



Revista Brasileira de Geografia Física

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



Gestão de Riscos Climáticos: Avanços e Desafios no Semiárido Nordeste^{1*}

José Welliton Silva do Nascimento¹, Mônica Cavalcanti Sá de Abreu², Ticiane Marinho de Carvalho Studart³

¹Doutorando pelo Programa de Pós-graduação em Administração e Controladoria da Universidade Federal do Ceará (UFC), Av. da Universidade, 2470-Benfica, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP.: 60020180, jwelliton@alu.ufc.br (<https://orcid.org/0000-0001-9274-6202>); ²Doutora em Engenharia de Produção, Professora do Programa de Pós-graduação em Administração e Controladoria da Universidade Federal do Ceará (UFC), Av. da Universidade, 2470-Benfica, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP.: 60020180, mabreu@ufc.br, (<https://orcid.org/0000-0001-9408-5604>); ³Doutora em Engenharia Civil, Professora do Departamento de Hidráulica e Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici – Bloco 713 (1º andar), Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP.: 60440900, ticiane@ufc.br, (<https://orcid.org/0000-0001-9317-3645>).

Artigo recebido em 31/12/2023 e aceito em 02/06/2024

RESUMO

O artigo explora os avanços e desafios para a incorporação da gestão dos riscos climáticos na gestão de recursos hídricos do Estado do Ceará, localizado na região semiárida brasileira. Tomando por base a abordagem teórica da gestão adaptativa, a pesquisa qualitativa foi realizada a partir da análise de documentos, observação não participante e entrevistas semiestruturadas com diversos atores envolvidos com a gestão hídrica do estado do Ceará. Os resultados da pesquisa indicam que uma evolução da gestão de recursos hídricos teve início com esforços para aumentar a oferta hídrica, por meio da construção de reservatórios e interligação das bacias hidrográficas, seguido do amadurecimento de reuniões de alocação dos diversos usos da água. A pesquisa identificou a necessidade de implantar programas de capacitação dos técnicos dos órgãos gestores e usuários da água, ampliar a colaboração entre os governos Federal e Estadual na concepção plano de gestão de riscos climáticos contemplando as particularidades dos municípios localizados nas bacias hidrográficas. O trabalho contribui com a proposição de um framework de gestão de riscos climáticos, envolvendo as etapas de mitigação, preparação, respostas e recuperação e, com atribuições da governança nos níveis federal, estadual e municipal, que desencadeiam ações de curto, médio e longo prazo para lidar com eventos hidrológicos extremos. A gestão de riscos climáticos requer o fortalecimento da gestão de recursos hídricos por meio da participação social.

Palavras-chave: Governança, Gestão de Risco, Avanços, Desafios, Ceará.

Climate Risk Management: Advances and Challenges in the Northeastern Semiarid Region

ABSTRACT

This paper explores the advances and challenges for incorporating climate risk management into the governance of water resources in the State of Ceará, located in the Brazilian semi-arid region. Based on the theoretical approach of adaptive management, qualitative research was carried out based on document analysis, non-participant observation, and semi-structured interviews with various actors involved in water governance in Ceará. The research results indicate that an evolution of the water governance model began with efforts to increase water supply by constructing reservoirs and interconnection of river basins, followed by the maturation of meetings to allocate the various water uses. The research identified the need to implement training programs for technicians from water management bodies and users to expand collaboration between the Federal and State governments in designing a climate risk management plan, taking into account the particularities of the municipalities located in the river basins. The work contributes to the proposition of a climate risk management framework involving the stages of mitigation, preparation, recovery, and responses, with governance responsibilities at the federal, state, and municipal levels, which trigger short-, medium-, and long-term actions to deal with extreme hydrological events. Climate risk management, therefore, requires an adaptive governance strategy that strengthens local skills and social participation.

Keywords: Governance, Risk Management, Advances, Challenges, Ceará.

^{1*} Projeto Financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)

Introdução

Aproximadamente 3,6 bilhões de pessoas vivem em contextos vulneráveis às alterações climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2023), que são influenciadas por fenômenos que afetam diretamente os padrões e a intensidade dos riscos climáticos, como eventos hidrológicos extremos de secas e inundações (Costella et al., 2023). As regiões semiáridas são vulneráveis, em virtude das alterações nos níveis de precipitações, na degradação do solo e dificuldade do desenvolvimento da agricultura, na insegurança alimentar, na intensificação da pobreza, na escassez hídrica, ocasionando a diminuição da capacidade de adaptação aos riscos climáticos (Tulu, Gadissa, & Hundessa, 2023).

A região semiárida brasileira abriga 28,91% da população (Marengo et al., 2017) e sofrerá com o aumento da incidência e da intensidade de eventos extremos de secas (IPCC, 2019; Nabinejad & Schüttrumpf, 2023). Devido a deficiências naturais na precipitação ou no fluxo dos rios, durante as secas os sistemas hídricos naturais ou geridos não conseguem fornecer água suficiente para satisfazer os usos humanos e ambientais estabelecidos (Institute for Water Resources (IWR), 1995, p. 13). O Estado do Ceará possui mais de 98% do seu território em área semiárida, o que o torna um estado extremamente vulnerável às secas (Studart et al., 2021). A variabilidade climática dos regimes de chuvas introduz um risco operacional nos sistemas de recursos hídricos e exige uma maior eficiência no processo de alocação de água² ou pode demandar a construção de reservatórios que armazenem água dos anos úmidos para ser utilizada nos anos secos (Souza Filho, 2022).

A crescente complexidade em assegurar a segurança hídrica, demanda um gerenciamento mais flexível e ajustável para lidar com riscos climáticos (Dias, Pessoa, & Teixeira, 2022). O planejamento antecipado precisa incluir três elementos principais: o monitoramento e alertas precoces, análises dos riscos, mitigações e respostas (De Nys e Engle 2014). No entanto, os atuais sistemas de alerta precoce de seca não levam em conta a dinâmica das vulnerabilidades regionais e que possam monitorar e orientar

decisões (Shyrokaya et al., 2024). Os desafios que impedem a junção entre teoria e práticas, nos sistemas de alertas precoce de secas incluem: considerações inadequadas das dinâmicas espaços-setoriais da vulnerabilidade e exposição ao risco climático; negligências sobre como as atividades humanas influenciam a propagação da seca; simplificação excessiva da tipologia da seca apenas para meteorológica; confiança nos modelos de previsão convencionais; além da ausência de dados com as limitações setoriais e geográficas da região monitorada (Shyrokaya et al., 2024).

Existe, portanto, uma lacuna no desenvolvimento de ferramentas que permitam aos gestores tomadas de decisões antecipadas e com a menor probabilidade de erro (De Araújo Júnior et al., 2023). Os sistemas de alerta precisam de iniciativas que respondam de maneira antecipatória, desenvolvendo uma gestão das situações de seca fundamentada em planos de preparação, adaptação e promoção de respostas climáticas que englobam ações de curto e longo prazo, e que sejam orientadas para o local e adequadas ao contexto de incerteza climática (Fischer, 2021).

Como base no exposto, esse artigo foca na resposta à seguinte pergunta de pesquisa: *Como a gestão de riscos climáticos pode ser incorporada na gestão de recursos hídricos?* O estudo avalia a evolução dos arranjos institucionais da gestão dos recursos hídricos que ocorreu no Estado do Ceará, iniciando com a gestão da oferta, seguido pelas gestões da demanda e dos conflitos. No entanto, a incorporação da gestão dos riscos climáticos, demanda uma mudança institucional, por meio de regulamentos específicos, onde os agentes estabelecem transações econômicas e relações políticas e sociais de modo coordenado e integrado (Pires & Gomide, 2014).

O trabalho propõe um framework que integra as dimensões de mitigação, preparação, respostas, recuperação dos riscos climáticos de seca e as atribuições da governança federal, estadual e local. O processo de interação entre os atores possibilita a convivência com eventos climáticos extremos. O artigo considera a necessidade de arranjos flexíveis, na preservação da memória, na aprendizagem com os eventos passados, permitindo uma identificação científica da recorrência, preparação e a mitigação dos eventos de secas (Alexandra, 2022).

