DA ABUNDÂNCIA HÍDRICA À VULNERABILIDADE CLIMÁTICA: EVIDÊNCIAS DAS ESTIAGENS EXTREMAS E SEUS IMPACTOS NA CIDADE DE MANAUS

Mônica Elcira Mergulhão Damacena[1]; Carlossandro Carvalho de Albuquerque[2]; Thiago Flores dos Santos[3]

RESUMO – Manaus está inserida em uma das maiores reservas de água doce do planeta e sua relação com os recursos hídricos é marcada pela percepção de abundância. Entretanto, a intensificação dos eventos climáticos extremos tem revelado uma realidade distinta daquela frequentemente associada à Amazônia. Nos últimos anos, a cidade passou a enfrentar estiagens severas, redução expressiva dos níveis dos rios, dificuldades logísticas, comprometimento da navegação e riscos ao abastecimento público, agravados pela ocorrência simultânea de queimadas de grandes proporções. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo demonstrar que a abundância hídrica amazônica não representa, necessariamente, segurança hídrica, evidenciando a crescente vulnerabilidade climática vivenciada por Manaus diante das estiagens extremas. Utilizando como referência a seca histórica de 2024, quando o Rio Negro atingiu a cota mínima de 12,11 metros, a pesquisa analisa os fatores climáticos associados a esses eventos, seus impactos urbanos e os desafios para a governança hídrica local. A pesquisa possui abordagem qualitativa, baseada em revisão bibliográfica, análise documental e exame de relatórios técnicos. Os resultados demonstram que a recorrência das estiagens extremas exige modelos de governança adaptativa capazes de antecipar riscos, fortalecer a segurança hídrica e ampliar a capacidade de resposta dos serviços públicos diante das mudanças climáticas.

ABSTRACT – Manaus is located within one of the largest freshwater reserves on the planet, and its relationship with water resources has historically been characterized by a perception of abundance. However, the intensification of extreme climate events has revealed a reality that differs from the one commonly associated with the Amazon region. In recent years, the city has experienced severe droughts, significant reductions in river levels, logistical difficulties, disruptions to navigation, and risks to public water supply, further aggravated by the occurrence of large-scale wildfires.In this context, this study aims to demonstrate that Amazonian water abundance does not necessarily guarantee water security, highlighting the growing climate vulnerability experienced by Manaus in the face of extreme drought events. Using the historic 2024 drought as a reference, when the Negro River reached a record low level of 12.11 meters, the research analyzes the climatic factors associated with these events, their urban impacts, and the challenges they pose to local water governance. The

[1] Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua/Universidade Estadual do Amazonas – UEA). MBA em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental. Pós-graduada em Direito, Compliance e Mecanismos Anticorrupção. E-mail: mm.damacena1@gmail.com.

[2] Doutor em Geografia pela Univeridade Federal do Ceará. E-mail: cscarvalho@uea.edu.br.

[3] Pós-Doutor em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade do Estado do Amazonas – UEA. E-mail: tfs.prh23@uea.edu.br.

study adopts a qualitative approach based on a literature review, documentary analysis, and the examination of technical reports. The findings indicate that the increasing recurrence of extreme droughts requires adaptive governance models capable of anticipating risks, strengthening water security, and enhancing the response capacity of public services in the context of climate change.

Palavras-Chave: Governança hídrica. Estiagem extrema. Segurança hídrica.

1- INTRODUÇÃO

A Amazônia abriga aproximadamente 20% da disponibilidade mundial de água doce superficial, circunstância que consolida a percepção de abundância hídrica na região. Essa condição está associada à extensa rede hidrográfica amazônica e ao ciclo hidrológico caracterizado pela alternância entre os períodos de cheia e estiagem dos rios, fenômeno natural que regula ecossistemas, atividades econômicas e modos de vida das populações locais. Nesse contexto, destaca-se a cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, situada às margens do Rio Negro, um dos principais afluentes da Bacia Amazônica e elemento estruturante da dinâmica urbana, econômica e social da região. Tradicionalmente, as cheias ocorrem entre os meses de maio e julho, enquanto as vazantes e estiagens se concentram entre setembro e novembro, compondo a dinâmica sazonal característica da Amazônia.

