

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

SECAS SEVERAS E SAÚDE HUMANA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Alexandre Cunha Costa ¹; Rafaella Pessoa Moreira ² & Pieter Richard van Oel ³

Abstract: Severe droughts pose a significant risk to water security and public health, particularly through the proliferation of waterborne diseases. The impact of drought is determined not only by its intensity, but also by the resilience of affected populations. The overall objective of this work is to assess the influence of local water supply measures and health interventions on the number of hospitalizations due to diarrhea. In addition, the role of access to groundwater in water security during severe droughts will be assessed. The study area is the state of Ceará. The implementation of several water supply and public health measures in Ceará, Brazil, was associated with a reduction in the incidence of hospitalizations due to diarrhea during a recent period of severe drought. Furthermore, access to groundwater played a crucial role in mitigating the impacts of historical drought on water security and human health for diverse populations in a large tropical dry region. These results demonstrate the potential of adaptive measures to mitigate the impact of climate change on water-related human health.

Resumo: As secas severas apresentam um risco significativo para a segurança hídrica e saúde pública, particularmente através da proliferação de doenças transmitidas pela água. O impacto da seca não é determinado apenas pela sua intensidade, mas também pela capacidade de resiliência das populações afetadas. O objetivo geral deste trabalho é avaliar a influência de medidas locais de abastecimento de água e de intervenções de saúde no número de internações por diarreia. Também, será avaliado o papel do acesso à água subterrânea na segurança hídrica durante secas severas. A área de estudo é o Estado do Ceará. A implementação de diversas medidas de abastecimento de água e saúde pública no Ceará, Brasil, foi associada à redução da incidência de hospitalizações por diarreia durante um período recente de seca severa. Além disso, o acesso à água subterrânea desempenhou um papel crucial na mitigação dos impactos da seca histórica sobre a segurança hídrica e a saúde humana de diversas populações em uma grande região tropical seca. Esses resultados demonstram o potencial de medidas adaptativas para mitigar o impacto das mudanças climáticas na saúde humana relacionada à água.

Palavras-Chave – Secas Severas, Segurança Hídrica, Diarreia.

INTRODUÇÃO

As secas severas possuem um impacto prejudicial em vários setores, incluindo o armazenamento de água terrestre, energia, o meio ambiente e alimentação. Nas últimas décadas, a frequência e magnitude desses eventos aumentaram devido às mudanças climáticas (Rodell e Li 2023). Como consequência da sua abrangência multidimensional, longa duração e grande extensão geográfica, as secas severas apresentam um risco significativo para a segurança hídrica e saúde

1) Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus da Auroras, Rua José Franco de Oliveira, s/n, CEP: 62.790-970, Redenção, Ceará, Brasil, 85 99984-0239, cunhacos@unilab.edu.br

2) Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus da Auroras, Rua José Franco de Oliveira, s/n, CEP: 62.790-970, Redenção, Ceará, Brasil, 85 997489327, rafaellapessoa@unilab.edu.br

3) Water Resources Management Group, Wageningen University, Wageningen, Droevendaalsesteeg 3, 6708 PB Wageningen, Netherlands, +31317484826, pieter.vanoel@wur.nl

pública, particularmente através da proliferação de doenças transmitidas pela água (Wang *et al.* 2022).

Grande parte da literatura passada examinou a associação entre alterações climáticas e saúde (Moreira *et al.* 2020); no entanto, atualmente o foco mudou para a investigação se a construção de resiliência é eficaz contra eventos climáticos extremos (Piemontese *et al.* 2024). Nesse contexto, o impacto da seca não é determinado apenas pela sua intensidade e/ou duração, mas também pelo nível de desenvolvimento e capacidade de resiliência das populações afetadas (Kchouk *et al.* 2022).

Nas últimas décadas, pesquisas demonstraram que o impacto de secas severas no Brasil pode ter graves consequências sociais e econômicas, incluindo a destruição de plantações, desemprego e fome. Os efeitos da seca são particularmente pronunciados na região semiárida do Nordeste do Brasil (Villar *et al.* 2020, Walker *et al.* 2024). Além disso, a escassez hídrica está associada ao surgimento de doenças infecciosas (Rufino *et al.* 2016). Essa situação pode se estender além do escopo típico dos serviços e infraestrutura de saúde, especialmente durante os períodos em que são mais necessários (Grigoletto *et al.* 2016).