²“Alocação de água é um processo de divisão da água, entre indivíduos com interesses diversos (abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação etc.)” (Oliveira, 2023, p. 6)

Materiais e métodos

A pesquisa adotou abordagem qualitativa por meio da estratégia do estudo de caso simples (Yin, 2016), que é particularmente adequada para a compreensão da dinâmica que opera em ambiente único (Eisenhardt 1989). O semiárido nordestino possui uma extensão superficial de 149.325 km², tendo por coordenadas geográficas a seguinte posição: 4°, 46', 30", de Latitude Sul, e 37°, 14', 45", conforme apresentado na Figura 1. Segundo Nogueira Filho et al. (2022), a região apresenta clima predominantemente semiárido, com a maior parte das chuvas concentradas em 3 ou 4 meses, alcançando menos de 500 mm anuais em algumas regiões, e com evapotranspiração de mais de 2000 mm anual.



Figura 1. Delimitação do Semiárido.

Inicialmente baseou-se em dados secundários para definir o cenário institucional para a compreensão da gestão dos recursos hídricos e a gestão dos riscos climáticos. Examinaram-se os planos de bacias e planos de gestão de secas, e para a coleta de dados primários foram realizadas 28 entrevistas semiestruturadas, entre agosto de 2022 e março de 2023, totalizando em 36 horas e 46 minutos, conforme apresentado

no quadro 1. Os questionários foram estruturados em duas seções, e as perguntas eram adaptadas para cada ator entrevistado. Na primeira seção, “gestão dos recursos hídricos”, pediu-se aos entrevistados que explicassem o processo de evolução da gestão hídrica no Estado do Ceará, os principais eventos e como as práticas de gestão hídrica são definidas pelo comitê e como as informações fornecidas auxiliam nas decisões nas reuniões de alocação de água para múltiplos usuários. Na segunda seção “gestão de riscos climáticos” foi solicitado aos entrevistados que descrevessem como as informações fornecidas pelos comitês de bacias auxiliam na gestão de riscos e previsão das secas, e como esses riscos são levados em consideração na tomada de decisões durante as reuniões dos comitês de bacias.

A pesquisa também contemplou a observação não participante na reunião ordinária do comitê de bacias do Salgado, na cidade do Crato, para aprovação do Plano de Bacias. Essa reunião proporcionou observar os processos de tomada de decisão na elaboração dos planos de bacias e a articulação dos atores em torno das tomadas de decisões na gestão dos recursos hídricos. Os dados foram triangulados a partir de múltiplas fontes – entrevistas semiestruturadas, documentos, e observações não participantes. O tratamento e análise das entrevistas basearam-se na análise de conteúdo (Bardin, 2016), que ocorreu em três etapas: (1) codificação das transcrições das entrevistas; (2) análise descritiva e codificação dos dados da pesquisa; e (3) comparação e integração dos resultados das entrevistas e dos resultados da pesquisa.

Adotou-se um processo iterativo que gradualmente aprofundou e conectou os insights que se desenvolveu durante a coleta de dados, no qual temas emergentes foram identificados, sugerindo conceitos que poderiam ajudar a descrever como a gestão de riscos climáticos está sendo inserida na gestão dos recursos hídricos. O *software NVivo 12* foi utilizado para organizar e codificar as entrevistas, permitindo maior esclarecimento e preenchimento da lacuna da pesquisa.

Quadro 1. Atores entrevistados

Ano	Fonte	Detalhe da fonte	Classificação	Quantidade(s)
2022	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH (Fortaleza)	Gerente de Operações e Outorgas	E3	1 entrevista
		Diretor de Planejamento	E4	1 entrevista
	Entrevistas com informantes de campo	Ex-Secretário de Recursos Hídricos do Ceará	E1	1 entrevista
		Ex-presidente da Associação de Brasileira de Recursos Hídricos	E2	1 entrevista
		Diretora de Meteorologia da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)	E5	1 entrevista
2023	Gerência Regional da Cogerh (Pentecoste)	Técnica de Participação Popular	E8	1 entrevista
		Técnico de Operações	E9	1 entrevista
	Comitê de Bacia do Curu (Pentecoste)	Secretária do Sind. dos Trab. Rurais	E6	1 entrevista
		Presidente do Sind. dos Trab. Rurais	E7	1 entrevista
		Presidente da Colônia de Pescadores	E11	1 entrevista
		Vereador da Câmara Mun. de Pentecoste	E10	1 entrevista
		Técnico de Operações do Dep. Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS)	E12	1 entrevista
		Presidente do Perímetro de Irrigação	E13	1 entrevista
		Secretário de Meio Ambiente	E14	1 entrevista
		Presidente da Agência de Des. Econômico Local (ADEL)	E15	1 entrevista
		Presidente da Assoc. dos Eng. de Pesca	E16	1 entrevista
	Gerência Regional da Cogerh (Crato)	Gerente Regional da Cogerh	E18	1 entrevista
		Técnico de Participação Popular	E19	1 entrevista
		Técnico de Operações	E20	1 entrevista
	Comitê de Bacia do Salgado (Município de Crato)	Presidente do Comitê de Bacia	E17	1 entrevista
		Presidente da Sociedade Anônima de Água e Esgoto do Crato (SAAEC)	E21	1 entrevista
		Fiscal da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE)	E22	1 entrevista
		Secretário Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte	E23	1 entrevista
		Professores da Universidade Federal do Cariri (UFCA)	E24 e E25	2 entrevistas
		Engenheiro de Abastecimento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE)	E26	1 entrevista
		Fiscal do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)	E27	1 entrevista
		Representante da URCA (Crato)	E28.	
2023	Observação não participante	Workshop para elaboração do Plano de Bacias do Salgado		240 minutos
2023	Análise documental	Relatórios de Gestão, Planos de Bacias e Planos de Secas		5 documentos

No início, focou-se especialmente em entender os avanços da gestão hídrica do Ceará. Assim, à medida que as codificações continuavam, começou-se a notar padrões nas falas dos entrevistados. Os achados da pesquisa indicam que uma evolução do modelo de gestão hídrica teve início com esforços para aumentar a oferta hídrica, por meio da construção de

reservatórios e interligação das bacias hidrográficas, seguido do amadurecimento de reuniões de alocação dos diversos usos da água. A pesquisa identificou a necessidade de implantar programas de capacitação dos técnicos dos órgãos gestores e usuários da água, ampliar a colaboração entre os governos Federal e Estadual na concepção plano de gestão de riscos climáticos

contemplando as particularidades dos municípios localizados nas bacias hidrográficas.

Resultados e discussão

Nesta seção, analisam-se os principais achados da pesquisa, e como eles corroboram ou contradizem com a literatura, destacando a evolução na gestão dos recursos hídricos, iniciando com a gestão da oferta, seguido da gestão da demanda e dos conflitos, até a incorporação dos riscos climáticos de seca.

Avanços na Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Ceará

Gestão da Oferta

Conforme apresentado no quadro 2, até os anos 90, as ações e esforços realizados pelo

Governo do Ceará, para o desenvolvimento do estado e no enfrentamento aos efeitos das secas, ocorreram no sentido de **aumentar a oferta hídrica** por meio da expansão da capacidade do sistema hídrico, com a **construção de reservatórios para armazenamento de água**.

No entanto, os investimentos em infraestrutura relacionada à água até a década de 90 criaram uma falsa impressão de uma solução definitiva para lidar com as secas, independentemente da sua severidade. Segundo as entrevistas, “no Ceará, apesar dessas infraestruturas que foram criadas, ele não tem rio perene” (E25). O estado teve que fazer muitas obras estruturantes como, por exemplo, a construção de grandes açudes, “tudo isso já foi resultado e são políticas mais relacionadas à infraestrutura, parte do sistema de gestão de recursos hídricos” (E20).

Quadro 2. Evolução nas práticas de gestão de recursos hídricos no Estado do Ceará

Período	Características	Práticas de Gestão de Recursos Hídricos
Até 1990	Gestão da oferta	Construção de reservatórios para armazenamento de água.
1990 a 2010	Gestão da demanda	Criação da Política Estadual de Recursos Hídricos em 1992 (instituída a Outorga de Direito de Uso, Cobrança pela Água e a criação dos Comitês de Bacia). Implantação das reuniões sobre alocação de negociada água; Implantação da Outorga do direito do uso da água; Fiscalização do uso da água outorgada.
2010 a 2020	Gestão dos conflitos	Criação do Grupo de Contingência. Criação do Monitor de Secas.
2020 - Atual	Incorporação de riscos climáticos	Criação do Programa Cientista Chefe Recursos Hídricos; e Criação do Plano de Gestão Proativa de Secas.

