	Comparing flow duration curve and rainfall-runoff modelling for predicting daily runoff in ungauged catchments	Zhang, Yongqiang and Vaze, Jai and Chiew, Francis H.S. and Li, Ming	2015	105
7178	On evaluating the robustness of spatial-proximity-based regionalization methods	Lebecherel, Laure and Andreassian, Vazken and Perrin, Charles	2016	75
7181	Transferring measured discharge time series: Large-scale comparison of Top-kriging to geomorphology-based inverse modeling	de lavenne, A. and Skoien, J. O. and Cudennec, C. and Curie, F. and Moatar, F.	2016	50
7182	Diurnal dynamics of streamflow in an upland forested micro-watershed during short precipitation-free periods is altered by tree sap flow	Deutscher, Jan and Kupec, Petr and Dundek, Peter and Holik, Ladislav and Machala, Martin and Urban, Josef	2016	55

7183	On characterizing the temporal dominance patterns of model parameters and processes	Guse, Bjoern and Pfannerstill, Matthias and Strauch, Michael and Reusser, Dominik E. and Luedtke, Stefan and Volk, Martin and Gupta, Hoshin and Fohrer, Nicola	2016	10
7184	Suitability of North American Regional Reanalysis (NARR) output for hydrologic modelling and analysis in mountainous terrain	Trubilowicz, Joel W. and Shea, J. M. and Jost, G. and Moore, R. D.	2016	80
7313	Panta Rhei: an evolving scientific decade with a focus on water systems	Montanari, Alberto and Ceola, Serena and Baratti, Emanuele	2014	50
7314	Using expert knowledge to increase realism in environmental system models can dramatically reduce the need for calibration	Gharari, S. and Hrachowitz, M. and Fenicia, F. and Gao, H. and Savenije, H. H. G.	2014	85
7315	Streamflow modelling by remote sensing: A contribution to digital Earth	Tan, M. L. and Latif, A. B. and Pohl, C. and Duan, Z.	2014	40
7319	Evaluating flash-flood warnings at ungauged locations using post-event surveys: a case study with the AIGA warning system	Javelle, Pierre and Demargne, Julie and Defrance, Dimitri and Pansu, Jean and Arnaud, Patrick	2014	40
7320	Flood design recipes vs. reality: can predictions for ungauged basins be trusted?	Efstratiadis, A. and Koussis, A. D. and Koutsoyiannis, D. and Mamassis, N.	2014	110

7322	Antecedent flow conditions and nitrate concentrations in the Mississippi River basin	Murphy, J. C. and Hirsch, R. M. and Sprague, L. A.	2014	70
7323	Large-sample hydrology: a need to balance depth with breadth	Gupta, H. V. and Perrin, C. and Bloeschl, G. and Montanari, A. and Kumar, R. and Clark, M. and Andreassian, V.	2014	30
7324	PERSiST: a flexible rainfall-runoff modelling toolkit for use with the INCA family of models	Futter, M. N. and Erlandsson, M. A. and Butterfield, D. and Whitehead, P. G. and Oni, S. K. and Wade, A. J.	2014	95
7326	Prediction of streamflow from the set of basins flowing into a coastal bay	De Lavenne, A. and Cudennec, C.	2014	80
7327	Simultaneously assimilating multivariate data sets into the two-source evapotranspiration model by Bayesian approach: application to spring maize in an arid region of northwestern China	Zhu, G. F. and Li, X. and Su, Y. H. and Zhang, K. and Bai, Y. and Ma, J. Z. and Li, C. B. and Hu, X. L. and He, J. H.	2014	50
7328	Hydrological Nonlinear System and Water System Approach	Xia, J. and Wan, H.	2014	30
7333	Complex networks for streamflow dynamics	Sivakumar, B. and Woldemeskel, F. M.	2014	60
7334	Local and global factors controlling water-energy balances within the Budyko framework	Xu, Xianli and Liu, Wen and Scanlon, Bridget R. and Zhang, Lu and Pan, Ming	2013	105

