



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



As incertezas na tomada de decisão no processo de governança dos recursos hídricos

Rubia Girardi¹, Adilson Pinheiro², Camila Andréa Ramos³

¹ Doutora em engenharia ambiental pela Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), artigo desenvolvido dentro da tese de doutorado. Autora correspondente, ru.girardi@gmail.com

² Professor Doutor do curso de Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), pinheiro@furb.br

³ Doutora em engenharia ambiental pela Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), camilaandrear@hotmail.com

Artigo recebido em 07/05/2021 e aceito em 21/02/2022

RESUMO

O monitoramento sistemático da qualidade da água encontra-se incipiente nos países emergentes e em desenvolvimento, apesar desta informação ser base para a aplicação dos instrumentos da gestão dos recursos hídricos e ambiental. Desta forma, este trabalho traz uma reflexão sobre as incertezas relacionadas ao uso de dados oriundos de monitoramentos não sistemáticos da qualidade da água. Adicionalmente apresenta-se um estudo de caso no Estado de Santa Catarina onde são descritos os papéis do governo, ciência e sociedade. Foi possível identificar incertezas sistêmicas, ontológicas e ambiguidades nesse processo. No entanto, mesmo com incertezas diversas envolvidas e inter-relacionadas, questiona-se a perda para a gestão dos recursos hídricos que a falta de informação de qualidade causa. O Estado até o momento não possui diagnóstico espacializado e representativo da qualidade de água, desconhecendo-se quais são as bacias mais impactadas e por qual tipo de poluição hídrica.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, governança da água, monitoramento ambiental.

Uncertainties in the decision-making in the hydric resource governance process

ABSTRACT

The water quality systematic monitoring is incipient in the emerging and development countries. Although this information is base to environmental and hydric resources management instruments application. Therefore, this works proposes a reflection about uncertainty relation to data use of water quality no-systematic monitoring. Moreover, we present a case about Santa Catarina State, and we describe govern, science and society role. We identified systemics, ontologies and ambiguity uncertainty in this process. However, even if there is diversity and inter-relation uncertainty, we questioned the loss to hydric resource management because do not have water quality information. Santa Catarina State, until this moment, do not have water quality specialized and representative diagnostic.

Keywords: hydric resource management, water governance, environmental monitoring.

Introdução

O processo de governança dos recursos hídricos ocorre a partir da interface entre distintos atores e processos políticos (Barros e Naves, 2021), que se baseiam em valores como equidade e sustentabilidade do recurso. A cooperação para chegar a um coeficiente comum é fundamental, visto que o processo de governança pode envolver um grande número de atores com diferentes pontos de vista e interesses, em diferentes esferas e níveis (Lieberherr e Ingold, 2019).

Na governança da água muitas vezes a geração de conhecimento, para a tomada de decisão

informada, se dá pela cooperação técnica, necessitando uma forte articulação e interação entre esses atores, que vão dar o suporte aos tomadores de decisão. As interações sinérgicas entre diferentes modos de governança são essenciais para lidar com os desafios que compreendem a boa governança da água (Pahl-Wostl; 2019).

Para o exercício de uma boa governança, é fundamental que as políticas públicas de água integrem outras políticas (Grangeiro *et al.*, 2020), atuando tanto no campo ambiental como social. Assim, contribuem para a definição e

implementação dos objetivos de políticas públicas (eficácia), com o menor custo possível para a sociedade (eficiência), garantindo a inclusão das partes interessadas (confiança e engajamento) (Romano e Akhmouch, 2019).

A integração precisa acontecer com as políticas de uso e ocupação da terra, saneamento básico, meio ambiente e até mesmo com as políticas sociais para que minimizem a vulnerabilidade e injustiça (Fracalanza *et al.*, 2013).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), regulamentada pela Lei 9433/1997 assim como a Política Ambiental, Lei 6.938/1981, é subsidiada em um conjunto dos instrumentos, que são ferramentas que dão a aplicação desta (Marques *et al.*, 2022). Os instrumentos da PNRH podem ser classificados em regulatórios ou de comando e controle que são os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água e a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos. Há ainda um instrumento econômico que é a cobrança pelo uso de recursos hídricos e ainda um instrumento de informação: o sistema de informações sobre recursos hídricos (Brasil, 1997; Moura, 2016; Ribeiro e Hora, 2020).

É importante um olhar sistêmico sob os instrumentos da PNRH, analisando-os de maneira integrada para o efetivo gerenciamento de recursos hídricos. A outorga e a cobrança pelo uso da água, utilizam o enquadramento e o plano de recursos hídricos, que são documentos destinados ao planejamento, como referência. Para a elaboração da proposta de enquadramento, assim como do plano de recursos hídricos, são necessárias bases técnicas confiáveis e representativas, demonstrando assim, uma relação estreita e dependente com o SIRH.

O enquadramento dos corpos de água é o estabelecimento da meta de qualidade da água a ser obtida ou mantida, em um trecho do rio, de acordo com os usos preponderantes (ANA, 2020a; Bittencourt *et al.*, 2019). Esse instrumento da PNRH, assegura à água qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, assim como reduz o custo de combate à poluição, por meio de ações preventivas (ANA, 2013). No Brasil, a qualidade de água precisa estar de acordo com a finalidade de seu uso (Fraga *et al.*, 2021). A Resolução CONAMA nº 357 (2005) classifica os corpos de água por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade.

A PNRH, em seu primeiro objetivo descreve a importância de garantir a atual e as futuras gerações água com qualidade compatível com seu respectivo uso. O tema da qualidade da água é reforçado na primeira diretriz da PNRH onde consta a importância de não dissociar aspectos de qualidade com quantidade (Brasil, 1997).

O conhecimento de tendências de evolução da qualidade, viabilizando o diagnóstico do corpo de água, é dado por meio do monitoramento ambiental de longo prazo (Piazza *et al.*, 2018; ANA, 2020b). Desta forma, é importante que existam programas de monitoramento da qualidade da água para auxiliar o entendimento e proteção dos ambientes aquáticos além de quantificar mudanças ambientais; ou seja, são fundamentais para a tomada de decisão informada na Governança dos Recursos Hídricos (Jiang *et al.*, 2020).

Os programas de efetivação do enquadramento além do próprio plano de bacia, precisam de dados de qualidade de água para subsidiá-los (ANA, 2020b). Não obstante, estes dados podem ser usados para complementar a visão quantitativa da água e respeitar os usos múltiplos, em relação à outorga. Também é possível utilizá-los como condição de análise para a cobrança pelo uso da água, visando a preservação da qualidade da água. Objetivando-se a manutenção da classe dos cursos da água, os licenciamentos de empreendimentos existentes, assim como os novos, deveriam ter um olhar sob a qualidade da água por trecho dos rios. Para que isso ocorra, faz-se necessário que os órgãos ambientais e de gestão de recursos hídricos possuam ferramentas, como *softwares*, com informações de qualidade atualizadas, para visualizarem os empreendimentos, a classe do rio e a qualidade da água em cada trecho. Cabe ressaltar que a integração da gestão de recursos hídricos e gestão ambiental é uma das diretrizes gerais de ação da PNRH (Brasil, 1997).