Primeiramente, neste trabalho, se irá avaliar se o aumento da presença de medidas locais de abastecimento de água e de saúde pública está associado a uma redução significativa no número de hospitalizações por diarreia no estado do Ceará, apesar da ocorrência de seca severa. Serão avaliadas medidas como a construção de cisternas para coleta da água da chuva e unidades de saneamento rural como medida de abastecimento de água e a expansão/redução de agentes de saúde e vacinação contra o rotavírus como medida de saúde pública.

Depois, uma região de planejamento de saúde, que engloba uma dezena de municípios, será selecionada para avaliação do papel do acesso às águas subterrâneas na mitigação dos impactos da insegurança hídrica e na salvaguarda da saúde humana. A insegurança hídrica será representada pela frequência de utilização de carros-pipa para atender as demandas hídricas municipais e a saúde humana é representada pelo número de internações por diarreia.

MATERIAS E MÉTODOS

Área de estudo

O estado do Ceará abriga mais de 9 milhões de pessoas, distribuídas em 184 municípios, e depende de recursos hídricos escassos. Desde 2012, a população dessa região tem sido afetada pelos impactos da seca meteorológica recorde registrada no Nordeste do Brasil (Colombo *et al.* 2024). Essa seca evidenciou a necessidade de medidas de abastecimento de água em larga escala e de saúde pública para superar a insegurança hídrica e o impacto das doenças transmitidas pela água relacionadas à seca. A seca meteorológica foi registrada na região principalmente de 2012 a 2017 (Figura 1).

O Ceará é administrativamente estruturado em cinco superintendências e 22 áreas descentralizadas de saúde (ADS) (Coelho *et al.* 2023). O sistema ADS visa organizar os serviços e ações de saúde em diferentes regiões do Brasil (MS 2021). Dentre as ADSs, a ADS de Iguatu (Figura 2), que abrange 10 municípios da superintendência regional do Cariri, foi selecionada para avaliação do papel do acesso às águas subterrâneas na mitigação dos impactos da insegurança hídrica e na salvaguarda da saúde humana. A ADS de Iguatu foi escolhida devido ao significativo potencial de acesso a águas subterrâneas de seus municípios (Costa *et al.* 2012). Esses municípios possuem uma diversidade demográfica, social e de saúde (desde cidades muito pequenas como Dep. Irapuan

Pinheiro, com 8.932 habitantes, até centros urbanos de médio porte como Iguatu, com 98.064 habitantes).

Figura 1 – Localização do Estado do Ceará na região semiárida brasileira, destacando a anomalia de precipitação de 2008 a 2022, utilizando o conjunto de dados Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Stations (disponível em <https://www.chc.ucsb.edu/data>, último acesso em: 26 de maio de 2024), e a distribuição espacial de reservatórios e barragens estratégicos. A seca meteorológica recorde ocorreu principalmente de 2012 a 2017.