Gestão da demanda

A partir da década de 90, houve a preocupação com a **gestão do aumento da demanda** (quadro 2). Este aumento aconteceu, segundo os entrevistados, em virtude do desenvolvimento do estado e da entrada de novos atores, tais como usuários, sociedade civil, poder público federal, estadual e municipal, que exercem forças institucionais dentro dos comitês de bacias.

Para tanto, ao longo dos anos, foram desenvolvidos mecanismos de gestão da demanda. Estes mecanismos buscavam dar respostas ao aumento da demanda de água, através das diminuições de perdas e identificação dos instrumentos econômicos e não econômicos a serem efetivados durante os períodos de escassez. Foram criadas reuniões de alocação negociada de água, criados o sistema de licenciamento de água e a implantação da fiscalização do uso da água.

As **reuniões de alocação negociada de água** foram implementadas no Ceará a partir de 1994, por meio de uma metodologia (E3), que acontece no meio do ano, depois do período chuvoso (E19), com a Cogerh informando aos usuários de água sobre os níveis de armazenamento e apresentando cenários de níveis futuros dos reservatórios. Com base nas decisões tomadas nas reuniões de alocação negociada de água, as cinco Regiões de Bacias Hidrográficas (RBC) do Rio Jaguaribe: Baixo, Médio, Alto Jaguaribe, Salgado e Banabuiú se reúnem com a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) para discutir a destinação da água da barragem do Reservatório Castanhão para os diversos usos e às projeções de chuvas para o ano seguinte, através da demonstração dos modelos de vazões máximas e mínimas e de outorgas concedidas (E3), para atender à demanda dos usuários através da utilização otimizada dos reservatórios geridos pela Cogerh.

Portanto, as reuniões de alocação negociada de água estão associadas à definição eficiente de como os recursos hídricos são alocados para os diversos usos de maneira eficiente e equitativa, através de um processo de tomada de decisão seguindo as políticas nacional e estadual de recursos hídricos.

Com a criação **da outorga do direito de uso da água**, a COGERH recebe a solicitação do usuário e concede o direito de usar um volume de água durante um período pré-determinado. *“É um instrumento poderoso, porque ele é a primeira porta do monitoramento da água”* (E1), que *“vem sofrendo também ao longo do tempo uma transformação visando a facilitação da regularização [do uso da água]”* (E3) *“para aprimorar a questão do controle e saber qual é a demanda [real] das bacias hidrográficas”* (E4) e a disponibilidade de água *“nos municípios que tem seu abastecimento por açudes”* (E19).

No entanto, segundo as entrevistas, esse sistema *precisa melhorar a legitimidade na participação* (E23), o *fortalecimento da outorga* (E19) como um instrumento de gestão (E21) e, outro grande desafio é a *questão de educar as pessoas para elas saberem a necessidade de solicitar a outorga* (E26), para melhorar a gestão da demanda.

A implantação da **fiscalização do uso da água**, refere-se a cobrança por qualquer uso da água que está sujeito à outorga, independentemente de o usuário possuir outorga ou não. Porém, *apesar do aumento da fiscalização e do aparato tecnológico que tem hoje* (E3) *observa-se que ainda há dificuldades de uma fiscalização* (E4) *mais efetiva* (E13). *Então essa baixa fiscalização resulta em uma péssima ou uma baixa distribuição de água* (E27), pois alguns usuários podem retirar uma quantidade maior do que o permitido e prejudica a alocação de água para outros fins.

Gestão dos Conflitos

De acordo com as falas dos entrevistados, a partir da entrada de novos atores, surgiram novas demandas por água e, conseqüentemente, aumentam os conflitos por ela. Assim, é necessário um conjunto de respostas para identificar os conflitos potenciais que podem ocorrer em períodos de secas e o desenvolvimento de ferramentas sociais e legais adequadas para lidar com as consequências da escassez hídrica (quadro 2). No estado do Ceará foi criado o grupo de contingência e o monitor de secas.

A criação do **grupo de contingência** aconteceu no auge da seca que ocorreu de 2012 até 2018, com o objetivo de desenvolver ações de convivência com a seca, abrindo oportunidades de aprendizado, facilitando a troca e disseminação de informações, bem como a intensificação do monitoramento hidrológico, coleta e processamento de informações sobre a qualidade, disponibilidade da água. O grupo tem o objetivo de reorganizar e conviver com os conflitos pelos diversos usos da água no contexto de constante escassez hídrica e sobre as incertezas do clima (E5).

A criação do **monitor de secas** começou a operar em julho de 2014, com foco na Região Nordeste, buscando incentivar o diálogo no país e para aprimorar a política e a gestão da seca. O monitor das secas atendeu a necessidade de uma resposta governamental coordenada envolvendo as esferas administrativas - federal, estadual e municipal - não só na forma de respostas emergenciais às secas, mas também por uma perspectiva de longo prazo, como *uma ferramenta de monitoramento regular e periódico das condições de seca em parte do país, cujos resultados são divulgados através do mapa de monitoramento de secas* (E5).

Esse monitoramento é realizado pela Funceme, que também realiza a sistematização e a transformação dos dados em informações climáticas por meio das previsões de curto e médio prazo (E5), bem como na identificação e espacialização dos potenciais impactos das mudanças climáticas no estado, *“porque a gente nunca sabe qual o nível de severidade que vai ser essa estiagem”* (E20).

Portanto, trata-se de um método de monitoramento sistemático e repetitivo da condição de escassez hídrica, cujos resultados consolidados são anunciados mensalmente por intermédio do Mapa do Sistema de Observação de Estiagens, com métricas que espelham o curto prazo (últimos 3, 4 e 6 meses) e o longo prazo (últimos 12, 18 e 24 meses).

Proposta de gestão de riscos climáticos

Uma proposta de **gestão de riscos climáticos** vem sendo incorporada a atual gestão de recursos hídricos, através de conjuntos de respostas aos eventos extremos visando a elaboração de planos de ação pró-ativos e integrados, visando reduzir a vulnerabilidade aos riscos climáticos e orientar as tomadas de decisões antes, durante e depois da ocorrência de eventos

extremos. Baseia-se, portanto, no fortalecimento das instituições e na mitigação dos efeitos adversos. As principais práticas envolvem as ações ligadas ao Programa Cientista Chefe Recursos Hídricos, como os Planos de Gestão Proativa de Seca.

O **Programa Cientista Chefe**, criado pelo Governo do Estado do Ceará, tem como objetivo unir o meio acadêmico e a gestão pública. Através dele, equipes de pesquisadores trabalham nas secretarias ou órgãos mais estratégicos do Governo do Estado para identificar soluções de ciência, tecnologia e inovação que podem ser implantadas para melhorar os serviços e, desta forma, dar mais qualidade de vida para a população. No caso da área de **Recursos Hídricos**, foi criada uma parceria do governo do estado com a Universidade Federal do Ceará (UFC), para a formulação de políticas públicas e discutir questões técnicas, ambientais e sociais do estado, através da conciliação e reformulação dos contextos institucionais, hidrológicos e as legislações relativas à gestão dos recursos hídricos do estado. O programa adotou a estratégia para compartilhar informações entre os atores que compõem a gestão de recursos hídricos e incluiu a realização de fóruns de discussão presenciais, on-line e híbridos nas reuniões dos comitês de bacias para a elaboração dos planos de bacias hidrográficas.

Neste sentido, observou-se mudanças nas instituições reguladoras da gestão de recursos hídricos do estado, para acomodar os debates das bacias hidrográficas, diretrizes foram definidas, práticas foram implementadas e foi elaborado o Plano de Gestão Proativa de Secas.