Recursos financeiros e conhecimento científico são fundamentais, mas não suficientes para se ter um bom programa de monitoramento da qualidade da água (Behmel *et al.*, 2016; Altenburg *et al.*, 2019). A abordagem sistêmica é complexa, precisa do envolvimento das distintas partes interessadas. Nos países emergentes e em desenvolvimento, raramente há dados regulares e de longo prazo sobre os parâmetros de qualidade da água e, geralmente, os conjuntos de dados hidrológicos são incompletos, sem um programa

em nível nacional. Além disso, há o problema com recursos financeiros limitados (Chen *et al.*, 2012; Alilou, 2018) e acesso à tecnologia. Na maioria dos cursos de água no território brasileiro a qualidade da água somente pode ser avaliada a partir de séries de dados obtidos de forma dispersa no tempo e no espaço, originária de diferentes campanhas de monitoramento; compreendidos desta forma como monitoramentos não sistemáticos.

No Estado de Santa Catarina, a Vigilância Sanitária Estadual, Instituto do Meio Ambiente (IMA), órgãos ambientais municipais, assim como a Diretoria de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS) da Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável, exigem ações de automonitoramento. No monitoramento dos corpos da água estabelecidos pela Lei Estadual 14675/2009, o IMA exige o monitoramento dos corpos receptores e dos lançamentos de efluentes das empresas potencialmente poluidoras (CONSEMA, 2009). Assim como as empresas de abastecimento público que realizam semestralmente o monitoramento da qualidade de água dos mananciais utilizados (MS, 2017). Adicionalmente, há os concessionários autorizados de geração de energia, que enviam os dados de qualidade de água diretamente para a ANA (ANEEL; ANA, 2010). Contudo, apesar destas informações serem públicas, estas ainda não estão disponibilizadas de forma sistematizada, o que dificulta seu uso para a gestão ambiental e ou de recursos hídricos. Além disso, por se tratar de monitoramentos não sistemáticos, dispersos no tempo e no espaço, faz-se necessário o tratamento desses dados para estarem aptos à tomada de decisão.

É possível utilizar dados de qualidade da água, oriundos de monitoramentos não sistemáticos, para a gestão dos recursos hídricos (Knaesel, 2019). Os dados são frutos do automonitoramento realizado por empresas potencialmente poluidoras e de abastecimento público de água. Cabe ressaltar a importância da interação em nível estadual entre o órgão gestor de água; em Santa Catarina representado pela DRHS, com o órgão gestor do meio ambiente, neste caso, o IMA. Estes dados foram reunidos para realizar o diagnóstico e caracterização da qualidade da água superficial da maior bacia hidrográfica do Estado de Santa Catarina (Girardi *et al.*, 2017).

A qualidade atual da água, é a base para a realização do diagnóstico de uma proposta de efetivação do enquadramento de uma bacia hidrográfica (Knaesel *et al.*, 2020). Além disso,

para o acompanhamento das metas futuras de enquadramento, faz-se necessário a averiguação da evolução da qualidade por trechos. Sendo essa uma tarefa relacionada ao Comitê de Bacia, entidade que representa a sociedade civil. Como fruto deste processo, entre universidade, órgão gestor de recursos hídricos e ambiental, tem-se uma plataforma *web*, QUALI-SC, para uso colaborativo entre diversos usuários de água, universidades e institutos de pesquisa, e ainda os órgãos públicos que possuem relação com os recursos hídricos (Pinheiro *et al.*, 2017; Girardi, 2019).

Diante do exposto, este trabalho visa identificar e classificar incertezas inerentes ao processo de governança da água, baseando-se em um estudo de caso. Adota-se a hipótese que o monitoramento não sistemático da qualidade da água permite identificar e classificar as incertezas.

A partir do referencial teórico e a discussão de um estudo de caso no Estado de Santa Catarina, este trabalho objetiva realizar uma reflexão sobre as incertezas inerentes à governança dos recursos hídricos, especialmente em relação aos monitoramentos não sistemáticos da qualidade de água.

Referencial Teórico

Governança dos recursos hídricos

É amplamente aceito pelas organizações internacionais que vivemos uma crise de governança dos recursos hídricos (Romano e Akhmouch, 2019), tornando a boa governança o ideal a ser alcançado para solucionar a crise e estabelecer a segurança hídrica (Villar, 2015). De acordo com Turton *et al.* (2007) a governança “descreve a relação entre as pessoas, a interação entre elas e o contexto ambiental, e os princípios, regras e normas que são criados para orientar essas interações”

O termo governança sempre foi muito utilizado nas políticas públicas e no meio empresarial (Richard e Rieu, 2009), e somente a partir da década de noventa o termo foi incorporado na literatura sobre recursos hídricos (Villar, 2015). A governança da água pode ser definida como o processo de tomada de decisão informada que permite a interação entre os usuários concorrentes de um determinado recurso, a fim de equilibrar sua proteção com o uso benéfico, de forma a mitigar conflitos, aumentar a equidade, garantir a sustentabilidade e responsabilizar os gestores responsáveis (Turton *et al.*, 2007). Na governança colaborativa o processo e as estruturas de tomadas de decisões da gestão das políticas públicas

envolvem atores de outras esferas públicas e privadas e da sociedade civil para realizar um propósito público (Kirk e Nabatchi, 2015).

A governança da água possui aspectos estruturais (mecanismos, processos e instituições) e elementos de escala (internacional, política,

econômica e administrativa). Os processos que são exercício de direito, cumprimento de obrigações, mediação de conflitos e articulação de interesses; compõem a parte principal da governança, Figura 1 (Turton *et al.*, 2007).



Figura 1 - Conceito da governança da água

Fonte: Ramos (2017).

Turton *et al.* (2007) desenvolveram o modelo triálogo de governança, em que os atores envolvidos no processo são a sociedade, o governo e a ciência. Esses atores se relacionam e se articulam, estabelecendo interfaces. Cada grupo, forma interface com outro, existindo assim três interfaces de diálogo: governo-ciência, governo-sociedade e ciência-sociedade, Figura 1.

Na interface governo-ciência, o conhecimento científico gerado, forma a base da economia política e informa os processos de tomada de decisão por parte do governo; enquanto o governo facilita e permite o processo científico por meio de iniciativas políticas, disponibilização de recursos e orientação estratégica global. A interface governo-sociedade representa o atendimento por parte do governo das necessidades da sociedade, determina as exigências da sociedade e a permeabilidade do governo a novas ideias da sociedade civil e do mundo corporativo. Por fim, a interface ciência-sociedade acontece, principalmente, na forma como o conhecimento científico é difundido e inculcado na sociedade (Girardi *et al.*, 2017; Turton *et al.*, 2007).

A governança dos recursos hídricos é observada distintamente como processo e como produto. Os processos envolvem a articulação e a negociação entre os atores implicados, a fim de estabelecer as distintas interfaces. A governança

passa a existir somente quando ocorre a participação concreta de todos os atores envolvidos no processo. Cabe ressaltar que as normas e valores são parte fundamental da governança e precisam estar presentes no processo como um todo (Girardi *et al.*, 2017; Ramos, 2017). A governança como produto é vista como a qualidade da interação dos atores envolvidos, assim como do processo de governança (Turton *et al.*, 2007).