Entretanto, os eventos hidrológicos extremos observados nas últimas décadas têm demonstrado que a abundância de recursos hídricos não representa, necessariamente, segurança hídrica. Estudos recentes apontam que as mudanças climáticas globais vêm alterando os regimes hidrológicos amazônicos, ampliando a frequência, a duração e a intensidade das estiagens severas. Segundo Marengo e Espinoza (2016), os eventos extremos na Amazônia resultam da interação entre fenômenos climáticos globais, como o El Niño e o aquecimento anômalo do Oceano Atlântico Tropical Norte, e alterações regionais nos padrões de precipitação, produzindo impactos significativos sobre a disponibilidade hídrica.

Além dos fatores climáticos globais, o avanço do desmatamento na Amazônia tem sido apontado como elemento relevante para a intensificação das estiagens. A supressão da cobertura florestal reduz os processos de evapotranspiração responsáveis pela formação dos chamados “rios voadores”, comprometendo a reciclagem de umidade atmosférica e alterando os regimes de chuva na região. Esse processo contribui para o aumento da temperatura local, a redução da precipitação e a ampliação da vulnerabilidade hídrica das cidades amazônicas, incluindo Manaus.

A estiagem extrema de 2024 evidenciou de forma contundente essa vulnerabilidade. Na ocasião, o Rio Negro atingiu a cota histórica de 12,11 metros, a menor registrada em mais de 120

anos de monitoramento hidrológico. O evento provocou impactos significativos sobre a navegação, o abastecimento público, a atividade econômica, os ecossistemas aquáticos e a logística regional, impondo desafios sem precedentes à gestão dos recursos hídricos e aos serviços de saneamento.

Nesse contexto, ganha relevância o conceito de governança hídrica, compreendido Segundo a OCDE (2015), a governança hídrica compreende os mecanismos pelos quais diferentes instituições e atores coordenam decisões relacionadas aos recursos hídricos. Em contextos de eventos extremos, como as estiagens severas observadas na Amazônia, a governança hídrica assume papel estratégico para assegurar a segurança hídrica, a continuidade dos serviços de abastecimento e a adaptação às mudanças climáticas. Em cenários de crescente instabilidade climática, a governança assume papel estratégico na promoção da segurança hídrica, na coordenação de respostas emergenciais e na construção de capacidades adaptativas para enfrentamento de eventos extremos.

Diante desse cenário, o presente estudo busca responder às seguintes questões de pesquisa: de que forma a governança hídrica pode contribuir para o enfrentamento das estiagens extremas na cidade de Manaus? E como o avanço do desmatamento na Amazônia influencia a intensificação desses eventos e seus impactos sobre a segurança hídrica urbana?

O objetivo geral consiste em analisar os mecanismos de governança hídrica adotados durante a estiagem extrema de 2024 em Manaus, identificando seus avanços, deficiências, limitações e perspectivas futuras. Busca-se ainda compreender a relação entre mudanças climáticas, desmatamento e vulnerabilidade hídrica, contribuindo para o debate sobre adaptação climática e resiliência urbana na Amazônia.

2- METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, exploratória e descritiva, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Os procedimentos metodológicos envolveram a revisão da literatura sobre governança hídrica, mudanças climáticas, segurança hídrica e estiagens extremas, bem como a análise de documentos técnicos, normativos e institucionais relacionados à gestão dos recursos hídricos na Amazônia.