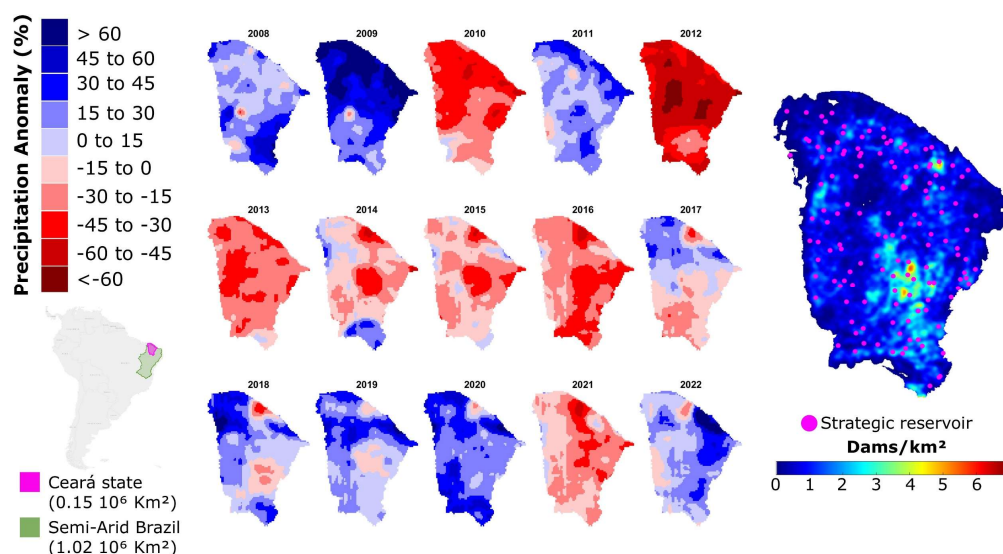
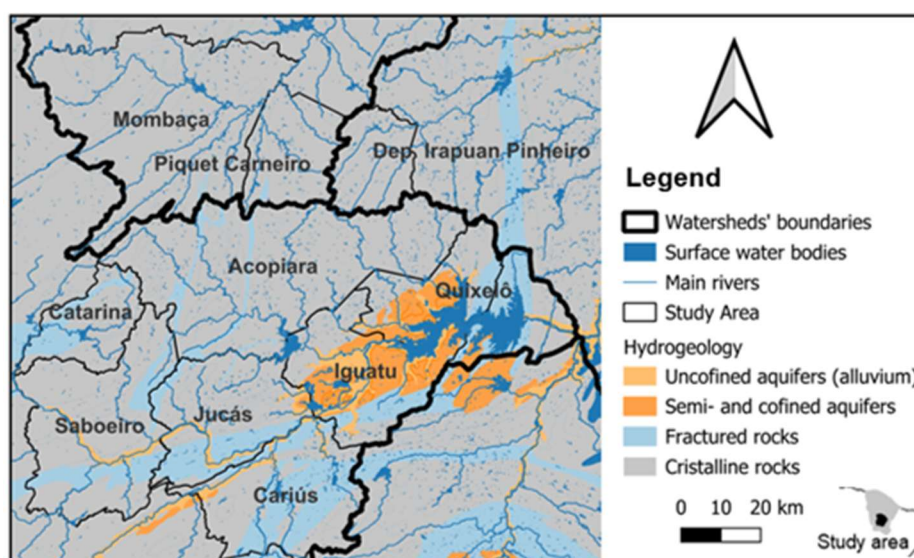


Figura 2 – Localização da área de estudo do papel do acesso às águas subterrâneas. O mapa hidrogeológico foi adaptado do IBGE (2003) e do SGB (2007).



Variáveis de pesquisa e fonte de dados

As seguintes variáveis foram avaliadas na primeira parte deste estudo: casos de hospitalização por diarreia, número de agentes comunitários de saúde, número de equipes de saúde da família, número de unidades de pronto atendimento (UPA), número de agentes de controle de endemias e

número de imunizados contra o rotavírus, número de cisternas construídas, número de unidades de saneamento rural, dados de frequência de serviços de carros-pipa, nível d'água e índice de estado trófico de 153 reservatórios estratégicos.

As seguintes variáveis foram avaliadas na segunda parte deste estudo: casos de hospitalização por diarreia, taxa de prevalência de diarreia, índice padronizado de precipitação (associado à seca), licenças de uso de água (tipo de fonte de água e vazão) para consumo humano e dados de frequência de serviços de carros-pipa.

Os dados foram coletados de fontes secundárias de domínio público, incluindo: (1) Sistema Unificado de Saúde do Ministério da Saúde (<https://datasus.saude.gov.br>); (2) Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (<https://www.gov.br/mdr/pt-br>); (3) Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (<https://portal.cogerh.com.br>); (4) Governo do Estado do Ceará; e (5) o banco de dados de Xavier et al. (2022).

Índice padronizado de precipitação

Para quantificar a seca meteorológica, foi utilizado o Índice Padronizado de Precipitação para uma janela de 12 meses (SPI-12) (McKee *et al.* 1993). A janela de 12 meses foi escolhida com base em sua maior adequação na análise de secas em ambientes semiáridos com estações secas e chuvosas distintas (Colombo *et al.* 2024). Nessas condições, uma escala de tempo menor que 12 meses (por exemplo, 3 ou 6 meses) pode capturar uma redução na precipitação durante a estação seca e indicar uma seca meteorológica nesse período já seco. Considerar uma janela de 12 meses permite a análise de estações secas e chuvosas unidas.

Além disso, a janela de 12 meses foi escolhida porque normalmente reflete a anomalia de precipitação associada à escassez de corpos d'água na região (van Oel *et al.* 2018; van Langen *et al.* 2021). A ferramenta utilizada para calcular o SPI-12 foi aquela disponível no *National Drought Mitigation Center* (NDMC 2017). Para cada município da ADS de Iguatu, foram calculados o início, o fim, a duração (soma dos meses com valores negativos do SPI-12) e a magnitude (soma absoluta dos valores negativos do SPI-12) das secas.