O **plano de gestão proativa de seca** busca elaborar uma estratégia de planejamento em

âmbito estadual com o objetivo de definir e coordenar ações e recursos para situações de seca (Ceará, 2023b), caracterizando-se por ser uma ferramenta de gestão para reduzir os impactos da seca, por meio de um sistema de alerta precoce (De Assis Souza Filho et al., 2023), para planejar as operações das regiões/bacias hidrográficas, sendo destinado à preparação e à ocorrência dos eventos extremos de secas, por meio de diretrizes, estratégias e informações para mitigar, prevenir, e respostas aos eventos extremos de secas. Portanto, pode ser definido como um plano de operações em curto prazo, com as definições das normas de alocação negociada de água durante períodos de escassez, buscando garantir a os diversos usos e para as cidades (Ceará, 2023a).

Nesse contexto, uma gestão mais proativa de secas, de forma a evitar conflitos relacionados aos variados usos da água, por meio da geração de conhecimentos a disponibilização de informações que permita determinar com precisão se haverá quantidade suficiente de água para suprir as futuras demandas em situações de escassez hídrica.

Por fim, o gerenciamento de riscos está ligado ao fornecimento de conhecimentos, das previsões e prognósticos meteorológicos, climáticos, e na identificação de sistemas suscetíveis com a aplicação de medidas preventivas em situação de eventos extremos.

Desafios na Incorporação da gestão de riscos climáticos na gestão de recursos hídricos

O quadro 3 apresenta uma síntese dos principais desafios enfrentados pelo Ceará para a incorporação da gestão dos riscos climáticos na gestão dos recursos hídricos.

Quadro 3. Desafios na incorporação da gestão de riscos na gestão dos recursos hídricos.

Gestão de Riscos Climáticos			
Fase	Elementos	Avanços	Desafios
Gestão da Oferta	Disposição de infraestrutura hídrica para os seus usos	Disposição de reservatórios, poços e adutoras para captação e distribuição no território	Inclusão da população difusa na rede de distribuição
Gestão da Demanda	Monitoramento quantitativo e qualitativo da água	Dados disponíveis em sites, nas redes sociais e nas reuniões dos comitês de bacias	Persistência da subnotificação de outorgas e da demanda real
	Fiscalização	Fiscalizações pelos usos da água são feitas pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH)	Pouca fiscalização no interior do estado
	Arranjo institucional	Política Estadual de Recursos Hídricos estabelecida e consolidada	Fortalecimento da atuação dos municípios nos comitês de bacias

Gestão de Conflitos	Mecanismos de participação social	Amadurecimento das reuniões de alocação negociada de água para gestão de conflitos.	Formalizar através de um instrumento legal a alocação negociada de água
Incorporação de Riscos Climáticos	Projeções climáticas e de demandas em médio e longo prazo	O plano de gestão proativa de secas faz projeções para a oferta, demanda e gestão de conflitos.	Implementar o plano de gestão proativa de secas em todas as Regiões Hidrográficas e Hidrossistemas estratégicos
	Evidência dos impactos dos eventos climáticos extremos	Evidências científicas do aumento da incidência e severidade de secas	Incorporar as mudanças climáticas nas vazões dos reservatórios

Fonte: Elaborado pelos autores.

Gestão da Oferta

A extensa rede de reservatórios do estado do Ceará para captação, estocagem e disseminação da água, apresentou ser suficiente para assegurar a segurança hídrica em épocas de secas, como as experimentadas nos últimos anos.

No entanto, “a nossa capacidade de armazenamento de água chegou no limite (E18) e “aumenta a incerteza do fornecimento de água no estado do Ceará” (E26) ameaçando a **inclusão da população difusa na rede de distribuição** (quadro 3), pois “apesar do que foi construído de infraestrutura, a gente ainda corre alguns riscos de abastecimento das populações rurais. Não sei se essa transposição [do rio São Francisco] que entrou no cinturão das águas, daria conta, sobretudo para abastecer Fortaleza e as demais regiões do estado” (E25).

Portanto, os riscos climáticos exigem maior flexibilidade e adaptabilidade nas infraestruturas hídricas nas relações institucionais entre diferentes órgãos públicos e demais atores, por meio de fóruns para discutir a temática, melhorando o desempenho ao estabelecer processos de monitoramento e garantia da segurança hídrica do estado.

Gestão da demanda

A **persistência da subnotificação de outorgas**, citada no quadro 3 “é algo que a gente também está acompanhando e percebendo a diminuição do número de outorgas solicitadas (E18), para prever a **demand real**. Assim, o estado precisa do “**fortalecimento da outorga, para ajudar na gestão da demanda e, principalmente, nas mediações de conflito pelos usos das águas dos açudes, porque dá para se trabalhar cenários futuros com mais precisão**” (E19), pois ainda “é muito comum o pessoal não saber que um determinado uso de água teria que

ter uma outorga de uso, o que ajudaria o estado a ter o controle” (E22) “daquele manancial o volume que ele oferece e quando e quanto pode ser disponibilizando para cada um” (E26).

Esse problema é agravado pela **pouca fiscalização** dos órgãos gestores (quadro 3), em especial, **no interior do estado**, que possui “um déficit no desenvolvimento e implementação da fiscalização. Pois ela “em grande parte é centralizada na SRH e acaba se tornando um pouco deficitária, porque a SRH é em Fortaleza, e a gente faz fiscalização aqui na bacia [do Salgado], a gente não tem nenhum técnico aqui que tenha poder de polícia. Então acaba sendo um pouco deficitário por não ser um pouco regionalizada essa questão da fiscalização” (E20). Porque “hoje a gente tem uma quantidade de poços artesianos sendo abertos ao longo da encosta, onde falta uma fiscalização contínua para reprimir esse tipo de ação deliberada que influencia na diminuição de vazão e na redução do volume de água ofertado da bacia” (E27).

Então, falta um “olhar integrado para essas questões, porque faltam regras para a concessão dessas novas outorgas” (E27), falta uma fiscalização mais efetiva, monitoramento do volume de água ofertado nas regiões hidrográficas, um esforço de planejamento coordenado a nível estadual (Kim, Marcouiller, & Woosnam, 2020).

Portanto, seria necessário o **fortalecimento da atuação dos municípios** (quadro 3), por meio de uma estratégia de gestão local e fundamentada no fortalecimento dos agentes municipais, através da estruturação técnica e administrativa, pela qual “cada município terá um sistema próprio de disparo de alertas sobre o suprimento de água da cidade, seja a questão dos poços, seja a possibilidade de uma adutora ou alguma obra estruturante em

andamento, para que a gente possa tomar as decisões necessárias para monitorar constantemente a situação das sedes municipais” (E4), pois “o município e cada comunidade” (E5) “tem mais conhecimento” sobre (E7) suas peculiaridades e você precisa enxergar essa coisa localmente” (E5) “de alguns municípios que tem água demais e outros que não tem de jeito nenhum” (E23).

“Então esse apoio do poder público municipal” (E8) pode ser “através das ações das secretarias municipais que fazem parte do comitê [de bacias]” (E15), “fazendo com que os prefeitos e as câmaras municipais compreendam que os municípios precisam executar essas políticas [de recursos hídricos] nos planos diretores municipais” (E23), “reconhecendo os problemas de cada um dos municípios que fazem parte do comitê e entendendo os conflitos deles em relação ao acesso à água” (E28).

Gestão de Conflitos

Conforme exposto no quadro 3, o Ceará precisa **formalizar através de um instrumento legal a alocação negociada de água**, pois “a perda de legitimidade do processo de alocação [de água] comprometeria o sucesso da operação” (E3) de alocar água para os diversos usos e minimizando os conflitos por ela. Então “isso a gente tem que melhorar a questão da legitimidade” (E23) do processo de alocação.

Porque o processo de alocação negociada de água é “uma temática pouco divulgada nos meios de comunicação, nas universidades e nas escolas” (E16), “ela fica muito na questão do boca a boca, no disse me disse e não tenho uma campanha educativa na mídia mostrando o que é” (E18) essa gestão de conflitos.

E essa pouca divulgação faz com que parte da “população não se interesse pela temática” (E10), “de como funciona a gestão dos recursos hídricos” (E14) e “como as decisões são tomadas e discutidas” (E19) visando diminuir os conflitos pela água em períodos de escassez hídrica.