Foram utilizados relatórios hidrológicos, documentos regulatórios, dados oficiais e informações técnicas produzidas por instituições públicas e entidades atuantes nos setores de recursos hídricos, meio ambiente, saneamento e monitoramento climático. O recorte da pesquisa concentra-se na estiagem extrema ocorrida em Manaus no ano de 2024, considerada um marco recente da vulnerabilidade climática na região amazônica.

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, sendo organizada em três categorias temáticas: vulnerabilidade climática, governança institucional e capacidade adaptativa dos serviços públicos de abastecimento de água. A partir dessas categorias, buscou-se compreender os impactos das estiagens extremas sobre a segurança hídrica urbana e os desafios para a construção de estratégias de adaptação frente às mudanças climáticas.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Da abundância hídrica à vulnerabilidade climática

Primeiramente, é importante distinguir os conceitos de seca, estiagem, enchente, cheia e vazante, uma vez que, embora frequentemente utilizados como sinônimos, representam fenômenos distintos sob a perspectiva hidrológica e climática. Segundo Marengo et al. (2008; 2009), a seca consiste em um fenômeno climático caracterizado pela redução anormal e prolongada da precipitação em relação aos padrões históricos de uma determinada região.

A estiagem, por sua vez, corresponde ao período em que a precipitação se mantém abaixo da média por tempo suficiente para provocar impactos sobre os níveis dos rios, a disponibilidade hídrica e as atividades econômicas e sociais.

No contexto amazônico, a dinâmica das águas é regulada por um complexo sistema hidrológico associado à sazonalidade das chuvas. Nesse sistema, a enchente corresponde ao período de elevação gradual dos níveis dos rios em decorrência do aumento das precipitações, enquanto a cheia representa o estágio máximo alcançado pelas águas. Em sentido oposto, a vazante caracteriza-se pela redução progressiva dos níveis dos rios após o período de cheia, culminando na seca, fase em que são registradas as menores cotas hidrométricas do ciclo anual.

A Amazônia abriga a maior floresta tropical do planeta e apresenta elevada biodiversidade, sendo composta por ecossistemas de várzea e terra firme. Nas áreas de várzea, a dinâmica hidrológica é marcada por quatro fases sazonais, enchente, cheia, vazante e seca, que influenciam diretamente a organização ambiental e social da região, podendo sofrer alterações em decorrência das mudanças climáticas (Teixeira, 2024).

A Amazônia passou a enfrentar um paradoxo crescente: embora detenha enorme disponibilidade hídrica, apresenta crescente exposição aos riscos associados à variabilidade climática.

Conforme dados da Defesa Civil do Estado do Amazonas, no Relatório Técnico de 2024, o Rio Negro atingiu em 2024 a cota mínima histórica de 12,11 m, configurando a mais severa estiagem já registrada na série de monitoramento hidrológico de Manaus. Tal cenário evidencia a crescente

vulnerabilidade climática da Amazônia, cujos efeitos se refletem diretamente na navegação, no abastecimento de água e na logística regional.

Tabela 1 – Evolução das cotas mínimas do Rio Negro em Manaus (2021–2024).

Ano	Cota mínima do Rio Negro em Manaus (m)
2021	20,86
2022	15,79
2023	12,70
2024	**12,11**

Fonte: Defesa Civil do Estado do Amazonas (2024).

A estiagem de 2024 demonstrou que a abundância física de recursos hídricos não elimina a possibilidade de escassez operacional. A redução extrema do nível do Rio Negro comprometeu áreas de captação, elevou custos operacionais e exigiu medidas emergenciais para manutenção do abastecimento.

Os estudos climáticos indicam que eventos dessa natureza tendem a se tornar mais frequentes em razão da intensificação do fenômeno El Niño, do aquecimento do Atlântico Tropical Norte e das alterações provocadas pelas mudanças climáticas globais.