Análise estatística e apresentação dos resultados

Inicialmente, foram empregadas abordagens da estatística descritiva, que são usadas para resumir os grandes conjuntos de dados disponíveis em medidas e em séries temporais. Na primeira parte deste estudo, o teste de Mann-Kendall foi aplicado para avaliar se há uma tendência monotônica de aumento ou diminuição. Em seguida, a análise de correlação de Pearson foi empregada para investigar a relação entre hospitalizações por diarreia (variável-alvo) e medidas de abastecimento de água e saúde pública.

Na segunda parte deste estudo, para investigar a influência do acesso à água subterrânea e das características da seca (variáveis explicativas) na insegurança hídrica e na prevalência de hospitalizações por diarreia (variáveis-alvo), foi aplicada uma regressão linear múltipla *backward-stepwise* com base nos municípios estudados. Considerando a limitação dos dados, a regressão linear múltipla foi usada por ser o modelo mais simples de ser aplicado. O desempenho da regressão linear múltipla foi avaliado pelo cálculo do coeficiente de determinação ajustado. O fator de inflação da variância (VIF) foi aplicado para avaliar a multi-colinearidade das variáveis explicativas, com VIF menor que 2,5 sugerindo a presença de colinearidade fraca entre as covariáveis. Antes da regressão, as variáveis foram transformadas usando o escore z.

As variáveis de confusão foram controladas por meio da análise de correlação (Pearson) entre os dados socioeconômicos das áreas de estudo (<https://www.ibge.gov.br/>) e as variáveis-alvo. O software estatístico R (<https://www.r-project.org/>) foi usado para conduzir a análise estatística. Os resultados são apresentados em tabelas, mapas, séries temporais e equações.

Considerações éticas

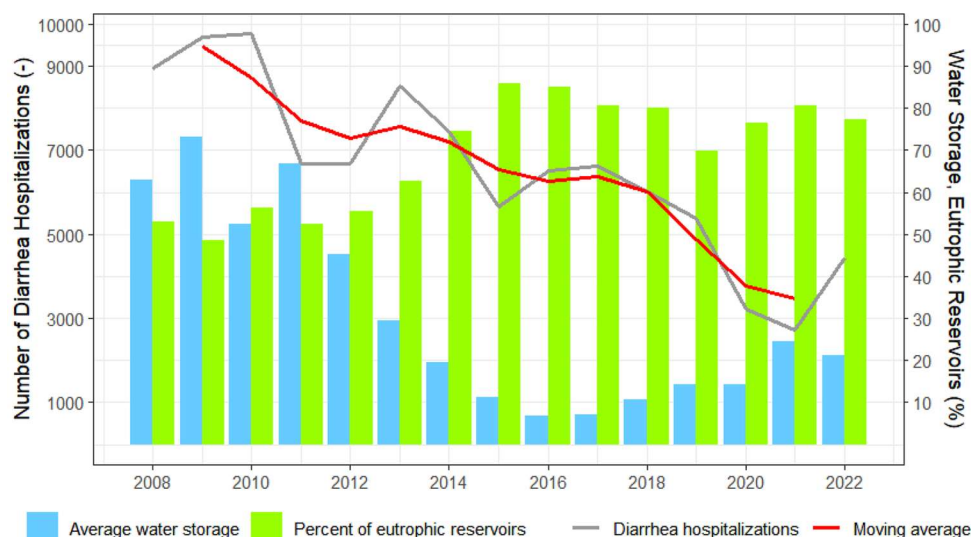
O estudo está em conformidade com os princípios éticos da pesquisa científica, uma vez que não envolve interação direta com participantes humanos. Portanto, a submissão a um Comitê de Ética em Pesquisa não foi necessária, em conformidade com as diretrizes internacionais que isentam de revisão ética estudos que se baseiam exclusivamente em dados publicamente disponíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Secas e hospitalizações por diarreia no Ceará

A incidência de internações por diarreia no Estado do Ceará apresentou um declínio acentuado de 2008 a 2022. Uma média móvel de 3 anos revela um declínio total de -63%, correspondendo a uma média de -4,9% ao ano. Essa tendência de queda na incidência de internações por diarreia (teste de Mann-Kendall; $P < 0,001$) ocorreu mesmo durante e após a seca meteorológica registrada de 2012 a 2017 na região (Figura 3).

Figura 3 – São apresentadas as internações anuais por diarreia no Estado do Ceará e sua média móvel de 3 anos. São destacados também o percentual de armazenamento médio de água nos grandes reservatórios (%) e o percentual de reservatórios eutróficos (%), ou seja, o percentual de reservatórios que foram classificados como eutróficos.