Incorporação de Riscos Climáticos

Outro desafio de acordo com o quadro 3, refere-se a **implementar o plano de gestão proativa de secas em todas as regiões hidrográficas e hidrossistemas estratégicos**. Em regiões hidrográficas é desenvolvido com base na definição de medidas que reduzam os impactos das secas na segurança hídrica da bacia

hidrográfica, harmonizando com os processos e espaços de participação social estabelecidos na alocação negociada de água já existente (Ceará, 2023b). Por outro lado, o plano em hidrossistemas estabelece regras de alocação relacionadas à operação do sistema e níveis de seca através de procedimentos que envolvem gatilhos para planejar a gestão hídrica para eventos climáticos extremos (Ceará 2023b).

Envolvendo uma “gestão complexa” (E05) que poderia ser solucionada pela, “criação de setores específicos nos comitês de bacias” (E14) para “difundir essa informação e ela se transforme em conhecimento” (E15) e “para minimizar e reduzir esses riscos climáticos de secas” (E26).

Portanto, deve se desenvolvido mediante uma estratégia metodológica que compreende um diagnóstico, que engloba a dimensão das perspectivas e memórias da seca por parte dos agentes sociais, bem como a identificação dos efeitos e fragilidades; o planejamento propriamente dito, abrangendo a oferta, a demanda, os conflitos e a formulação de cenários para as fases de escassez, os gatilhos e as metas de resposta, além de um conjunto de ações viáveis em diferentes fases da seca; por último, a execução, incluindo a implementação, monitoramento, avaliação e atualização.

No entanto, o empecilho para as criações dos planos, refere-se ao envolvimento dos atores locais no resgate dos conhecimentos sobre as gestões passadas de secas anteriores e as experiências deles sobre o que funcionou bem em comparação ao que não funcionou (de Assis Souza Filho et al., 2023).

Para tanto, é **preciso incorporar as mudanças climáticas nas vazões dos reservatórios**, “porque a gente tem aí o aquecimento global e tenta explicar que isso gera mudanças climáticas que são locais” (E5) e “a gente tem que implementar algo para controlar, acompanhar e minimizar os impactos (E20) “dessas mudanças climáticas que a gente tá tendo menos eventos de chuva” (E24) e mais eventos “de secas” (E20).

Então “alguns debates, algumas discussões sobre a questão de mudanças climáticas, elas precisam evoluir dentro do comitê [de bacia]” (E8) causando “até uma mudança de cultura” (E8; E23) porque as “pessoas tem um conhecimento muito intuitivo (...) experiência prática” (E25) e isso dará “subsídio para a gente enfrentar esse período de escassez, porque você

sabe quanto é que aportou realmente no açude e tem uma projeção mais assertiva” (E4) das “simulações de liberação de água, de esvaziamento, de captações para abastecimento humano e o que poderia atender para os múltiplos usos” (E19) “e tem que ter esse debate no colegiado” (E6).

Neste sentido, as “ações do comitê pensando em [gestão dos] riscos deveriam ser mais trabalhadas, algo mais pensado. Porque normalmente quando as discussões chegam ao comitê, o risco já aconteceu” (E19) e nos comitês não têm diretamente a questão da gestão do risco e as ações que são muito mais voltadas a resolver problemas imediatos e não tem informação construída dentro do comitê de bacia que a gente possa ajudar nessas questões” E24.

Por fim, a gestão de riscos climáticos requer a identificação e hierarquização das vulnerabilidades existentes ou potenciais com o propósito de elaboração de estratégias de mitigação dos riscos climáticos de secas (Mahadiansar et al., 2023).

Proposição de um Framework para a Gestão de Riscos Climáticos de Secas

A gestão dos riscos climáticos melhora o conhecimento sobre os eventos extremos e suas interações homem-natureza, a curto, médio e longo prazo, identificando oportunidades para mitigar os riscos de eventos extremos de seca, por meio da redução da vulnerabilidade e da melhoria da convivência com o semiárido brasileiro (Gupt & Venkataraman, 2024). Os riscos climáticos são experimentados de maneiras distintas e resultam em diferentes estratégias de adaptação, dependendo da estrutura de governança em nível local, estadual e nacional (como respostas públicas) e do tipo de ameaça (por exemplo, secas e inundações). No entanto, o planejamento pré-desastre e a preparação na gestão da seca tendem a ser reativo, enquanto, na gestão das enchentes é mais baseada em riscos e incluem prevenção e preparação (Barendrecht et al., 2024). A figura 2 apresenta o framework proposto para a gestão de riscos climáticos de seca.

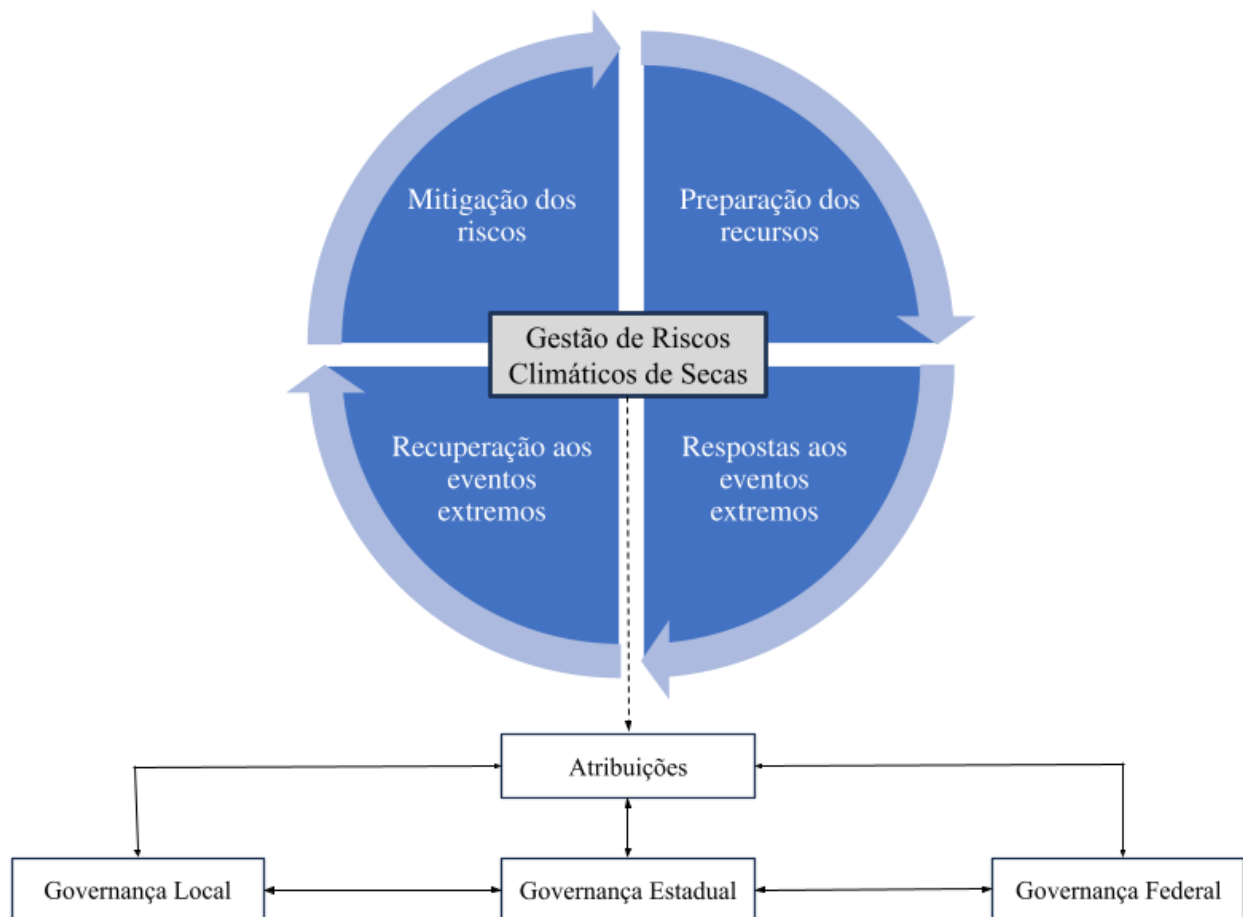


Figura 2. Modelo de Gestão de Riscos Climáticos de Secas. Fonte: Adaptado de Mahadiansar et al., (2023)

Mitigação dos Riscos

No início da Figura 2, começa-se pela mitigação dos riscos climáticos de seca, que consiste em uma série de esforços para reduzir o risco de eventos extremos através do desenvolvimento físico, conscientização e capacitação para lidar com ameaças de catástrofes naturais (Mahadiansar et al., 2023), por meio do estabelecimento de uma comunicação transparente entre os atores envolvidos (Rossoni & de Castilho Rossoni, 2023).