7335	A review of 40 years of hydrological science and practice in southernAfrica using the Pitman rainfall-runoff model	Hughes, D. A.	2013	110
7337	A framework to assess the realism of model structures using hydrologicalsignatures	Euser, T. and Winsemius, H. C. and Hrachowitz, M. and Fenicia, F. andUhlenbrook, S. and Savenije, H. H. G.	2013	20
7338	A review of the Prediction in Ungauged Basins (PUB) decade in Canada	Spence, C. and Whitfield, P. H. and Pomeroy, J. W. and Pietroniro, A.and Burn, D. H. and Peters, D. L. and St-Hilaire, A.	2013	30

ANEXO 3 – FICHAMENTO DOS PRINCIPAIS ARTIGOS ENCONTRADOS NA PESQUISA

Código / Autor / Ano	Objetivo	Resultados / Conclusões
Artigo 1 / Zhang, Yongqiang and Vaze, Jai and Chiew, Francis H.S. and Teng, Jin and Li, Ming / 2014	Compreender os comportamentos de uma bacia hidrográfica em termos de suas assinaturas hidrológicas subjacentes.	Os estudos mostraram que para duas assinaturas agregadas de longo prazo - o escoamento diário transformado em log e o coeficiente de escoamento, o modelo de índice e a modelagem chuva-vazão tiveram desempenho semelhante e foram melhores do que os métodos de interpolação espacial. Para a razão de fluxo zero, o modelo de índice foi o melhor e a modelagem chuva-vazão teve o pior desempenho. As outras três assinaturas, derivadas de métricas de fluxo diário e consideradas características de fluxo salientes, foram melhor previstas pelos métodos de interpolação espacial de ponderação de distância inversa (IDW) e krigagem. A comparação das curvas de duração do fluxo previstas pelas três abordagens mostrou que o método IDW foi o melhor. / Os resultados encontrados fornecem diretrizes para escolher a abordagem mais apropriada para prever comportamentos hidrológicos em grandes escalas.
Artigo 2 / Obafemi, S.	Estudo da distribuição de litofácies e as principais	A análise estrutural sistemática do núcleo, dados do poço e a integração de atributos sísmicos usando UANN revelam a unidade do

<p>and Oyedele, K. and Omeru, T. and Bankole, S. and Opatola, A. and Pat-Nebe, O. and Akinwale, R. and Ademilola, J. and Adebayo, R. and Victor, A.L. / 2022</p>	<p>propriedades físicas de um Reservatório Cárstico.</p>	<p>reservatório como um sistema de areias de lóbulos turbidíticos e areias de diques de canais turbidíticos. A distribuição das fácies geoestatísticas 3D revela a heterogeneidade espacial e vertical das fácies. Indica amálgamas altas de areia e conectividade hidráulica estática de areias de lóbulos turbidíticos na parte distal da área de estudo. A distribuição geoestatística adicional das propriedades do reservatório condicionadas às fácies indicou boa a excelente qualidade do reservatório nas areias do lóbulo turbidítico, moderada a baixa qualidade do reservatório nas areias do canal turbidítico e má qualidade do reservatório nas margens do canal turbidítico e nas fácies de folhelho de águas profundas. / As fácies 3D e os modelos de propriedade do reservatório construídos neste estudo garantiriam a otimização da unidade do reservatório, permitiriam uma melhor estimativa dos volumes de hidrocarbonetos e serviriam como dados de entrada para simulação de fluxo.</p>
--	--	---

<p>Artigo 3 / Patel, P. and Sarkar, A. / 2022</p>	<p>Neste estudo, a técnica baseada em entropia e HEC-RAS são usadas para roteamento de fluxo</p>	<p>As técnicas de roteamento de fluxo mostraram bom desempenho para todos os três trechos (com ou sem tributários), tendo NSE, $R^2 > 0,8$, e RE $< 13\%$. Apesar do desempenho comparável, o roteamento baseado em entropia é sugerido para rios naturais com ou sem</p>
---	--	---

seguido de roteamento de sedimentos em HEC-RAS.

de afluentes, pois evita o processo iterativo de calibração para determinar o coeficiente de rugosidade. Além disso, o roteamento de sedimentos é realizado no alcance do déficit de dados do rio Mahanadi para obter a função de transporte de sedimentos mais adequada. A carga de sedimentos simulada usando a função de transporte Yang combinou satisfatoriamente com os dados observados com NSE, $R^2 > 0,85$, e RE $< -27\%$. Posteriormente, a função de transporte Yang e o roteamento de fluxo baseado em entropia são utilizados para a estimativa de sedimentos e fluxo em uma estação não medida no rio Mahanadi.