A seca meteorológica se estendeu além do domínio meteorológico, resultando em perdas quantitativas e qualitativas nos recursos hídricos da região. Antes do início da seca meteorológica, os níveis de armazenamento de água dos reservatórios estavam entre 50 e 75%, o que está bem acima do limite operacional para condições de seca hidrológica, que é de 30% do armazenamento no grande sistema de reservatórios (FUNCEME 2024). Assim, a seca hidrológica ocorre quando o armazenamento de água está abaixo de 30% do armazenamento em um grande reservatório. No

entanto, no ano inicial da seca meteorológica (2012), o nível de armazenamento caiu para 45%, e no segundo ano da seca meteorológica (2013), o início da seca hidrológica foi evidenciado por um nível de armazenamento de água de 29% (abaixo do limite operacional de 30%). Posteriormente, o armazenamento de água declinou nos anos seguintes, atingindo um mínimo histórico de 6,7% em 2016. Após esse recorde mínimo, o armazenamento de água iniciou uma recuperação gradual. No entanto, a seca hidrológica persistiu até a conclusão da série temporal disponível.

Conforme ilustrado na Figura 3, a escassez hídrica de longo prazo (tendência de queda do armazenamento de água de 2008 a 2022; teste de Mann-Kendall; $P < 0,05$) teve um impacto profundo na qualidade da água, ou seja, no número de reservatórios eutróficos na região. Aproximadamente 50% dos reservatórios eram eutróficos, ou seja, tinham água de baixa qualidade, de 2008 a 2012, antes do início da seca hidrológica em 2013. Posteriormente, a proporção aumentou para 63% em 2013 e continuou a aumentar até 2015 e 2016, quando atingiu um pico de 86% (tendência de aumento do número de reservatórios eutróficos de 2008 a 2016; teste de Mann-Kendall; $P < 0,01$). Consequentemente, em 2016, o armazenamento de água nos grandes reservatórios foi limitado a 6,7%, com 86% dos corpos d'água apresentando características eutróficas. A qualidade da água apresentou uma ligeira melhora ao longo do triênio subsequente (2017-2019), acompanhada por um aumento correspondente no armazenamento de água (sem significância estatística). Em 2019, o número de reservatórios eutróficos atingiu 70%. No entanto, após um breve período de recuperação da qualidade da água, o número de reservatórios eutróficos voltou a aumentar no período de 2020 a 2022 (sem significância estatística), apesar do crescimento contínuo do armazenamento de água.

Isso levanta a questão de por que o estresse hídrico prolongado excepcional não resultou em um aumento significativo na incidência de doenças diarreicas, como observado em eventos de seca anteriores na região (Svitone *et al.* 2000, Rocha e Soares 2015). De fato, em nosso estudo, a incidência de doenças diarreicas foi positivamente correlacionada com o armazenamento de água (coeficiente de correlação de Pearson = 0,61; $P < 0,05$) e negativamente correlacionada com o número de reservatórios eutróficos (coeficiente de correlação de Pearson = -0,67; $P < 0,001$).

Além disso, entre 2010 e 2020, a expansão dos sistemas sanitários urbanos foi consideravelmente limitada. O IBGE (IBGE 2010, 2022) relata um aumento de apenas 2% e 8% nos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto, respectivamente. Vale ressaltar que os sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto eram acessíveis a apenas 79,21% e 41,17% da população total em 2020, respectivamente (IBGE 2022). Vale ressaltar também que essa redução nas internações por diarreia ocorreu concomitantemente à expansão do número de hospitais, o que poderia potencialmente permitir uma maior taxa de internação.

Portanto, quais medidas foram implementadas que não apenas evitaram os resultados de saúde relacionados à seca, mas também mantiveram a tendência negativa de hospitalizações por diarreia durante a seca recorde? Neste estudo, apresentamos dois grupos de medidas que foram aplicadas durante a maior parte do período de seca. Essas medidas nos ajudam a elucidar as questões levantadas acima.