A mitigação de eventos extremos visa minimizar o impacto, especialmente na população mais vulnerável, como diretriz para o planejamento do desenvolvimento, aumentando o conhecimento público sobre como lidar e reduzir o impacto/risco de eventos extremos para que as pessoas possam viver em segurança (Mahadiansar et al., 2023), com a percepção dos riscos climáticos e incorporação das ameaças das alterações climáticas nas pautas político-administrativas (Mildenberger, Howe, & Miljanich, 2019).

Exige uma boa infraestrutura hídrica (Mildenberger, Howe, & Miljanich, 2019) requerendo projeções dos riscos com períodos de planejamento longos e curtos prazos (Doss-Gollin et al., 2019), por meio da abordagem dos desafios comuns e locais da mitigação e adaptação aos riscos climáticos para conceber novas ferramentas de gestão do risco de secas (Blok, 2020).

Além disso, as alterações climáticas destacam o papel dos reservatórios como infraestruturas de mitigação dos riscos climáticos (Fluixá-Sanmartín et al., 2021), através das quais os reservatórios podem amenizar os impactos dos riscos climatológicos, como secas e inundações.

Dessa forma, esta etapa é responsável por avaliar as alternativas de planos de mitigação e o controle de riscos. O controle de riscos melhora os planos existentes de mitigação de riscos e de emergência de acordo com avaliação de risco dos reservatórios, desenvolvendo procedimentos de vigilância do monitoramento da eficiência dos processos que evitam e/ou controlam os riscos climáticos (Badr, Li & El-Dakhakhni, 2023).

Preparação dos Recursos

A preparação para eventos extremos é a segunda etapa da figura 2 e envolve o conhecimento para preparar as comunidades para as secas, o desenvolvimento de políticas governamentais da defesa civil (Uhm et al., 2016), por meio da aplicação de uma visão da adaptação

climática (Canevari-Luzardo, Berkhout, Pelling, 2019), através de uma estratégia de comunicação que aborde as questões em escalas locais (Aryal et al., 2020).

Além disso, planejar a gestão dos recursos hídricos no contexto das alterações climáticas envolve a questão política porque a preparação para as condições dinâmicas das mudanças climáticas, mutáveis e extremas envolvem escolhas políticas com consequências profundas e que podem expor as comunidades a riscos diferenciados (por exemplo, secas e inundações) (Alexandra, 2023).

Por fim, a preparação precisa desenvolver capacidades de prover o conhecimento dos riscos advindos das secas e identificar os elementos e grupos populacionais expostos e vulneráveis aos seus impactos oferecendo subsídios para a tomada de decisões no setor de recursos hídricos, por meio de intervenções no monitoramento das secas, para assegurar que as lições aprendidas em eventos anteriores sejam implementadas em planos futuros de adaptação.

Respostas aos Eventos Extremos

As capacidades de respostas citadas na figura 2, são pertinentes para a gestão dos recursos hídricos em um contexto de mudanças climáticas (Pahl-Wostl 2007; Olsson et al. 2006; Meijerink e Huitema 2010). As respostas às mudanças climáticas produzem novos cenários de riscos, reconhecimento da incerteza climática, procedimentos de tomada de decisão e a capacidade de ação das pessoas em se adaptar e responder aos riscos climáticos (Miller, 2020; Singh et al., 2020).

Desta forma, envolve uma série de atividades realizadas imediatamente quando ocorre um evento extremo, através de uma avaliação rápida da localização, danos, perdas e recursos para determinar o *status* de um evento extremo (Singh et al., 2020). Assim, a orientação em uma direção à adaptação exige que as mudanças climáticas se tornem prioridades em todas as esferas políticas, de maneira integrada e que desenvolvam competências para reconhecer, identificar, avaliar, antecipar e responder aos riscos relacionados ao clima.

A estratégia de adaptação climática refere-se à resposta aos desastres climáticos (Tilokavichai & Sae-Lim, 2024). A título de ilustração, se um desastre climático provocar uma seca, uma resposta adaptativa a esta situação será responsável pela construção de reservatórios ou a

transposição de águas entre bacias hidrográficas. Assim, as respostas precisam focar em seis setores prioritários: gestão de recursos hídricos, agricultura e segurança alimentar, turismo, saúde pública, gestão de recursos naturais, assentamentos humanos e segurança (Tilokavichai & Sae-Lim, 2024).

Recuperação aos Eventos Extremos

Conforme exposto na figura 2, a recuperação de eventos extremos deve envolver uma série de planos para uma gestão racional, minimização do risco e aperfeiçoamento das instituições em lidar com eventos extremos (Mahadiansar et al., 2023) concentrando-se em medidas integradas (Theron et al., 2022) individuais e/ou coletivas em respostas aos riscos climáticos (Barnett et al., 2021), e nas recuperações do sistema e nos tempos de deterioração depois da ocorrência dos riscos, nas alocações de recursos antes e depois da realização do evento extremo e nos custos de restauração dos danos (Salem et al., 2020).

Essa afirmação corrobora com o estudo de Milhorce et al., (2020), ao concluírem que estas grandes obras sozinhas não são suficientes para assegurar essa segurança hídrica, pois necessitam da combinação de um conjunto de instrumentos políticos, tais como: linhas de crédito verdes; infraestrutura hídrica descentralizada; clusters agrícolas resilientes às secas; seguro relacionado à seca; e controle da desertificação.

Por fim, mais alternativas de respostas aos riscos climáticos envolvem estratégias que englobam a preservação e criação de espaços de vegetação nativa às margens dos reservatórios, bem como a restauração de ecossistemas como matas ciliares, que contribuem para a moderação da evaporação da água e do assoreamento dos reservatórios. Entretanto, de acordo com as falas dos entrevistados, estas práticas citadas não são abordadas de forma efetiva pela atual gestão estadual de recursos hídricos.

Atribuições da Governança Local

A governança local exposta na figura 2, requer estruturas mais proativas diante das incertezas, da imprevisibilidade, da diversidade (Fischer, 2021) das ligações e as relações locais das pessoas (Miller, 2020), por meio de um planejamento focado na gestão de riscos e na implementação de medidas não estruturais que identifiquem e avaliem o risco, por meio do desenvolvimento de ações que possam criar e/ou

promoverem a percepção dos riscos pela comunidade local (da Silva Miranda & de Lima, 2021).

Nessa fase a governança reconhece a importância dos municípios, facilitando o envolvimento e engajamento dos atores, salvaguardando os direitos e deveres das autoridades locais e melhorando os processos de participação social, concedendo aos atores envolvidos oportunidades de participação ativa nos processos de tomada de decisão que têm impacto direto nas suas vidas (Siur et al., 2024).

Portanto, os órgãos que fazem a governança da água a nível local, devem contribuir para uma estrutura organizacional estipulada na gestão dos riscos climáticos. O seu estilo de governança corresponde à governação em redes de atores, com partilhas abertas de informações, participação e parcerias entre os atores governamentais e um ambiente de confiança entre eles (Lukat, Pahl-Wostl, & Lenschow, 2022).

Atribuições da Governança Estadual

Nesta dimensão exposta na figura 2, acontece à cooperação coordenada entre governos estaduais e federais, mas também entre instituições dentro de suas próprias jurisdições, para conceber um plano de gestão de riscos com objetivos de curto e longo prazo, para implementar as medidas de mitigação planejadas para lidar com êxito com a ocorrência desses eventos extremos (Martins & Reis Junior, 2021).

Para tanto, deve ocorrer revisões planejadas que ofereçam o alinhamento do plano de riscos com o plano de recursos hídricos. Argumenta-se que a revisão dos próximos planos de Bacia é uma oportunidade para melhorar e incorporar a gestão dos riscos climáticos (Alexandra, 2023).

Atribuições da Governança Federal

A governança estadual (figura 2), refere-se aos esforços de planejamento coordenado como uma forma de governança nacional (Kim, Marcouiller, & Woosnam, 2020) através da gestão, monitorização e avaliação da alocação de recursos escassos para a mitigação da ameaça dos riscos climáticos (Nathwani et al. 2021).