Diferente do conceito de governança da água, a gestão pode ser entendida como ações diárias específicas tomadas para garantir o uso estratégico e a proteção dos recursos hídricos. Na prática, a gama de atores que participam da gestão e o escopo das atividades envolvidas na gestão são frequentemente muito mais restritos do que aqueles envolvidos na governança (Villholth e Conti, 2018). Segundo FAO (2016) a governança estabelece os atores e determina como eles interagem; impulsiona a tomada de decisões com informação, e cria políticas e planos que definem por quê atividades são necessárias e quando elas devem ocorrer. Enquanto a gestão está relacionada às atividades que os atores fazem dentro da estrutura de governança relacionada ao desenvolvimento e proteção das águas.

O que distingue a gestão integrada de recursos hídricos da governança são os processos que são resultados da articulação e das interfaces

estabelecidas pelos grupos de atores. A governança cria um ambiente propício para o diálogo entre os atores baseada nos referidos processos, tornando-os efetivos e atingindo, então, os seus objetivos. A governança direciona, apresenta diretrizes, estabelece interface entre os atores e articula os interesses para que a gestão possa ser efetuada. Havendo uma gestão eficaz, é possível conquistar como resultado a boa governança (Ramos, 2017).

Incertezas na governança de recursos hídricos

Os processos de tomada de decisão, mesmo que informada, sempre possuem certo grau de incerteza, especialmente no contexto da governança de recursos hídricos (Dewulf e Biesbroek, 2018; Warmink *et al.*, 2017). Envolver mais amplamente a incerteza pode levar a processos políticos democráticos e transparentes. O uso da ciência na formulação de políticas é frequentemente influenciado por incertezas históricas, biofísicas, sociais e políticas. As incertezas são originárias do estado atual das coisas, o conjunto relevante de alternativas de decisão, as reações de outros atores da governança ou os desenvolvimentos futuros que possam afetar a questão em consideração (Dewulf e Biesbroek, 2018).

Um bom instrumento para planejamento dos recursos hídricos é o uso de cenários futuros. Estes devem trabalhar com abordagens não determinísticas, focando em futuros múltiplos. A abordagem probabilística em modelos qualitativos pode prover uma estimativa da probabilidade de cenários futuros, que podem auxiliar no direcionamento das discussões e investimentos de recursos (Nyamekye *et al.*, 2021; Vink e Van der Steen; Dewulf, 2016). A mistura de métodos de abordagem é necessária para analisar incertezas de sistemas social-ecológico complexo, porque estes sistemas estão sujeitos a mudanças constantes e não lineares. A divisão entre abordagem qualitativa e quantitativa é negativa porque limita a habilidade de visualização de diferentes forças e as sinergias dos métodos. Ademais, não contribui para a integração da política científica necessária para uma governança efetiva (Yung *et al.*, 2019).

Classificação das incertezas

As incertezas podem ser classificadas em epistêmica, ontológica ou ambiguidade. A incerteza epistêmica refere-se à falta de conhecimento sobre algum fenômeno, sendo uma característica do estado mental humano. É possível

avaliar o grau de incerteza epistêmica entre o conhecimento pleno e a ignorância total. Esse tipo de incerteza pode ser diminuído pelo conhecimento do fenômeno, buscando-se mais informações ou construindo melhores modelos (Dewulf e Biesbroek, 2018). Conhecimentos incompletos originados da imperfeição do saber podem ser reduzidos por pesquisas adicionais. Assim, relaciona-se com o que não se sabe até o momento, mas pode-se saber no futuro, com tempo e recursos suficientes para coletar informações adicionais. Ou seja, os dados podem ser imprecisos, mas podem ser melhorados por medidas mais precisas; ou ainda, as previsões que utilizam modelos podem ser melhoradas pelo desenvolvimento de novos sistemas (Van den Hoek *et al.*, 2014).

A incerteza ontológica refere-se aquela originária da variabilidade inerente ao fenômeno de interesse, de modo que seu comportamento caótico impede a previsibilidade total. A incerteza ontológica está relacionada mais a questões físicas, como a característica do mundo do que do conhecimento sobre o fenômeno. O intervalo relevante para avaliar o grau de incerteza ontológica de um fenômeno varia entre comportamento completamente determinístico e o outro extremo, completamente caótico. Por definição, a incerteza ontológica não pode ser reduzida fazendo mais pesquisas ou construindo melhores modelos sobre o fenômeno de interesse (Dewulf e Biesbroek, 2018). A imprevisibilidade é causada pelo comportamento caótico ou variável, inerente aos processos naturais, seres humanos ou processos sociais. A imprevisibilidade é diferente do conhecimento incompleto. Esta relaciona-se ao que não se pode saber e, portanto, não pode ser totalmente reduzida fazendo-se mais pesquisas (Van den Hoek *et al.*, 2014).

A ambiguidade é uma incerteza de um tipo diferente, pois não se trata de ter o conhecimento ou não, e sim sobre os atores a verem de forma diferente (Van den Hoek *et al.*, 2014). A ambiguidade refere-se à incerteza relativa à presença simultânea de múltiplas referências sobre o fenômeno de interesse. Assim, múltiplas referências estão relacionadas a múltiplos sentidos; sendo a ambiguidade uma característica de um "estado da sociedade". A clareza unânime e a confusão total formam o intervalo para avaliar o grau de ambiguidade. Ela não pode ser reduzida facilmente por mais informações ou pesquisas, mas sim por métodos que visam alinhar estruturas e apoiar a construção de sentido comum (Dewulf e Biesbroek, 2018).

Neste contexto, Dewulf e Biesbroek (2018) definiram a incerteza substantiva, estratégica e institucional. A incerteza substantiva refere-se à natureza do problema que é endereçado ao processo de governança ambiental e suas causas e soluções. A incerteza estratégica refere-se as escolhas estratégicas feitas pelos atores envolvidos no processo de governança. Em problemas altamente complexos, os atores são interdependentes quando se trata de tomar decisões sobre essas questões, mas geralmente têm ideias e interesses distintos em relação ao resultado do processo de tomada de decisão. A incerteza institucional refere-se às regras do jogo, formais e informais, que se aplicam no contexto de governança ambiental. As regras formais são descritas e explicitadas; enquanto que as informais não são explicitadas e possuem relação com formas de trabalho e culturas dentro das organizações (Dewulf e Biesbroek, 2018).

Incerteza e tomada de decisões

Uma resposta típica dos formuladores de políticas públicas é reduzir e, de preferência, eliminar a incerteza, vista como um problema que complica o processo de tomada de decisão. No entanto, trabalhar com a incerteza é inevitável na gestão de recursos hídricos. Desta forma, os formuladores de políticas devem empregar diferentes estratégias para lidar com esta questão e chegar a decisões aceitas pelos diversos atores (Warmink *et al.*, 2017).

Quando uma estratégia de enfrentamento de incerteza não funciona ou as condições do sistema mudam, outros pontos de intervenção e enfrentamento devem ser seguidos, oportunizando a adaptação, flexibilização e aprendizagem (Van den Hoek *et al.*, 2014; Warmink *et al.*, 2017). A identificação da fonte de incerteza leva a possíveis

estratégias para resolvê-la. No entanto, não há uma estratégia perfeita, diferentes estratégias precisam ser seguidas, incluindo a reflexão sobre a organização do próprio processo de formulação de políticas (Waring *et al.*, 2017).