Medidas de abastecimento local de água e intervenções de saúde

As internações por diarreia apresentaram alta correlação com o número de cisternas de águas pluviais (coeficiente de correlação de Pearson = -0,73; $P < 0,05$) e unidades de saneamento rural (coeficiente de correlação de Pearson = -0,74; $P < 0,01$). Não foi encontrada correlação significativa entre as internações por diarreia e o número de municípios atendidos por carros-pipa. As internações por diarreia apresentaram alta correlação com o número de Agentes Comunitários de Saúde

(coeficiente de correlação de Pearson = -0,80; $P < 0,005$) e Equipes de Saúde da Família (coeficiente de correlação de Pearson = -0,72; $P < 0,01$). Não foi encontrada correlação significativa para internações por diarreia com as demais intervenções de saúde.

Devido às mudanças climáticas, que provavelmente resultarão em secas severas mais frequentes (Naumann *et al.* 2018, Pokhrel *et al.* 2021) e aumento da eutrofização (Lürling *et al.* 2018, Meerhoff *et al.* 2022), e considerando as restrições financeiras e técnicas que os sistemas tradicionais de coleta de água potável e esgoto podem enfrentar para atender comunidades com escassez hídrica, nossa avaliação identifica potenciais medidas adaptativas para lidar com os impactos das mudanças climáticas na saúde humana relacionada à água. Dessa forma, nosso estudo contribui para a implementação mais ampla de medidas de proteção contra a gama de riscos climáticos à saúde (Campbell-Lendrum *et al.* 2023).

Insegurança hídrica e hospitalizações por diarreia na ADS do Iguatu-Ceará

Para avaliar a influência do acesso à água subterrânea e da severidade da seca na necessidade de serviços de carros-pipa, foi realizada uma análise de regressão linear múltipla. Foi identificada uma associação significativa ($R^2_{adj.} = 0,74$; $p < 0,005$) entre a frequência de serviços de carros-pipa (WT), o número de licenças de uso de água subterrânea (GWL) e a magnitude da seca (DM):

$$WT = -0.603 \cdot GWL + 0.531 \cdot DM \quad (1)$$

GWL (IC 95%: -1,015, -0,191; $t = -3,46$; $p < 0,05$) e DM (IC 95%: 0,943, 0,118; $t = 3,04$; $p < 0,05$) foram preditores significativos no modelo (Equação 1), apresentando valores de VIF menores que 2,5, sugerindo uma fraca colinearidade entre as covariáveis. Um maior número de licenças de uso de águas subterrâneas e uma seca menos severa reduziram a frequência de acionamentos de carros-pipa, com o impacto das licenças de uso de águas subterrâneas sendo ligeiramente mais pronunciado do que o da magnitude da seca. Isso ressalta o papel crítico do acesso à água subterrânea na mitigação dos impactos da seca na insegurança hídrica nos municípios estudados. Ao tentar associar a frequência dos serviços de carros-pipa com os fatores socioeconômicos, não foi encontrada correlação significativa de Pearson.

Para avaliar a influência do acesso à água subterrânea e das características da seca no coeficiente de prevalência da diarreia (i.e., número de casos de hospitalização por diarreia a cada 10.000 habitantes), foi identificado um modelo de regressão linear múltipla significativo ($R^2_{adj.} = 0,75$; $p < 0,01$), envolvendo o coeficiente de prevalência de diarreia (CP), o número de licenças de uso de água subterrânea (GWL), duração da seca (DD) e magnitude da seca (DM):

$$CP = -0.423 \cdot GWL + 0.590 \cdot DD - 1.075 \cdot DM \quad (2)$$

GWL (IC 95%: -0,841, -0,001; $t = -2,48$; $p < 0,05$), DD (IC 95%: 0,085, 1,095; $t = 2,861$; $p < 0,05$) e DM (IC 95%: -1,581, -0,569; $t = -5,197$; $p < 0,01$) foram preditores significativos no modelo (Equação 2), mostrando valores de VIF menores que 2,5, sugerindo que houve uma colinearidade fraca entre as covariáveis. Um maior número de licenças de uso de águas subterrâneas está associado a um menor número de hospitalizações por diarreia, enquanto uma seca mais longa e menos severa se correlaciona com um maior número de hospitalizações. As variáveis explicativas influenciam o coeficiente de prevalência na seguinte ordem: magnitude da seca, duração da seca e número de licenças de uso de águas subterrâneas. O peso da magnitude da seca, em termos absolutos, é aproximadamente o dobro do da duração da seca e das licenças de águas subterrâneas. No entanto, o acesso à água subterrânea continuou sendo um fator crítico para neutralizar os impactos da seca na saúde, particularmente na redução de hospitalizações relacionadas à diarreia nos municípios

estudados. Ao tentar associar o coeficiente de prevalência com fatores socioeconômicos e unidades de saúde, não foi encontrada correlação significativa de Pearson.