Desta forma, a integração das ações governamentais durante o processo de formulação destas políticas, deve considerar as barreiras institucionais, disputas políticas partidárias e as divergências sobre as prioridades das políticas,

bem como sobre as suas estratégias de implementação afetam o potencial destas como um instrumento indutor da adaptação às mudanças e aos riscos climáticos (Mesquita et al, 2020).

Observando a preocupação com a política nacional de recursos hídricos, em priorizar o aumento da oferta hídrica por meio da transposição de rios, uma prática que já está ultrapassada e que precisa de um bom gerenciamento dos recursos hídricos para atender as demandas atuais para os diversos usos, bem como dos parâmetros e das atividades a serem considerados para a obtenção desta segurança hídrica.

Conclusão

A pesquisa evidenciou os avanços e desafios enfrentados para incorporar a gestão dos riscos climáticos na gestão dos recursos hídricos. Argumenta-se que, para que a gestão de riscos climáticos seja alcançada é necessário atravessar todas as fases, utilizadas na representação circular, que explicou e propor um modelo de gestão de riscos climáticos com medidas de curto, médio e a longo prazo, sugerindo que é provável que os resultados reforcem as práticas de gestão dos recursos hídricos.

O framework apresentado, tem potencial para ajudar os tomadores de decisão à luz da gestão dos riscos climáticos em diferentes características e intensidades de um evento extremo de seca. Os processos de tomada de decisão poderiam ser realizados após análise da influência dos arranjos institucionais, da mitigação, preparação, respostas e recuperação aos riscos climáticos.

Para os estudiosos de riscos climáticos de secas, a nossa abordagem pode apresentar soluções de convivência com a seca, por meio das análises de frequência de eventos extremos, preservando a memória de eventos passados, para estimar a disponibilidade de água para os diversos usos, através das reuniões de alocação negociada de água. A qual busca ser uma decisão técnica de planejamento hídrico menos politizado e mais descentralizado, por meio da adoção de medidas de consenso sobre as variações climáticas, os riscos climáticos e, principalmente, na diminuição da disponibilidade de água e garantia da segurança hídrica do estado.

Esta pesquisa é exploratória e não está isenta de limitações. A estrutura foi desenvolvida por meio de combinação fundamentada em uma

lógica indutiva baseada em uma revisão da literatura e evidências do estudo de caso da gestão de recursos hídricos do estado do Ceará.

No entanto, empiricamente, não se tem evidências que confirmam o fato de uma gestão proativa de secas construa uma aprendizagem a partir das memórias de secas passadas, o que poderia gerar uma transformação na gestão dos recursos hídricos e na forma como os eventos extremos climáticos futuros possam ser enfrentados.

Entretanto, o framework proposto apresenta elementos a partir dos arranjos institucionais que mostram ser possível chegar nessa aprendizagem, na transformação e incorporação da gestão de riscos climáticos na gestão dos recursos hídricos do estado do Ceará.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento do projeto de pesquisa nº 422158/2021-6.

Referências

- Alexandra, J. (2023). Climate adaptation options for the 2026 Basin Plan: opportunities for managing climate risk. *Australasian Journal of Water Resources*, 27(2), 257-270. doi: 10.1080/13241583.2022.2133643.
- Aryal, J. P., Jat, M. L., Sapkota, T. B., Rahut, D. B., Rai, M., Jat, H. S., Sharma, P. C., Stirling, C. (2020). Learning adaptation to climate change from past climate extremes: Evidence from recent climate extremes in Haryana, India. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, vol. 12 No. 1, pp. 128-146. doi 10.1108/IJCCSM-09-2018-0065
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Badr, A.; Li, Z.; El-Dakhakhni, W. (2023). Dam System and Reservoir Operational Safety: A Meta-Research. *Water*, 15, 3427. <https://doi.org/10.3390/w15193427>.
- Barendrecht, M. H., Matanó, A., Mendoza, H., Weesie, R., Rohse, M., Koehler, J., ... & Van Loon, A. F. (2024). Exploring drought-to-flood interactions and dynamics: A global case review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, e1726. DOI: 10.1002/wat2.1726.

- Barnett, J., Graham, S., Quinn, T., Adger, W. N., & Butler, C. (2021). Three ways social identity shapes climate change adaptation. *Environmental Research Letters*, 16(12), 124029. doi: 10.1088/1748-9326/ac36f7.
- Blok, A. (2020). Climate risks capes in world port cities: situating urban-cosmopolitan risk communities via Ulrich Beck's comparative tactics. *Global Networks*, 20, 3, p-p, 500-521. <https://doi.org/10.1111/glob.12258>
- Canevari-Luzardo, L. M., Berkhout, F., Pelling, M. (2019). A relational view of climate adaptation in the private sector: How do value chain interactions shape business perceptions of climate risk and adaptive behaviours? *Business Strategy and the Environment*. 29. 10.1002/bse.2375
- Ceará (2022). Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH. Plano de Gestão Proativa de Seca - Hidrossistema Patu. 87 p. Fortaleza – CE, 2022.
- Ceará. (202X). Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme). A origem do Monitor de Secas. Disponível em: <<https://monitordesecas.ana.gov.br/a-origem-do-monitor>>. Acesso em 25 de ago. de 2023.
- Ceará. (2023a). Secretaria de Recursos Hídricos. Proposta de Política de Gestão Proativa de Secas para os Recursos Hídricos do Ceará. p. 74. Fortaleza - CE.
- Ceará. (2023b). Secretaria de Recursos Hídricos. Plano de Gestão Proativa de Secas – Região Hidrográfica do Banabuiú. p. 129. Fortaleza - CE.
- Costella, C., van Aalst, M., Georgiadou, Y., Slater, R., Reilly, R., McCord, A., ... & Barca, V. (2023). Can social protection tackle emerging risks from climate change, and how? A framework and a critical review. *Climate Risk Management*, 100501. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100501>.
- da Silva Miranda, A. C., & de Lima, A. M. M. (2021). Voçorocas urbanas e protocolo de avaliação de risco geoambiental aplicado em Açailândia-MA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(2), 721-735. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.2.p721-735>.
- de Araújo Júnior, L. M., de Souza Filho, F. D. A., de Alencar Barreto, G., Cid, D. A. C., & de Araújo Pontes Filho, J. D. (2023). A drought risk management system for early drought alert and proactive actions in large semi-arid areas. *Natural Hazards*, 117(3), 2297-2324. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05943-w>.
- De Assis Souza Filho, F., de Carvalho Studart, T. M., Filho, J. D. P., Martins, E. S. P. R., Ayrimoraes, S. R., Pessoa, C. A. P., ... & de Aquino, S. H. S. (2023). Integrated proactive drought management in hydrosystems and cities: building a nine-step participatory planning methodology. *Natural Hazards*, 115(3), 2179-2204. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05633->
- De Nys, E., & Engle, N. L. (2014). Brazil-Living with the semi-arid and proactive drought management in Northeast Brazil: a new perspective: Convivência com o Semiárido e Gestão proativa da seca no Nordeste do Brasil: Uma nova Perspectiva.
- Dias, E., Pessoa, Z., & Teixeira, R. (2023). Adaptive Governance and Water Security in the context of Climate Change in the Semi-arid. *Mercator*, 21. doi:10.4215/rm2022.e21025
- Díaz, C. G., Zambrana-Vasquez, D., & Bartolomé, C. (2024). Building Resilient Cities: A Comprehensive Review of Climate Change Adaptation Indicators for Urban Design. *Energies*, 17(8), 1959. <https://doi.org/10.3390/en17081959>.
- Dos Santos Mesquita, P., Cavalcante, L., Milhorange, C., Nogueira, D., & Andrieu, N. (2020). Importância dos programas voltados aos agricultores familiares nos períodos de seca e frente à necessidade de adaptação às mudanças climáticas no Semiárido brasileiro. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 55. 10.5380/dma.v55i0.72974.
- Doss-Gollin, J., Farnham, D. J., Stein Schneider, S., Lall, U. (2019). Robust adaptation to multiscale climate variability. *Earth's Future*, 7, 734-747. <https://doi.org/10.1029/2019EF001154>.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550. <https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308385>
- Fischer, H. W. (2021). Decentralization and the governance of climate adaptation: Situating community-based planning within broader trajectories of political transformation. *World Development*, volume 140, april. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.10535>
- Fluixá-Sanmartín, J.; Escuder-Bueno, I.; Morales-Torres, A.; Castillo-Rodríguez Jesica, T. (2021). Accounting for climate change uncertainty in Long-Term dam risk management. *J. Water Resour. Plan. Manag.*