Van den Hoek e colaboradores (2014) sugerem que, em vez de uma gestão padrão de incerteza rígida, esse tipo de projeto trabalhe com gestão de incerteza adaptada às condições de mudança. Comumente trabalha-se estimando a incerteza por modelos matemáticos desenvolvidos a partir de observações passadas e experiência do problema em questão. Essas análises podem ser complementadas pelas abordagens destinadas especificadamente para reduzir ou antecipar imprevistos (Merz *et al.*, 2015).

A forte fixação na certeza, resulta do fato de os atores não estarem abertos à incerteza ou estarem convencidos de sua própria verdade. Uma fixação na certeza pode ser incorporada na cultura de planejamento local, o que desafia o uso da adaptabilidade. A adaptabilidade funciona a partir da premissa da incerteza, assim uma fixação na certeza pode dificultar tal reconhecimento (Zandvoort *et al.*, 2019). A compreensão de trajetórias futuras é complexa e novas abordagens precisam ser adotadas para levar adiante a tomada de decisão e o planejamento adaptativo sob a incerteza profunda (Carvalho *et al.*, 2019).

Zandvoort e colaboradores (2019) sugeriram tratar a incerteza ao planejar questões de longo prazo por meio de uma relação conceitual, Figura 2. Eles utilizam a incerteza como ponto de entrada para analisar o processo de planejamento colaborativo de estratégias adaptativas de longo prazo. Este ponto de entrada permite criar percepções sobre a fixação na certeza, diferentes perspectivas e a existência de diferentes esferas que interagem e afetam a incerteza e a adaptabilidade.

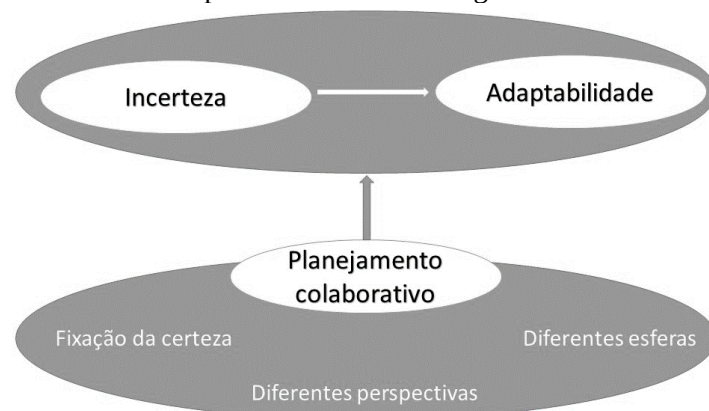


Figura 1 – Modelo conceitual da relação entre incerteza, adaptabilidade e planejamento colaborativo
Fonte: Zandvoort e colaboradores (2019, tradução nossa).

A gestão adaptativa é vista como uma alternativa para o paradigma convencional operacional que separa criação do conhecimento (pesquisa) e aplicação (gestão).

Esta é considerada uma base apropriada para direcionar incerteza, porque é sistêmica. A visão sistêmica estimula inclusão e integração das disciplinas do conhecimento, além da participação de uma gama de atores com diferentes pontos de vista, com potenciais epistemológicos e ontológicos distintos (Allan *et al.*, 2013). De acordo com Bouleau e Pont (2015) a gestão adaptativa utilizada para resolver problemas ambientais aparece como um caminho promissor para a recuperação dos corpos hídricos europeus, no contexto do marco da água, *Water Framework Directive* (WFD). A gestão adaptativa é uma abordagem estruturada para tomadores de decisão, apesar das incerteza e complexidade sobre o que estão gerenciando e os impactos de suas ações; é o aprender fazendo por meio de ciclos deliberados de experimentação, revisão e síntese (McLoughlin *et al.*, 2020).

O enfrentamento da incerteza requer flexibilidade dos formuladores de políticas, reflexão sobre os processos organizacionais e mudança nas perspectivas dos cientistas, formuladores de políticas e outras partes interessadas para cocriar uma base de conhecimento compartilhada. O compartilhamento de responsabilidades é apresentado como exemplo de transformação, levando a uma melhor implementação da política e diminuição da incerteza (Warmink *et al.*, 2017).

Variabilidade e incertezas no monitoramento da qualidade da água

Comumente, exigências metodológicas em relação à coleta, armazenamento e análise relacionada ao monitoramento dos recursos hídricos são negligenciadas. A NBR 9897, NBR 9898 e Guia nacional de coleta e preservação de amostras do CETESB, fornecem metodologia para as atividades de monitoramento da qualidade da água. Dentre as orientações está a coleta de amostras na seção transversal do rio e a meia profundidade. No entanto, em rios extensos e ou profundos, é orientado um número de pontos amostrais em distintas profundidades ao longo da seção transversal do rio. Para tal, necessita-se equipamentos como barco a motor e operador capacitado, exigindo um aporte financeiro maior, geralmente não disponível, especialmente nos

países em desenvolvimento e emergentes (Gonçalves e Fernandes, 2017).

A continuidade do monitoramento da qualidade da água origina bancos de dados extensos, com séries históricas de diversos parâmetros e pontos. Uma das formas de extrair informações é por meio da aplicação de métodos estatísticos. No entanto, em se tratando de algo relevante, ainda é incomum esta análise na literatura. Em estudos de qualidade de água não há uma forma clara e apropriada para definir relações de causa e efeito. Dados ambientais são passíveis de serem não aleatórios, dependentes, não homogêneos, não estacionários, sazonais, com ocorrência de eventos extremos, com impacto da urbanização e de outros fatores (Coelho *et al.*, 2017).

A variação temporal pode causar incertezas significativas no monitoramento da qualidade da água nos rios. Muitos fatores podem causar variabilidade nos parâmetros, incluindo perturbações antropogênicas, eventos hidrometeorológicos e como estes interagem na bacia de drenagem, assim como seus processos endógenos, como fluxos de água, movimento e interação com organismos em diferentes níveis tróficos (Anttila *et al.*, 2012).

Técnicas empíricas são úteis ao combinarem muitos fatores responsáveis pela incerteza em séries temporais, como perda de dados, não linearidade, padrões sazonais e cíclicos (Pezij *et al.*, 2019); no entanto, devem ser utilizadas com sensatez mínima nas avaliações de causa e efeito (Ferreira *et al.*, 2019). Desta forma, estratégias de monitoramento deveriam ser executadas com variações correspondentes às atividades diárias, semanais, ciclos anuais, sazonais, feriados e outros eventos significativos; como aqueles causadores de poluição difusa. No entanto, devido ao alto custo e as dificuldades intrínsecas do monitoramento e as lacunas do planejamento, o monitoramento típico envolve frequências de amostragens irregulares, somente em dias e horas úteis, que representam aproximadamente 24% do tempo em um ano (Coelho *et al.*, 2017).

Segundo Carré *et al.* (2017) há muitas dificuldades para reportar a condição de um curso da água, incluindo a lacuna do conhecimento sobre vários elementos usados para classificação. Na França a averiguação da qualidade de água dos corpos hídricos é realizada de várias formas. Dentre elas: por extrapolação dos cursos da água

vizinhos com pressões e características ambientais similares; por meio de modelos fazendo ligação entre pressões à montante da bacia, características ambientais, hidrológicas, climáticas e qualidade da água tanto biológica como química, que precisa ser validado; ou ainda baseado na avaliação de especialistas.