Artigo 4 / Ben Khalfifa, W. and Mosbahi, M. / 2022
Desenvolver uma modelagem de chuva-vazão usando o software HEC-HMS para estimar as vazões de pico de cheia e reproduzir hidrogramas relacionados aos

O estudo demonstrou que o evento pluviométrico de 2003 gerou uma vazão máxima com período de retorno de 100 anos, enquanto em 2019, a vazão máxima simulada correspondeu a um período de retorno de 20 anos. Dada a escassez de dados observados, esses resultados são

principais eventos ocorridos em uma pequena bacia hidrográfica. úteis para reconhecer a magnitude dos eventos extremos de chuva e projetar as estruturas adequadas de águas pluviais em áreas urbanas.

Artigo 5 / Modelagem de dados ambientais para períodos com falhas ou sem informação utilizando um modelo de regressão baseado em BN. Os resultados mostraram que a solução de regressão proposta pode prever o comportamento da variável ausente contínua, evitando o inconveniente inicial de rejeitá-la. Além disso, o classificador não supervisionado pode classificar todas as observações em um conjunto de grupos de acordo com o comportamento do rio a montante e as informações de precipitação, e retornar a probabilidade de pertencer a cada grupo, fornecendo previsões apropriadas sobre o risco de inundação na área costeira.

Ropero, R.F. and Flores, M.J. and Rumã-, R. / 2022

Artigo 6 / Uso da Ferramenta de Avaliação de Solo e Água (SWAT) para avaliar os papéis da mudança no uso da terra, área de cobertura da terra e escoamento superficial na produção de sedimentos da bacia Os resultados da avaliação do modelo SWAT renderam NS, r2 e p-fator de 0,71, 0,80 e 0,86, respectivamente. Esses dados sugerem que o modelo teve um desempenho satisfatório para previsões de vazão e produção de sedimentos. Os resultados sugerem que a extinção de florestas perenes e uma mudança significativa no uso da terra de gramíneas e florestas para agricultura genérica e tipos residenciais

Daramola, J. and Adepehin, E.J. and Ekhwan, T.M. and Choy, L.K.

and Mokhtar, J. and Tabiti, T.S. / 2022

hidrográfica com base na análise de detecção de mudança entre 1975 e 2013 no Kaduna Bacia hidrográfica (Nigéria), África Ocidental.

entre 1975 e 2013, o que resultou em escoamento superficial, produção de sedimentos e alteração do fluxo. A evapotranspiração aumentou 22,40% entre 1975 e 2013. Essas mudanças impactaram negativamente o escoamento da bacia hidrográfica em 56,00% e a produção de sedimentos modelo em 68,00% no final de 2013. / Essas variações podem influenciar várias atividades humanas na bacia, como alimentação segurança, pecuária, produção de energia e abastecimento de água. É hipotético que a partir dos dados apresentados que os tipos de uso da terra exigem um controle mais dominante no escoamento e na produção de sedimentos do que na área de cobertura da terra, embora a influência climática não possa ser descartada.