O acesso à água subterrânea provou ser essencial para mitigar tanto a insegurança hídrica quanto os resultados adversos para a saúde durante a seca histórica. Portanto, a seca e a gestão da água subterrânea devem ser consideradas em conjunto (Calow *et al.* 2010, Petersen-Perlman *et al.* 2022), com os resultados para a saúde integrados ao planejamento. A relação entre acesso à água subterrânea, seca e diarreia identificada neste estudo exemplifica o nexos mais amplo entre segurança hídrica-seca-saúde, conforme evidenciado em outros estudos. Por exemplo, Wang *et al.* (2022) demonstraram que a seca estava associada ao aumento da incidência de diarreia entre crianças menores de cinco anos em 51 países de baixa e média renda, com o efeito sendo mais pronunciado em domicílios com maior insegurança hídrica e padrões de higiene mais baixos.

CONCLUSÕES

A implementação de diversas medidas de abastecimento de água e saúde pública no Ceará, Brasil, foi associada à redução da incidência de hospitalizações por diarreia durante um período recente de seca severa. Isso demonstra o potencial de medidas adaptativas para mitigar o impacto das mudanças climáticas na saúde humana relacionada à água. Essas medidas são úteis para proteger populações vulneráveis de terras secas contra riscos à saúde relacionados ao clima.

Além disso, o acesso à água subterrânea desempenhou um papel crucial na mitigação dos impactos da seca histórica sobre a segurança hídrica e a saúde humana de diversas populações em uma grande região tropical seca. Os mecanismos identificados que impulsionam a redução da segurança hídrica e o aumento dos problemas de saúde durante a seca — com base em variáveis-chave como o número de licenças de uso de água subterrânea, a duração e a magnitude da seca — têm potencial para serem integrados em cenários de políticas públicas para a gestão da água e da saúde pública, que poderão ser avaliados mais detalhadamente em pesquisas futuras.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/Brasil, CNPq/MCTI/FNDCT nº 18/2021 – Faixa A – Grupos Emergentes (número de referência 402514/2021-1), Chamada CNPq nº 09/2023 – Bolsas de Produtividade em Pesquisa (número de referência 306380/2023-4) e pelo Dutch Research Council (NWO) (projeto W 07.30323.007).

REFERÊNCIAS

- Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). (2010). *Census 2010*. Available at: <https://censo2010.ibge.gov.br/> (Accessed 30th November 2024).
- Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). (2022). *Census Overview 2022*. Available at: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/> (Accessed 30th November 2024).
- CALOW, R.C.; MACDONALD, A.M.; NICOL, A.L.; ROBINS, N.S. (2010). “Ground water security and drought in Africa: linking availability, access, and demand”. *Ground Water* 48(2), pp. 246–256.
- CAMPBELL-LENDRUM, D.; NEVILLE, T.; SCHWEIZER, C.; NEIRA, M. (2023). “Climate change and health: three grand challenges”. *Nature Medicine* 29, pp. 1631–1638.