A variabilidade espacial ocorre entre os locais de amostragem em um corpo de água ou momentos de amostragem em um mesmo local, afetando a incerteza, juntamente com a variação temporal (Kotamäki *et al.*, 2019). A melhor maneira de limitar o viés humano é aprimorar habilidade na aplicação dos protocolos de amostragem e ferramentas de análise. Isso pode ser alcançado pelo uso de métodos padronizados. É necessário que os gestores de recursos hídricos utilizem ferramentas de avaliação biológica "estáveis", ou seja, que levem em conta a variabilidade natural das comunidades e não assinalam o mau estado por razões erradas. Normalmente, para os rios, um evento de alta vazão pode afetar drasticamente as comunidades, mas pode ser considerado como natural, desde que se ajuste ao ciclo hidrológico normalmente observado na escala (Reyjol *et al.*, 2014). Adicionalmente, ainda há as incertezas associadas ao aquecimento global e sua influência na mudança de condições de referência (Logez e Pont, 2013).

Na prática, o gestor de água toma a decisão final sobre o nível de incerteza aceito (Kotamäki *et al.*, 2019). Os tomadores de decisão podem se beneficiar de trabalhar não apenas com o valor médio, mas também com as probabilidades de cada classe, no caso do enquadramento por exemplo; possibilitando assim, selecionar mais intuitivamente as medidas de gestão apropriadas (Hering *et al.*, 2010; Reyjol *et al.*, 2014; Kotamäki *et al.*, 2019).

Um desafio geral para a gestão das bacias hidrográficas será a desagregação do processo de avaliação em várias etapas menores, que são realizadas por diferentes pessoas ou unidades. Deve-se ter cuidado para que as etapas individuais do procedimento de avaliação permaneçam conectadas e permitam uma interpretação informada dos dados. Os dados gerados precisarão ser transferidos para as autoridades responsáveis de uma maneira que permita a simples compreensão de procedimentos, resultados e suas incertezas. As decisões baseadas nos resultados da avaliação demandam investimentos significativos dos setores público e privado, e é essencial que os tomadores de decisão

recebam dados de monitoramento que tenham sido gerados de forma transparente (Hering *et al.*, 2018)

Material e métodos

Em função da importância que os monitoramentos não sistemáticos possuem para o país e as incertezas relativas a ele, iniciou-se o trabalho buscando-se o referencial teórico sobre as incertezas relacionadas à gestão de recursos hídricos. Pesquisou-se, em inglês e português, no portal de periódicos da CAPES as palavras-chave e correlatas: incerteza e gestão de recursos hídricos, incerteza e governança de recursos hídricos. Este levantamento foi realizado em maio de 2019.

Posteriormente foi feita uma reflexão, baseada na revisão da literatura, sobre os tipos de incertezas que estes monitoramentos geram para os tomadores de decisão na gestão da água. Esta é uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, objetivo descritivo. Pauta-se no método de documentação indireta, pesquisa documental e bibliográfica e estudo de caso (Lakato e Marconi, 2003).

Resultados e discussão

O processo de governança e os monitoramentos não sistemáticos

As políticas de água estão diretamente envolvidas a outros setores – saneamento, agricultura, saúde, meio ambiente, gestão de território (Borges *et al.*, 2019). Fazendo-se necessário um planejamento integrado entre os níveis de governo no intuito de minimizar as contradições e aumentar o diálogo (Trindade *et al.*, 2018).

A PNRH está intimamente ligada à Política Nacional do Meio Ambiente, não há como ter um meio ambiente equilibrado sem uma boa qualidade dos recursos hídricos, devendo haver ações coordenadas. O padrão de qualidade da água está relacionado às atividades econômicas desenvolvidas, logo o modo como o licenciamento ambiental analisará estas atividades potencialmente poluidoras repercute e interfere no enquadramento. Esta interação é importante, pois repercute tanto no desenvolvimento econômico da bacia hidrográfica quanto no desenvolvimento ambiental. Contudo na maioria das vezes os atores responsáveis pelo licenciamento ambiental encontram-se em esferas diferentes dos atores da gestão de recursos hídricos, o que dificulta a gestão da qualidade das águas (Figueiró e Volkmer, 2013).

Com o auxílio da ciência, foi possível realizar a integração entre as políticas ambiental e de recursos hídricos. A utilização da informação do automonitoramento da qualidade da água no Estado de Santa Catarina só foi possível graças trabalho conjunto da DRHS, do IMA e da Vigilância Sanitária Estadual. A partir de uma aproximação e intermediação por meio da universidade, os órgãos ambiental e de recursos hídricos alcançaram um resultado benéfico para ambos, trabalhando com os instrumentos de maneira integrada favorecendo a gestão integrada.

A partir do conceito da governança da água buscou-se uma solução. A governança enquanto processo baseia-se na articulação dos atores governo, sociedade e ciência. Neste caso o governo é representado pela DRHS, responsável pela gestão de recursos hídricos e pelo IMA, órgão ambiental na esfera estadual, e a Vigilância Sanitária Estadual. A sociedade é representada pelas empresas potencialmente poluidoras, de abastecimento público e os concessionários de geração de energia. Por fim, a ciência é representada pela universidade.

Os órgãos estaduais (governo) exigem que as empresas (sociedade) realizem o automonitoramento, porém estes dados não são tratados ou sistematizados, não sendo confiáveis e nem aplicáveis na tomada de decisão dos gestores. Como estes dados do automonitoramento requerem uma análise de consistência de dados mais elaborada, a universidade (ciência) propôs o tratamento e sistematização destes. Como resultado deste processo, a partir da articulação destes atores, obteve-se uma plataforma *web*, QUALI-SC, com dados disponíveis sobre o monitoramento da qualidade da água.

A boa governança é observada neste processo. A relação governo sociedade acontece quando o governo utiliza os dados das empresas para sanar uma lacuna necessária dentro do sistema de gestão, o que beneficia ambas as partes. A relação governo ciência se dá pela proposta da universidade de fornecer os recursos especializados ao tratamento e sistematização dos dados. O governo, por outro lado, dispõe os recursos financeiros para que isso aconteça. Desta forma, a ciência gera uma base de dados confiável para a que os gestores possam fazer a tomada de decisão informada. A relação ciência e sociedade se dá a partir do momento que a ciência percebe a necessidade de geração de conhecimento que beneficiará a sociedade e difunde este conhecimento a ela.

Incertezas na governança com o uso de monitoramentos não sistemáticos

Em relação às incertezas de origem natural, presentes rotineiramente em avaliações ambientais, pode-se vincular aportes extras para situações de coleta em momentos de alta vazão, importantes para o monitoramento da poluição difusa, mas mais desafiadores como trabalho de campo. Assim como os eventos de precipitação intensa. É relevante compreender que existem, mas tendo-se a noção da complexidade das mesmas e a forma de integrá-las e transmiti-las (Höller mann e Evers, 2019). Assim, a ciência é um ator importante em descrevê-la e repassá-la para os demais atores, especialmente aos tomadores de decisão, seja o governo ou a sociedade.