<p>Artigo 7 / Yoon, H.N. and Marshall, L. and Sharma, A. and Kim, S. / 2022</p>	<p>Apresenta uma nova abordagem para modelar a vazão em bacias hidrográficas não calibradas utilizando de dados de sensoriamento remoto como alternativa atraente para complementar a ausência de</p>	<p>Os resultados indicam a competência da abordagem proposta, mostrando o desempenho do modelo com valores de eficiência de Nash-Sutcliffe de 0,54 ~ 0,78, com as incertezas na calibração do modelo quantificadas via amostragem de Monte Carlo da Cadeia de Markov. / No geral, nosso estudo considera a calibração do novo modelo promissora para previsões em bacias não medidas (PUB), pois a cobertura global de dados de satélite e a adequação da abordagem</p>
---	---	---

	dados de vazão na calibração do modelo hidrológico.	sugerem melhorias significativas em relação às abordagens tradicionais de PUB.
Artigo 8 / Sun, A.Y. and Jiang, P. and Mudunuru, M.K. and Chen, X. / 2021	O objetivo deste estudo é adaptar e comparar várias arquiteturas de rede neural de grafos (GNN) de última geração, incluindo ChebNet, Graph Convolutional Network (GCN) e GraphWaveNet, para aprendizado de grafos de ponta a ponta.	Os resultados indicam que as GNNs são geralmente robustas e computacionalmente eficientes, alcançando desempenho semelhante ou melhor do que um modelo de linha de base treinado usando a rede de memória de longo prazo (LSTM). Outras análises são conduzidas para interpretar o processo de aprendizado do grafo nos níveis de borda e nó e para investigar o efeito de diferentes configurações de modelo. Concluimos que o aprendizado de grafos constitui um método baseado em aprendizado de máquina viável para agregar informações espaço-temporais de uma infinidade de fontes para previsão de vazão.
Artigo 9 / Singh, S.K. and Griffiths, G.A. /2021	Este estudo visa obter uma compreensão mais aprofundada deste problema complexo e apresentar novos métodos práticos e precisos para prever recessões de fluxo entre os limites indicados em ambas as	O modelo é testado usando dados de 10 bacias da Nova Zelândia que são diversas em comportamento hidrológico de baixo fluxo e produz um Erro Mediano Absoluto (MAE) de 1 dia. Outro novo modelo também é desenvolvido para prever o tempo de recessão em uma bacia não medida usando características de captação e informações de curvas mestras de recessão em um conjunto de 10 bacias de referência geológica e hidrologicamente semelhantes à bacia não medida, conforme avaliado por um modelo Random Forest. O desempenho do

	bacias calibradas e não calibradas.	modelo é robusto com um MAE de 1 dia e os modelos avançam no uso de registros de fluxo anteriores para permitir a obtenção de previsões mais precisas. Eles podem ser aplicados em outros lugares com confiança, embora mais testes sejam desejáveis.
--	--	--

<p>Artigo 10 / Wufu, A. and Chen, Y. and Yang, S. and Lou, H. and Wang, P. and Li, C. and Wang, J. and Ma, L. / 2021</p>	<p>Neste estudo, calculamos a vazão do rio integrando seções transversais mapeadas usando veículos aéreos não tripulados (UAV) e dados de velocidade da água coletados em campo. Múltiplas imagens de sensoriamento remoto, como imagens Landsat e Sentinel-2, foram aplicadas para estimar a descarga de longo prazo de 19 seções de rios em regiões não medidas das Montanhas Tianshan.</p>	<p>Os resultados das descargas derivadas do UAV têm um NSE (eficiência de Nash-Sutcliffe) de 0,98, um RMSE (erro quadrático médio da raiz) de 8,49 m³ /s e uma taxa média de qualificação de 80% . A descarga mensal de seções fluviais dominadas por água de derretimento glacial mostrou uma diminuição média de 2,46% durante 1989-2019. O encolhimento e até desaparecimento das geleiras de montanha (aproximadamente 4,98 km²/ano) foram as principais razões para a tendência de queda. No entanto, as seções fluviais dominadas pela precipitação apresentaram um aumento médio de 2,27% no mesmo período. O aumento da precipitação (aproximadamente 1,93 mm/ano) foi a principal causa para a tendência de aumento. / Este estudo destaca a tecnologia de estação hidrológica de sensoriamento remoto e sua aplicação na previsão de longo prazo da vazão do rio, o que é crítico para a tomada de decisões sobre o gerenciamento integrado de recursos hídricos nas regiões alpinas.</p>
---	--	--