Entretanto, a vulnerabilidade climática amazônica não decorre exclusivamente de fatores naturais. As ações antrópicas desempenham papel relevante na intensificação dos eventos extremos. A estiagem na Amazônia, embora faça parte do ciclo hidrológico natural da região, tem apresentado maior intensidade e duração em razão das mudanças climáticas e do avanço do desmatamento (Assayag et al., 2024).

O desflorestamento constitui um importante vetor de agravamento das mudanças climáticas, uma vez que favorece a redução das chuvas, eleva as temperaturas locais e aumenta a vulnerabilidade da floresta a queimadas e incêndios, comprometendo o equilíbrio ambiental regional (Teixeira, 2024).

Dessa forma, a análise das estiagens recentes demonstra que a vulnerabilidade hídrica da Amazônia não está relacionada à escassez absoluta de água, mas à crescente fragilidade dos mecanismos naturais de regulação climática. A combinação entre mudanças climáticas globais, fenômenos oceânico-atmosféricos e desmatamento intensifica a ocorrência de secas severas, exigindo

novos instrumentos de governança, monitoramento e adaptação para garantir a segurança hídrica da região.

3.2 O papel dos "rios voadores" na regulação climática e hídrica da Amazônia

A manutenção da disponibilidade hídrica na Amazônia não depende exclusivamente da presença de extensos rios e aquíferos, mas também de processos ecológicos responsáveis pela regulação climática regional. Entre esses processos, destaca-se a evapotranspiração, mecanismo pelo qual a água absorvida pelas raízes das árvores retorna à atmosfera por meio da transpiração vegetal e da evaporação da superfície terrestre.

Segundo Salati et al. (1979), a evapotranspiração constitui um dos principais componentes do ciclo hidrológico amazônico, sendo responsável pela reciclagem de parcela significativa da precipitação que ocorre na região. Os autores demonstraram que grande parte da água precipitada na Amazônia retorna à atmosfera por meio da evaporação e transpiração da vegetação, contribuindo para a formação de novas chuvas.

Nobre (2014), também menciona que a evapotranspiração da floresta amazônica contribui significativamente para a reciclagem da umidade atmosférica, influenciando diretamente os regimes de precipitação. Esse mecanismo ajuda a explicar por que a Amazônia, apesar de sua vasta extensão territorial, consegue sustentar elevados índices pluviométricos ao longo do ano.

Entretanto, alterações na cobertura florestal podem comprometer esse equilíbrio. A redução da vegetação nativa diminui a capacidade de evapotranspiração e, consequentemente, a quantidade de vapor d'água disponibilizada para a atmosfera. Como resultado, ocorre redução da reciclagem de umidade, aumento das temperaturas e maior suscetibilidade à ocorrência de estiagens prolongadas.

Nesse contexto, a compreensão do funcionamento dos rios voadores torna-se essencial para a análise da vulnerabilidade climática amazônica. A preservação da floresta representa não apenas uma medida de proteção ambiental, mas também uma estratégia fundamental para a manutenção da segurança hídrica e da estabilidade climática da região.

3.3 Governança hídrica e a necessidade de coordenação institucional

O enfrentamento da estiagem exige atuação coordenada entre diversos atores institucionais, contudo, a coordenação eficaz depende, inicialmente, do conhecimento aprofundado das características ambientais, hidrológicas e socioeconômicas do território.

Para que sejam formuladas estratégias adequadas de adaptação e resposta, é necessário compreender a dinâmica dos rios, os padrões de precipitação, as vulnerabilidades locais, os usos da água e os impactos potenciais dos eventos extremos sobre a população e os serviços públicos.

Nesse contexto, a governança hídrica desempenha papel fundamental ao promover a produção e o compartilhamento de informações, o monitoramento contínuo das condições hidrológicas e climáticas e a identificação antecipada de riscos.