Quando tratam-se de incertezas técnicas pode-se associar com a instrumentação de campo e locais de coleta, já que estão associados com a intervenção no meio natural (Coelho *et al.*; 2019). No caso do monitoramento, poderia-se extrapolar e associar à questão logística entre campo e laboratório. Em relação ao sistema social, as incertezas vêm de diferentes aspectos: a) econômicos, em relação ao aporte econômico necessário para implantação de um programa de monitoramento como uso da mão de obra, manutenção de equipamento, pessoal qualificado para coleta, análise e avaliação de dados; b) culturais no sentido da execução de um bom trabalho, com rigor técnico necessário; c) político e jurídico em função da cobrança dos automonitoramentos em relação à periodicidade, parâmetros escolhidos, e envio dos laudos. Além disso, riscos sociais podem envolver o não monitoramento e quantificação de algum poluente relevante para a saúde pública, por exemplo.

Van den Hoek e colaboradores (2014) descrevem a importância de distinguir essas incertezas; natural, técnica e social, mas colocam que mais relevantes para a construção do conhecimento, é compreender que esses sistemas estão inter-relacionados e são interdependentes. Ou seja, as incertezas se somam (Chadwick *et al.*, 2022), e uma incerteza cultural relacionada ao rigor do trabalho de campo do pessoal envolvido, pode interferir no técnico, por exemplo, negligenciar a calibração de equipamentos.

A incerteza epistêmica pode ser reduzida (Dobson *et al.*, 2019), especialmente nos monitoramentos não sistemáticos. A implantação de procedimentos técnicos operacionais padrões nas diversas etapas de trabalho é um caminho importante para isso. Adotá-los e fiscalizá-los

desde a escolha do local de coleta, passando pelo tipo de amostragem e para os analitos que exigem trabalho laboratorial; armazenamento, preparo da amostra e análise da mesma. Além do mais, metodologias laboratoriais reconhecidas devem ser adotadas universalmente. A adoção dessas medidas deveria ocorrer, pelo menos em nível estadual, onde encontra-se a esfera de gestão dos recursos hídricos no Brasil. Desta forma, o órgão gestor ambiental e de recursos hídricos, teria condições de implantar esses procedimentos por meio de normas e resoluções para que, além da possibilidade de comparação de resultados no tempo e no espaço, seja possível também diminuir as incertezas epistemológicas.

Entretanto, mesmo adotando esses procedimentos, pode-se gerar uma incerteza epistemológica institucional; afinal, não se sabe como seria a reação dos laboratórios e empresas que executam os monitoramentos, ou seja, fica a questão se a execução dos procedimentos seria realizada conforme os procedimentos impostos. A incerteza tratada nesse caso é a epistêmica substantiva (Dewulf e Biesbroek, 2018). Também há incerteza epistêmica estratégica, onde, no exemplo exposto, seria conhecer quem atua em ações de automonitoramento no estado. Isto é, quem são as empresas potencialmente poluidoras, de abastecimento público, geradores de energia, laboratórios que estão direta ou indiretamente envolvidos nesses monitoramentos, Quadro 1.

Quadro 1 – Incertezas oriundas da utilização de monitoramento não sistemáticos

Objeto da incerteza	Epistêmica	Ontológica	Ambígua
Substantiva	A execução dos procedimentos seria realizada conforme os procedimentos impostos?	Imprevisibilidade da alteração da qualidade da água em função de chuvas intensas.	Agentes que levam a piora da água superficial: aumento da população ou dos lançamentos industriais?
Estratégica	Conhecer quem atua em ações de automonitoramento no Estado.	Como a sociedade irá reagir caso fique vários dias sem abastecimento de água?	A utilização dos monitoramentos já existentes na gestão pública da água, exime o Poder Público de implantar e monitorar os recursos hídricos?
Institucional	Adoção de metodologias laboratoriais reconhecidas universalmente, pelo menos em nível estadual.	Como seria o arranjo político em uma alteração da esfera do órgão gestor de estadual para municipal ou nacional?	O órgão gestor de recursos hídricos e ambiental na gestão da informação irão convergir para um caminho comum.

Por se tratar da gestão de um recurso natural, como a água, seja em rios, aquíferos, lagos, sempre haverá a incerteza ontológica inerente à variabilidade natural. Mesmo que se tenha conhecimento das questões físicas envolvidas, como a interferência do uso da terra ou a da sazonalidade na qualidade da água, há situações de imprevisibilidade, deflagrada pelo comportamento caótico dos sistemas naturais. Um dos exemplos é o não controle do local e da quantidade de chuvas, especialmente as intensas, que afetam a qualidade da água e comumente aumentam a turbidez da mesma, trazendo problemas aos sistemas de

abastecimento de água, gerando assim, além da incerteza ontológica de origem natural, dita por Dewulf e Biesbroek (2018) como substantiva.

No exemplo adotado, questiona-se como a sociedade irá reagir caso fique vários dias sem abastecimento de água. Gera-se assim, uma incerteza ontológica estratégica. Em relação à incerteza ontológica institucional, pode-se exemplificar como seria a alteração de esfera do órgão gestor de água, do estado para a nação, Quadro 1.

A ambiguidade é uma incerteza onde o conhecimento não a resolve, pois relaciona-se à

perspectiva dos atores, a interpretação da realidade por cada um e como essa afeta as suas decisões. Além do mais, a informação experiencial está ligada a perspectivas pessoais, intuição, emoções, crenças, know-how, experiências e valores (Pezij *et al.*, 2019). Assim, é importante a implantação de métodos para o esclarecimento e alinhamento das questões.

A ambiguidade substantiva pode ser exemplificada no contexto da qualidade da água, na compreensão dos agentes que levam a piora da qualidade de água, se decorrente do aumento da população ou dos lançamentos industriais, por exemplo. Em relação ao monitoramento em nível estadual, pode-se exemplificar a ambiguidade de origem estratégica na proposta apresentada de utilização dos automonitoramentos já existentes na gestão pública da água. Assim, reflete-se se a utilização por parte do órgão estadual gestor de recursos hídricos dos automonitoramentos das empresas potencialmente poluidoras, de abastecimento de água entre outras, para a gestão exime o Poder Público do seu papel de implantar um sistema estadual de monitoramento. E ainda, como ambiguidade institucional, pode-se descrever se a postura entre o órgão gestor de recursos hídricos e ambiental na gestão da informação da qualidade de água e no licenciamento de novos empreendimentos irá convergir para um caminho comum, Quadro 1.

Como demonstrado, as incertezas são influenciadas por pessoas e para serem minimizadas, as que são passíveis, exigem mudanças nos processos em geral. Além do mais, cabe destacar a importância da conscientização das incertezas por parte dos tomadores de decisão. Desta forma, gera-se um novo desafio para estes, que é como comunicar os atingidos que a resposta não é determinística, como fazer a ruptura deste paradigma? Segundo Warmink e colaboradores (2017), a solução é o compartilhamento da responsabilidade entre os atores. Sob a ótica do monitoramento não sistemático, a ciência trazendo as incertezas decorrentes e possíveis atenuações para o governo, este, filtrando e repassando de forma probabilística um retorno para a sociedade (Coelho, 2019).