- 147, 04021012.
DOI:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001355.
- Gupta, A., & Venkataraman, S. (2024). Insurance and climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 67, 101412. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101412>.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers*.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, 36 pages. (in press).
- Julio, N.; Figueroa, R.; Ponce Oliva, R. D. *Water Resources and Governance Approaches: Insights for Achieving Water Security*. *Water* 2021, 13, 3063. <https://doi.org/10.3390/w13213063>.
- Khan, A. A., Khan, S. U., Ali, M. A. S., Khan, A., Hayat, Y.; Luo, J. (2022). Drivers of climate variability and increasing water salinity impacts on the farmer's income risk with future outlook mitigation. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 14(5), 462-485. doi 10.1108/IJCCSM-08-2021-0092.
- Kim, H., Marcouiller, D. W., & Woosnam, K. M. (2020). Coordinated planning effort as multilevel climate governance: Insights from coastal resilience and climate adaptation. *Georum*, 114, 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.05.023>.
- Li, C., Wang, J., Yin, S., Bao, Y., Li, Y., & Yu, S. (2019). Drought hazard assessment and possible adaptation options for typical steppe grassland in Xilingol League, Inner Mongolia, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 136, 1339-1346. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2563-9>.
- Lukat, E., Pahl-Wostl, C., & Lenschow, A. (2022). Deficits in implementing integrated water resources management in South Africa: The role of institutional interplay. *Environmental Science & Policy*, 136, 304-313. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.010>.
- Mahadiansar, M., Pratiwi, M. A., Putri, R. A., & Valentina, A. (2023). Disaster Management of Pandemic Covid-19 toward Tourism of Bintan Regency by NVivo Analysis. *Journal of Governance and Public Policy*, 10(2), 147-163. DOI:<https://doi.org/10.18196/jgpp.v10i2.15963>
- Marques, G. F. (2022). Water allocation in Brazil: main strategies, learning and challenges. *Water resources allocation and agriculture: transitioning from open to regulated access*. p. 159-171. doi: 10.2166/9781789062786_0159.
- Martins, E. S. P. R. & Reis Junior, D. S. (2021). Drought Impacts and Policy Responses in Brazil: The Case of the Northeast Region. *Preventionweb.net*, p. 1-30.
- Meijerink, S., and D. Huitema. 2010. "Policy Entrepreneurs and Change Strategies: Lessons from Sixteen Case Studies of Water Transitions Around the Globe." *Ecology and Society* 15 (2). doi:10.5751/ES-03509-150221.
- Mildenberger, M., Howe, P. D., & Miljanich, C. (2019). Households with solar installations are ideologically diverse and more politically active than their neighbours. *Nature Energy*, 4(12), 1033-1039. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0498-8>.
- Milhorance, C., Sabourin, E., Le Coq, J. F., & Mendes, P. (2020). Unpacking the policy mix of adaptation to climate change in Brazil's semiarid region: Enabling instruments and coordination mechanisms. *Climate Policy*, 20(5), 593-608, DOI: 10.1080/14693062.2020.1753640.
- Miller, F. (2020). Exploring the consequences of climate-related displacement for Just resilience in Vietnam. *Urban Studies*, vol. 57(7), 1570-1587. <https://doi.org/10.1177/0042098019830239>.
- Moura, V. L., & de Lacerda, L. D. (2022). Mercury Sources, Emissions, Distribution and Bioavailability along an Estuarine Gradient under Semiarid Conditions in Northeast Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), 17092. <https://doi.org/10.3390/ijerph192417092>
- Nathwani, J., Lind, N., Renn, O., & Schellnhuber, H. J. (2021). Balancing health, economy and climate risk in a multi-crisis. *Energies*, 14(14), 4067. <https://doi.org/10.3390/en14144067>.
- Nogueira Filho, F. J. M., Souza Filho, F. D. A., Porto, V. C., Vieira Rocha, R., Sousa Estácio, Á. B., & Martins, E. S. P. R. (2022). Deep learning for streamflow regionalization for ungauged basins: Application of long-short-term-memory cells in Semiarid regions. *Water*,

- 14(9), 1318.
<https://doi.org/10.3390/w14091318>.
- Olsson, P., L. Gunderson, S. Carpenter, P. Ryan, L. Lebel, C. Folke, and C. Holling. 2006 "Shooting the Rapids: Navigating Transitions to Adaptive Governance of Social-Ecological Systems." *Ecology and Society* 11(1) Retrieved September 5, 2020. from.10.5751/ES-01595-110118.
- O'Neill, B., van Aalst, M., Zaiton Ibrahim, Z., et al., 2022. Key Risks Across Sectors and Regions. In: Portner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M. (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 128. DOI 10.1719781009325844.025.
- Pahl-Wostl, C. 2007. Transitions Towards Adaptive Management of Water Facing Climate and Global Change Water Resources Management. doi:10.1007/s11269-006-9040-4.
- Pires, R., Gomide, A. (2014). *Burocracia, democracia e políticas públicas: arranjos institucionais de políticas de desenvolvimento*. Texto para discussão, 1940. Brasília: IPEA.
- Pontes Filho, J. D., Souza Filho, F. D. A., Martins, E. S. P. R., & Studart, T. M. de C. (2020). Copula-Based Multivariate Frequency Analysis of the 2012–2018 drought in Northeast Brazil. *Water*, v. 12(3), DOI: 10.3390/w12030834
- Rawat, A., Kumar, D., & Khati, B. S. (2024). A review on climate change impacts, models, and its consequences on different sectors: a systematic approach. *Journal of Water and Climate Change*, 15(1), 104-126. doi: 10.2166/wcc.2023.536.
- Rossoni, A. L., & de Castilho Rossoni, R. L. (2023). Informações Financeiras sobre os Riscos Relacionados ao Clima: Uma Revisão Sistemática. *REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade*, 13(2), 160-179. DOI: <https://doi.org/10.18696/reunir.v13i2.1520>.
- Salem, S., Siam, A., El-Dakhkhni, W., & Tait, M. (2020). Probabilistic resilience-guided infrastructure risk management. *Journal of Management in Engineering*, 36(6), 04020073. DOI:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000818](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000818)
- Shyrokaya, A., Pappenberger, F., Pechlivanidis, I., Messori, G., Khatami, S., Mazzoleni, M., & Di Baldassarre, G. (2024). Advances and gaps in the science and practice of impact-based forecasting of droughts. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 11(2), e1698. <https://doi.org/10.1002/wat2.1698>.
- Singh, A. K., Das, B., Mali, S. S., Bhavana, P., Shinde, R., & Bhatt, B. P. (2020). Intensification of rice-fallow cropping systems in the Eastern Plateau region of India: diversifying cropping systems and climate risk mitigation. *Climate and Development*, 12(9), 791-800, DOI: 10.1080/17565529.2019.1696735.
- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene). *Delimitação do Semiárido. Relatório Final*. (2021). p. 272.
- Theron, S. N., Archer, E. R. M., Midgley, S. J. E., & Walker, S. (2022). Exploring farmers' perceptions and lessons learned from the 2015–2018 drought in the Western Cape, South Africa. *Journal of Rural Studies*, 95, 208–222. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.09.002>.
- Tilokavichai, V. & Sae-Lim, P. (2024) Are we ready for climate risk? Assessing the bottom-up climate maturity, *Sustainable Environment*, 10:1, 2328909, DOI: 10.1080/27658511.2024.2328909).
- Tulu, D., Gadissa, S., & Hundessa, F. (2023). Impact of water stress on adaptation and performance of sheep and goat in dryland regions under climate change scenarios: A systematic review. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 11(2), 0-0. <https://doi.org/10.31893/jabb.23012>.
- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa Qualitativa do início ao fim*; tradução: Daniel Bueno; revisão técnica: Dirceu da Silva. Porto Alegre: Penso.