A capacidade de prever cenários críticos e planejar ações preventivas permite que as instituições atuem de forma integrada e não apenas reativa, reduzindo os impactos das estiagens sobre o abastecimento de água, a navegação, a economia e a qualidade de vida da população. Em regiões altamente sensíveis às mudanças climáticas, como a Amazônia, conhecer o território e seus processos naturais constitui etapa indispensável para a construção de uma governança hídrica capaz de fortalecer a resiliência e a segurança hídrica diante de eventos cada vez mais frequentes e severos.

A governança hídrica pode ser compreendida como o conjunto de mecanismos institucionais, regulatórios e participativos que orientam a tomada de decisões relacionadas aos recursos hídricos, promovendo a coordenação entre diferentes atores e a implementação de ações voltadas à segurança hídrica (OCDE, 2015).

No contexto amazônico, a governança hídrica assume papel estratégico diante da crescente ocorrência de eventos extremos, exigindo integração entre instituições responsáveis pelo monitoramento hidrológico, regulação dos serviços públicos, gestão ambiental, defesa civil e abastecimento de água.

No caso da estiagem de 2024, segundo Damacena et al. (2025), destacaram-se como principais atores o Serviço Geológico do Brasil (SGB), responsável pelo monitoramento dos níveis dos rios; a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), responsável pela gestão dos recursos hídricos em âmbito nacional; a Defesa Civil, atuando na gestão dos impactos da emergência; a concessionária Águas de Manaus, responsável pela operação do sistema de abastecimento; e a Agência Reguladora dos Serviços Públicos Delegados do Município de Manaus (Ageman), responsável pelo acompanhamento regulatório e fiscalização da continuidade dos serviços.

A atuação integrada desses entes permite o monitoramento contínuo da evolução da estiagem e a adoção de medidas voltadas à mitigação dos impactos sobre o abastecimento público, evidenciando a importância da coordenação institucional para o fortalecimento da segurança hídrica em cenários de vulnerabilidade climática.

Com relação a estiagem de 2024 a concessionária Águas de Manaus executou medidas operacionais emergenciais, incluindo rebaixamento de bombas, instalação de equipamentos anfíbios, dragagem das áreas de captação e ampliação das ações de monitoramento.

Paralelamente, a Ageman exerceu papel fundamental de supervisão regulatória, acompanhando a execução das medidas, avaliando sua conformidade contratual e monitorando indicadores operacionais relacionados à continuidade do abastecimento.

A integração entre concessionária, agência reguladora, permitiu a construção de um modelo de resposta baseado em informação técnica e tomada de decisão coordenada.

A experiência de Manaus durante a estiagem de 2024 demonstra que a segurança hídrica não depende exclusivamente da disponibilidade física de água, mas também da capacidade dos sistemas institucionais e operacionais de responder a situações de escassez. Embora a Amazônia concentre parcela significativa da água doce superficial do planeta, eventos extremos podem comprometer temporariamente o acesso à água, especialmente quando afetam a infraestrutura de captação, transporte e distribuição.

O monitoramento permanente das condições hidrológicas permitiu identificar o agravamento progressivo da estiagem e subsidiar decisões técnicas voltadas à manutenção do abastecimento. Essa atuação preventiva mostrou-se mais eficiente do que respostas exclusivamente reativas, adotadas apenas após a instalação da crise.

Os resultados obtidos indicam que a segurança hídrica urbana deve ser compreendida como uma condição dinâmica, dependente da capacidade de adaptação dos serviços públicos frente às mudanças climáticas. Tal entendimento está alinhado às diretrizes internacionais de governança adaptativa, que defendem sistemas capazes de aprender com eventos extremos, incorporar mecanismos de antecipação de riscos e promover maior resiliência institucional.

Nesse sentido, a estiagem de 2024 evidenciou a necessidade de ampliar investimentos em monitoramento hidrológico, sistemas de alerta precoce e planejamento preventivo, reduzindo a vulnerabilidade das cidades amazônicas frente à recorrência de eventos extremos.