Nesse processo deve-se precaver para que o diálogo entre ciência-governo ou governo-sociedade não dê margem para ambiguidade. Com o tempo, a incerteza que deve prevalecer desse tipo de trabalho é apenas a ontológica, pois com investimentos e desenvolvimento científico e tecnológico as incertezas epistemológicas tendem

a reduzir-se ao máximo. É positivo que trabalhe-se com a incerteza nos diálogos entre os atores envolvidos na governança para que os processos sejam colaborativos e com divisão de responsabilidade, fazendo com que os atores sintam-se envolvidos e atuantes no processo. Desta forma, é possível uma gestão adaptativa, necessária para resolução de problemas ambientais pelo fato de ter uma visão sistêmica do processo.

Mesmo que há incertezas diversas envolvidas e inter-relacionadas, chegando a valores expressivos como demonstrado por Coelho (2019), questiona-se a perda para a gestão dos recursos hídricos que a falta desta informação causa. O Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina (Governo do Estado de Santa Catarina, 1997), o Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina (Governo do Estado de Santa Catarina, 2006) e mesmo no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (Governo do Estado de Santa Catarina, 2017) não apresentaram diagnóstico espacializado e representativo da qualidade de água. Consequentemente Santa Catarina possui um conhecimento fragilizado de quais são as bacias mais impactadas e por qual tipo de poluição hídrica. Adicionalmente, também não se tem conhecimento de qual o tipo de poluição mais recorrente e onde e de que forma deve-se investir para controlá-la ou minimizá-la.

Considerações finais

Por meio de um planejamento colaborativo, incluindo as diferentes esferas que atuam direta ou indiretamente no monitoramento dos recursos hídricos, é possível respeitar e contemplar as diferentes perspectivas dos atores envolvidos no processo. Além de dar suporte à tomada de decisão informada tanto pelo órgão gestor de recursos hídricos como ambiental, outros atores também se beneficiam pelo uso de informações dos monitoramentos não sistemáticos.

Para o processo de criação de uma plataforma de armazenamento e compartilhamento de dados de qualidade da água no Estado de Santa Catarina foi necessário um grande esforço de articulação. No entanto, com um baixo investimento econômico e com retorno por meio de conhecimento disponível a todos os atores e *stakeholders*.

Para contemplar no processo de tomada de decisão as incertezas inerentes ao meio natural, social e técnico, é necessária uma visão de

adaptabilidade do processo por meio de um ciclo de melhoria contínua. Desta forma, é possível chegar a boa governança da qualidade dos recursos hídricos no Estado de Santa Catarina. E que este processo siga de modelo para os demais estados brasileiros consolidarem-se na aplicação dos instrumentos da PNRH.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESC (termo de outorga nº, 2016TR2525) pelo auxílio financeiro ao projeto intitulado “Programa de Efetivação do Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Itajaí” e a Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Santa Catarina pelo apoio operacional. O primeiro autor teve o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) na realização de doutorado sanduíche (processo 88881.190420/2018-01). O segundo autor agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade de pesquisa (processo 304475/2020-3).

Referências

- ANA - Agência Nacional de Águas. 2013. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Cadernos de capacitação em recursos hídricos, 5. Brasília: ANA
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2020a. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual. Brasília: ANA, 118 pp
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2020 b. Enquadramento dos corpos d'água em classes. Brasília: ANA 57pp
- ANEEL – ANA. Agência Nacional de Energia Elétrica - Agência Nacional de Águas. 2010. Resolução conjunta 10 de agosto de 2010
- Alilou, H.; *et al.* 2018. A cost-effective and efficient framework to determine water quality monitoring network locations. *Sci. Total Environ.* 624, 283-293
- Allan, C. *et al.* 2013. Climate change and water security: Challenges for adaptive water management. *Curr. Opin. Environ. Sustainability*, 5, 60,: 625–63
- Altenburg, R. *et al.* 2019. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. *Environ. Sci. Eur.*, 31 (12)
- Anttila S. *et al.* 2012. Assessing temporal representativeness of water quality monitoring data. *J. Environ. Monit.*, 14, 2, 589 – 595, 2012
- Barros, E.; Naves, F. 2021. Conflitos na governança hídrica da bacia do rio São Francisco sob a ótica da colonialidade de natureza. *Alemur*, 6, 1, 18-37
- Behmel, S. *et al.* 2016. Water quality monitoring strategies – A review and future perspectives. *Sci. Total Environ.*, 571, 1312 – 1329.
- Bitencourt, C.C.A. *et al.* 2019. Panorama do enquadramento no Brasil: Uma reflexão crítica. *REGA*, 16, 9, 1 - 14. <https://dx.doi.org/10.21168/rega.v16e9>
- Borges, L.A.C *et al.* 2019. O. Uso de instrumento de suporte à tomada de decisão para gestão dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais. *Caminhos de Geogr.*, 20, 72, 315–325
- BRASIL. 1997. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos
- Bouleau, G.; Pont, D. 2015. Did you say reference conditions? Ecological and socio-economic perspectives on the European Water Framework Directive. *Environ. Sci. Policy*, 47, 32–41
- Carré, C. *et al.* 2017 The Water Framework Directive's “percentage of surface water bodies at good status”: unveiling the hidden side of a “hyperindicator”. *Ecol. Indic.*, 78, 371–380
- Carvalho, L. *et al.* 2019. Protecting and restoring Europe's waters: An analysis of the future development needs of the Water Framework Directive. *Sci. Total Environ.*, 658, 1228–1238
- Chadwick, C. *et al.* 2021. Assessing Reservoir Performance under Climate Change. When Is It Going to Be Too Late If Current Water Management Is Not Changed? *Water*, 13 (64). DOI: <https://doi.org/10.3390/w13010064>
- Chen, Q. *et al.* 2012. Optimization of water quality monitoring network in a large river by combining measurements, a numerical model and matter-element analyses. *J. Environ. Manage.* 110, 116–124, 2012
- Coelho, M. *et al.* 2017. Statistical validity of water quality time series in urban watersheds. *RBRH*, 22, 1–13
- Coelho, M. 2019. Uncertainty Analysis in the Statistical and Stochastic Context of Water Resources Time Series. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de

- Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2019. 378 pp
- Coelho M. *et al.* 2019. Uncertainty analysis in the detection of trends, cycles, and shifts in water resources time series. *Water Resour. Manag.*, 33, 2629–2644
- CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente. 2009. Lei nº 14.675 de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento
- Dewulf A.; Biesbroek R. 2018. Nine lives of uncertainty in decision-making: strategies for dealing with uncertainty in environmental governance. *Policy Soc.*, 37, 4, 441–458
- Dobson, B. *et al.* 2019. How Important Are Model Structural and Contextual Uncertainties when Estimating the Optimized Performance of Water Resource Systems? *Water Resour. Res.*, 55, 3, 2170 – 219
- Kirk, E.; Nabatchi, T. 2015. Collaborative governance regimes. Washington, DC: Georgetown University Press
- FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. 2016. Global Diagnostic on Groundwater Governance
- Fraga, M. S. 2021. Avaliação da qualidade das águas superficiais na circunscrição hidrográfica do rio Piranga utilizando análise estatística multivariada e não-paramétrica. *RBGF*, 14, 02, 694-710
- Figueiró, F.; Wolkmer M.F.S. 2013. A Interface da Água enquanto Recurso Ambiental e Econômico e a sua Interconexão com a tutela do Meio Ambiente. *Revista Jurídica – CCJ*. 17, 34, 37 – 56
- Fracalanza, A.P. *et al.* 2013. Justiça ambiental e práticas de governança da água: (re) introduzindo questões de igualdade na agenda. *Ambiente Soc.*, 16, 19-38
- Girardi, R. *et al.* 2017. Utilização de monitoramentos não sistemáticos da qualidade da água para a governança da água em Santa Catarina. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22, 2017, Florianópolis – SC, Brasil. Anais
- Girardi, R. 2019. Monitoramento não sistemático da qualidade de água e seu potencial para utilização na gestão de recursos hídricos. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Brasil, 2019. 127
- Governo do Estado de Santa Catarina. 1997. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina: Diagnóstico geral, Florianópolis, SDM
- Governo do Estado de Santa Catarina. 2006. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Secretaria do Estado de Desenvolvimento Sustentável. Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina: Estudos dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implementação. [online]
- Governo do Estado de Santa Catarina. 2017. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina - PERH/SC. Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos de Santa Catarina. Cenário hídrico atual. [online] http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHR/I/Plano%20Estadual/etapa_b/PERH_SC_Cenar_io_atual_CERTI-CEV_2017_final-2.pdf.
- Grangeiro, E.L.A. 2020. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. *Cad. Metrop.*, São Paulo, 22, 48, 417-434
- Hering, D. *et al.* 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future. *Sci. Total Environ.*, 408, 19, 4007–4019
- Hering, D. *et al.* 2018. Implementation options for DNA-based identification into ecological status assessment under the European Water Framework Directive. *Water Res.*, 138, 192–205
- Höllermaier, B.; Evers, M. 2019. Coping with uncertainty in water management: Qualitative system analysis as a vehicle to visualize the plurality of practitioners' uncertainty handling routines. *J. Environ. Manage.*, 235, 213-223
- Jiping, J. *et al.* 2020. Comprehensive review on the design and optimization of surface water quality monitoring networks. *Environ. Model. Softw.*, 132
- Knaesel, K. M. 2019. Simulação de cenários de gestão da qualidade da água com modelagem hidrológica distribuída na Bacia do Rio Itajaí. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Brasil, 2019, 105

- KNAESEL KM et al. 2020. Scenarios of water quality management in watershed with distributed spatio-temporal simulation. RBRH, 25, 20
- Kotamäki, N. *et al.* 2019. A practical approach to improve the statistical performance of surface water monitoring networks. *Environ Monit Assess*, 191 – 318
- Lakatos, E.M.; Marconi, M. A. 2003. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas
- Lieberherr, E.; Ingold, K, *et al.* 2019. Actors in Water Governance: Barriers and Bridges for Coordination. *Water*, 11, 2, 326. DOI: <https://doi.org/10.3390/w11020326>
- Logez M.; Pont D. 2013. Global warming and potential shift in reference conditions: The case of functional fish-based metrics. *Hydrobiologia*, 704, 417–436
- Marques, G.F. *et al.* 2022. Os serviços de gestão de recursos hídricos. *REGA*, 19, 1 – 18. DOI: <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v19e1>
- McLoughlin C. A. *et al.* 2020. Reflexive learning in adaptive management: A case study of environmental water management in the Murray Darling Basin, Australia. *River Res Applic.*, 1 – 14
- MS - Ministério da Saúde (MS). 2017. Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde
- Moura, A. M. M. 2016. Aplicação dos instrumentos de política ambiental no Brasil: avanços e desafios. In: *Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas*. Brasília: IPEA, 2016 Organizadora: Adriana Maria Magalhães de Moura/ Brasília, 111 – 145
- Nyamekye, A. B. *et al.* 2021. Forecast probability, lead time and farmer decision-making in rice farming systems in Northern Ghana. *Clim. Risk Manag.*, 31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100258>
- Piazza. G. A. *et al.* 2018. Influence of hydroclimatic variations on solute concentration dynamics in nested subtropical catchments with heterogeneous landscapes. *Sci. Total Environ.*, 635, 1091-1101
- Pinheiro, A. *et al.* 2017. Sistema de apoio a gestão da qualidade da água no Estado de Santa Catarina, Brasil. In: *Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa*, 13, Porto – Portugal. Anais
- Pahl-Wostl, C. 2019. The role of governance modes and meta-governance in the transformation towards sustainable water governance. *Environ Sci Policy*, 91, 6-16
- Pezij, M. *et al.* 2019. The role of evidence-based information in regional operational water management in the Netherlands. *Environ Sci Policy*, 93, 75-82
- Ramos, C. A. 2017. Avaliação da governança da água subterrânea nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, Brasil, 2017, 193
- Reyjol, Y. *et al.* 2014. Assessing the ecological status in the context of the European Water Framework Directive: Where do we go now? *Sci. Total Environ.*, 497–498: 332–344
- Ribeiro, P. E. A. M.; Hora, M. A. G. M., 2020. Perspectiva dos 20 anos da lei nº 9.433/97: percepções dos comitês de bacia hidrográfica e dos órgãos gestores de recursos hídricos acerca do enquadramento de corpos d'água. *Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*, 4, 17, 228 – 237
- Richard, S.; Rieu, T. 2009. Uma abordagem histórica para esclarecer a governança da água. In: Jacobi, P.R.; Sinisgalli, P.A. (Orgs.). *Dimensões político institucionais da governança da água na América Latina e Europa*. São Paulo: Annablume, p. 227-243
- Romano, O.; Akhmouch, A. 2019. Water Governance in Cities: Current Trends and Future Challenges. *Water* 11(3), 500. DOI: <https://doi.org/10.3390/w1103050>
- Trindade, L.L. *et al.* 2018. Governança da Água: O Caso dos Comitês dos Rios Chapecó e Irani – SC. *Geosul*, 33, 68, 36-57
- Turton, A. R. *et al.* 2007. Towards a model for ecosystem governance: An integrated water resource management example. In: Turton, A. R. *et al* (Orgs.). *Governance as a dialogue: Government- Society-Science in transition*. Berlin: Springer
- Van den Hoek, R. E. *et al.* 2014. Analysing the cascades of uncertainty in flood defence projects: How “not knowing enough” is related to “knowing differently”. *Glob. Environ. Chang.*, 24, 373–388
- Villar, P. C. 2015. Aquíferos transfronteiriços: governança das águas e o Aquífero Guarani. Curitiba: Juruá

- Villholth, K. G.; CONTI, K.I., 2018. Groundwater governance: rationale, definition, current state and heuristic framework. In: VILLHOLTH et al. (Ed.) *Advances in Groundwater Governance*. Taylor & Francis Group, London, UK
- Vink, M. *et al.* 2016. “Dealing with Long-Term Policy Problems: Making Sense of the Interplay of Meaning and Power.” *Futures*, 76, 1 – 6. DOI: 10.1016/j.futures.2016.01.003
- Warmink, J.J. *et al.* 2017. *Coping with Uncertainty in River Management: Challenges and Ways Forward*. *Water Resour. Manag.*, 31, 14, 4587–4600
- Yung, L. *et al.* 2019. How Methods for Navigating Uncertainty Connect Science and Policy at the Water-Energy-Food Nexus. *Front. environ. Sci*, 7
- Zandvoort, M. *et al.* 2018. Dealing with uncertainty in collaborative planning: developing adaptive strategies for the IJsselmeer. *J. Environ. Plan. Manag.*, 568, 1–18.