- Ceará Meteorology and Water Resources Foundation (FUNCEME). (2024). *Stored Volume–Reservoirs*. Available at: <http://www.funceme.br/hidro-ce-zend/> (Accessed 30th November 2024).
- COELHO, T.M.; MOTA, M.V.; FAÇANHA, M.A.G.R.; ET AL. (2023). *Regional Health Plan 2023-2027 – Cariri Region – Ceara*. https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2023/08/PSR_CARIRI_FINAL.pdf
- COLOMBO, P.; RIBEIRO NETO, G.G.; COSTA, A.C.; ET AL. (2024). “*Modeling the influence of small reservoirs on hydrological drought propagation in space and time*”. *Journal of Hydrology* 629, 130640.
- COSTA, A.C.; BRONSTERT, A.; ARAÚJO, J.C. (2012). “*A channel transmission losses model for different dryland rivers*”. *Hydrology and Earth System Sciences* 16(4), pp. 1111–1135.
- Geological Survey of Brazil (SGB) (2007). *Map of hydrogeological domains and subdomains of Brazil: groundwater - Scale: 1:2.500.000*. Rio de Janeiro.
- GRIGOLETO, J.C.; CABRAL, A.R.; BONFIM, C.V.; ET AL. (2016). “*Management of health sector actions in drought situations*”. *Ciencia & Saude Coletiva* 21, pp. 709–718.
- KCHOUK, S.; MELSEN, L.A.; WALKER, D.W.; VAN OEL, P.R. (2022). “*A geography of drought indices: mismatch between indicators of drought and its impacts on water and food securities*”. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci* 22, pp. 323–344.
- LÜRLING, M.; MELLO, M.M.; VAN OOSTERHOUT, F.; ET AL. (2018). “*Response of natural cyanobacteria and algae assemblages to a nutrient pulse and elevated temperature*”. *Frontiers in Microbiology* 9, 1851.
- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. (1993). “The relationship of drought frequency and duration to time scales” in *Anais da 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, Jan. 17-22, pp. 179-184.
- MEERHOFF, M.; AUDET, J.; DAVIDSON, T.A.; ET AL. (2022). “*Feedback between climate change and eutrophication: revisiting the allied attack concept and how to strike back*”. *Inland Waters* 12, pp. 187–204.
- MOREIRA, R.P.; COSTA, A.C.; GOMES, T.F.; FERREIRA, G.O. (2020). “*Climate and climate-sensitive diseases in semi-arid regions: A systematic review*”. *International journal of public health* 65, pp. 1749-1761.
- National Drought Mitigation Center (NDMC) (2017) *Downloadable SPI program*. National Drought Mitigation Center, Nebraska.
- NAUMANN, G.; ALFIERI, L.; WYSER, K.; ET AL. (2018). “*Global changes in drought conditions under different levels of warming*”. *Geophysical Research Letters* 45, pp. 3285–3296.
- PETERSEN-PERLMAN, J.D.; AGILAR-BARAJAS, I.; MEGDAL, S.B. (2022). “*Drought and groundwater management: Interconnections, challenges, and policy responses*”. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health* 28, 100364.
- PIEMONTESE, L.; TERZI, S.; DI BALDASSARRE, G.; ET AL. (2024). “*Over-reliance on water infrastructure can hinder climate resilience in pastoral drylands*”. *Nat. Clim. Chang.* 14, pp. 267–274
- POKHREL, Y.; FELFELANI, F.; SATOH, Y.; ET AL. (2021). “*Global terrestrial water storage and drought severity under climate change*”. *Nature Climate Change* 11, pp. 226–233.
- ROCHA, R.; SOARES, R.R. (2015). “*Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid*”. *Journal of Development Economics* 112, pp. 72–91.
- RODELL, M.; LI, B. (2023). “*Changing intensity of hydroclimatic extreme events revealed by GRACE and GRACE-FO*”. *Nature Water* 1, pp. 241-248.
- RUFINO, R.; GRACIE, R.; SENA, A.; ET AL. (2016). “*Diarrhea outbreaks in northeastern Brazil in 2013, according to media and health information systems– surveillance of climate risk and health emergencies*” *Ciencia & Saude Coletiva* 21, pp. 777–788.

- SVITONE, E.C.; GARFIELD, R.; VASCONCELOS, M.I.; CRAVEIROET, V.A. (2000). “*Primary health care lessons from the northeast of Brazil: the Agentes de Saúde Program*”. Revista Panamericana de Salud Publica 7, pp. 293–301.
- VAN LANGEN, S.C.H.; COSTA, A.C.; RIBEIRO NETO, G.G.; VAN OEL, P.R. (2021). “*Effect of a reservoir network on drought propagation in a semi-arid catchment in Brazil*”. Hydrol. Sci. J 66(10), pp. 1567-1583.
- VAN OEL, P.R.; MARTINS, E.S.P.R.; COSTA, A.C.; ET AL. (2018). “*Diagnosing drought using the downstreamness concept: the effect of reservoir networks on drought evolution*”. Hydrol Sci J 63(7), pp. 979–90.
- VILLAR, R.A.A.; CORREIA, M.F.; NÓBREGA, R.S.; ET AL. (2020). “*Impact evaluation of dried dryes in the northeast Brazil on electric power generation through the NEWAVE model: projection of affluent and stored energies*”. Revista Brasileira de Meteorologia 35, pp. 89–98.
- WALKER, D.W.; OLIVEIRA, J.L.; CAVALCANTE, L.; ET AL. (2024). “*It's not all about drought: what 'drought impacts' monitoring can reveal*”. International Journal of Disaster Risk Reduction 103, 104338.
- WANG, P.; ASARE, E.; PITZER, V.E.; ET AL. (2022). “*Associations between long-term drought and diarrhea among children under five in low- and middle-income countries*”. Nature Communications 13, 3661.