4 CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa demonstram que as estiagens extremas observadas na Amazônia não podem mais ser tratadas como eventos excepcionais. Estudos recentes indicam tendência de aumento na frequência e intensidade de secas severas em decorrência da combinação entre mudanças climáticas globais e processos regionais de degradação ambiental, especialmente o desmatamento.

A redução da cobertura florestal compromete a evapotranspiração e a formação dos chamados “rios voadores”, reduzindo a reciclagem de umidade responsável por parcela significativa das chuvas amazônicas. Como consequência, observa-se maior vulnerabilidade dos sistemas hídricos e aumento da probabilidade de ocorrência de secas prolongadas.

Diante desse cenário, torna-se necessário fortalecer os sistemas de monitoramento hidrológico, ampliar instrumentos de planejamento climático e institucionalizar protocolos permanentes de resposta a eventos extremos. Da mesma forma, mostra-se fundamental integrar políticas de recursos hídricos, saneamento, defesa civil, proteção ambiental e adaptação climática, superando abordagens setoriais fragmentadas.

A experiência de Manaus evidencia que a gestão da abundância hídrica já não é suficiente para garantir segurança hídrica. O desafio contemporâneo consiste em construir modelos de governança adaptativa capazes de administrar riscos climáticos crescentes, fortalecendo a resiliência urbana e a capacidade de resposta dos serviços públicos essenciais.

REFERÊNCIAS

AMAZONAS. Defesa Civil do Estado do Amazonas. Relatório Técnico: novembro de 2024. Manaus: Defesa Civil do Estado do Amazonas, 2024. Disponível em: Relatório Técnico Novembro 2024. Acesso em: 4 jun. 2026.

ASSAYAG, Daniela Lemos; MARQUES, Luiza Augusta Queiroz; BARBOSA, Felipe Teixeira; GUIMARÃES, Guilherme Carpina Farias; FONSECA, Gabriel Ferreira; NORTE FILHO, Antônio Ferreira do. Fenômeno da estiagem: o processo da enchente e da vazante nos rios amazônicos. *International Journal of Development Research*, v. 14, n. 10, p. 66911-66915, 2024. DOI: 10.37118/ijdr.28862.10.2024.

ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2024. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2024.

DAMACENA, Mônica Elcira Mergulhão; DOS SANTOS, Thiago Flores; MONTE, Eriverton Resende; DE ALBUQUERQUE, Carlossandro Carvalho. AÇÕES OPERACIONAIS E REGULATÓRIAS NO ENFRENTAMENTO DA ESTIAGEM DE 2024 EM MANAUS/AM. **Revista de Geopolítica**, *[S. l.]*, v. 16, n. 5, p. e1066, 2025. DOI: 10.56238/revgeov16n5-221.Disponível: https://revistageo.com.br/revgeo/article/view/1066. Acesso em: 5 jun. 2026.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. International Journal of Climatology, v. 36, n. 3, p. 1033-1050, 2016.

NOBRE, Antônio Donato. *O Futuro Climático da Amazônia: relatório de avaliação científica*. São José dos Campos: Centro de Ciência do Sistema Terrestre – INPE, 2014. Disponível em: https://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf. Acesso em: 4 jun. 2026.

OCDE. OECD Principles on Water Governance. Paris: OECD Publishing, 2015.

SGB/CPRM. Monitoramento Hidrológico da Bacia Amazônica. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2025.

PORTO DE MANAUS. Nível do Rio Negro. Manaus: Sociedade de Navegação, Portos e Hidrovias do Estado do Amazonas, [s.d.]. Disponível em: Porto de Manaus – Nível do Rio Negro. Acesso em: 4 jun. 2026.

TEIXEIRA, Isabelle Ferreira. *A estiagem no estado do Amazonas e o agravamento da vulnerabilidade social*. 2024. Artigo de Especialização (Pós-Graduação Lato Sensu em Estado, Trabalho e Políticas Públicas) – Universidade Federal do Amazonas, Parintins, 2024.