

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA COMO ESTRATÉGIA DE SANEAMENTO EM ÁREAS URBANAS VULNERÁVEIS: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

Alyne Lemos¹; Selton Nunes²; Isabelle Câmara³ & Daniele Vich⁴

RESUMO

Este estudo analisou a captação de água da chuva como estratégia complementar de saneamento em áreas urbanas vulneráveis, com base em evidências empíricas obtidas na comunidade de Jardim Monte Verde, entre Recife e Jaboatão dos Guararapes (PE). A pesquisa adotou abordagem quantitativa com suporte qualitativo, avaliando um sistema descentralizado de captação, armazenamento e tratamento de águas pluviais instalado em residências com abastecimento intermitente. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas em 38 amostras coletadas entre os períodos seco e chuvoso. Os resultados demonstraram desempenho satisfatório dos parâmetros físico-químicos, com valores de turbidez, dureza, pH e condutividade elétrica compatíveis com os padrões de potabilidade e semelhantes aos da rede pública de abastecimento de água. As análises microbiológicas evidenciaram que a segurança hídrica depende diretamente do manejo adequado do sistema pelos usuários, especialmente quanto à cloração e ao descarte da primeira água de chuva. Conclui-se que a efetividade dessas soluções depende da integração entre infraestrutura, educação sanitária e suporte técnico continuado.

Palavras-Chave – Saneamento urbano; Qualidade da água; Segurança hídrica.

ABSTRACT

This study analyzes rainwater harvesting as a complementary sanitation strategy in vulnerable urban areas, based on empirical evidence obtained in the Jardim Monte Verde community, located between Recife and Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brazil. The research adopted a quantitative approach supported by qualitative analysis, evaluating a decentralized rainwater collection, storage, and treatment system installed in households affected by intermittent water supply. Physicochemical and microbiological analyses were conducted on 38 samples collected during dry and rainy periods. The results demonstrated satisfactory physicochemical performance, with turbidity, hardness, pH, and electrical conductivity values compatible with drinking water standards and similar to those of the public water supply network. Microbiological analyses showed that water safety depends directly on the proper management of the system by users, especially regarding chlorination and first-flush disposal. The findings indicate that the effectiveness of these solutions depends on the integration of infrastructure, sanitary education, and continuous technical support.

Key-words – Urban sanitation; Water quality; Water security.

¹ Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento - Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: alyne.lemos@ctec.ufal.br

² Graduando em Química Industrial - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

³ Doutora em Tecnologias Ambientais - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); PLUVI Soluções Ambientais Inteligentes.

⁴ Professora da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Centro de Tecnologia (CTEC). E-mail: daniele.vich@ctec.ufal.br

INTRODUÇÃO

A intensificação da urbanização, combinada à desigualdade socioespacial e aos impactos das mudanças climáticas, tem aprofundado as limitações no acesso à água e ao saneamento em áreas urbanas, particularmente em territórios vulneráveis. No contexto brasileiro, apesar dos avanços institucionais introduzidos pelo Novo Marco Legal do Saneamento, persistem déficits estruturais na provisão de serviços de abastecimento, evidenciando a dificuldade de universalização em assentamentos precários (Jesus *et al.*, 2023).

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA)⁵ indicam que milhões de brasileiros ainda enfrentam acesso irregular à água, sobretudo em áreas periféricas, onde o serviço é frequentemente intermitente e desigual (SNISA, 2023; IPEA, 2022). No Brasil, o acesso desigual à água agrava a pobreza urbana, elevando custos de vida e ampliando riscos à saúde, especialmente em áreas periurbanas (IPEA, 2022). Mulheres e crianças são particularmente afetadas, uma vez que a responsabilidade pela gestão da água no âmbito doméstico recai desproporcionalmente sobre elas (UNICEF; WHO, 2023).

Diante dessas limitações, torna-se necessária a adoção de estratégias complementares capazes de ampliar a segurança hídrica e reduzir a vulnerabilidade urbana. Paralelamente, mudanças nos regimes de precipitação, com maior irregularidade e intensificação de eventos extremos, têm ampliado a pressão sobre os sistemas urbanos, comprometendo sua eficiência e resiliência (IPCC, 2022; Vaz *et al.*, 2026).

Nesse contexto, soluções descentralizadas de abastecimento, como os sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, são alternativas para ampliar a disponibilidade hídrica em escala domiciliar. Além de contribuir para o acesso à água, essas soluções podem reduzir o escoamento superficial e aliviar a pressão sobre sistemas convencionais, inserindo-se no campo das infraestruturas sustentáveis urbanas (Teston *et al.*, 2024).

Apesar do avanço de soluções descentralizadas, a literatura permanece concentrada em análises técnicas de viabilidade, com lacunas sobre o impacto prático em contextos urbanos vulneráveis. Diante disso, este estudo analisou um sistema de captação de água pluvial em uma comunidade do Recife, avaliando não apenas a ampliação do acesso à água, mas também a viabilidade sanitária da água armazenada e a influência crítica do manejo dos usuários na manutenção da potabilidade.

⁵ Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básica (SINISA) foi definido no art. 53 da Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pela Lei nº 14.026, em 2020.

METODOLOGIA

A pesquisa configura-se como um estudo de caso, adotando uma abordagem quantitativa com suporte qualitativo, com foco em evidências empíricas de saneamento, de uma solução descentralizada de captação e abastecimento de água da chuva.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreendeu a comunidade de Jardim Monte Verde, caracterizada pelo IBGE (2022) como território limítrofe entre Recife e Jaboatão dos Guararapes (PE). Estima-se que a comunidade abrigue cerca de 9 mil habitantes em 2.500 domicílios, apresentando elevada vulnerabilidade socioeconômica, com 80,5% da população adulta recebendo até um salário mínimo (IBGE, 2022).

A configuração físico-territorial é marcada por relevo acidentado, com declividades acentuadas e ocupação em áreas suscetíveis a processos erosivos, características que, associadas à limitação de infraestrutura urbana, reforçam a adequação de abordagens metodológicas baseadas em recortes intraurbanos. O local foi palco de deslizamento de encostas em 2022 (Figura 1), em evento chuvoso extremo no qual mais de 50 vidas foram perdidas na comunidade.



Figura 1 – Vista da área de estudo, após desastre ambiental em 2022. (Folha de São Paulo, 2022).

Sistema Descentralizado de Captação de Águas Pluviais

O sistema analisado consiste em uma tecnologia descentralizada de captação, armazenamento e tratamento de águas pluviais, desenvolvida pela startup PLUVI Soluções Ambientais. A solução incorpora o dispositivo DesviUFPE, responsável pelo descarte automático da primeira água de

chuva, etapa destinada à remoção de contaminantes iniciais provenientes da superfície de captação.

Após essa etapa, a água armazenada passa por processo de filtração por barreiras físicas no ponto de consumo, promovendo a redução de turbidez e de contaminantes microbiológicos, como coliformes totais e *Escherichia coli*. O sistema (Figura 2) é acoplado às calhas das edificações, com estrutura que inclui um reservatório elevado com capacidade de 1.300 litros, projetado para integração com diferentes fontes de abastecimento, incluindo água de chuva e fontes convencionais.



Figura 2 – Sistema PluGoW® e análise da água em residências beneficiadas. (PLUVI, 2026).

A adoção desse sistema está diretamente relacionada à ampliação do acesso à água potável, sendo utilizado para abastecimento domiciliar em contexto de acesso intermitente à água.

Análise da Qualidade da Água

Para compreender a viabilidade do sistema como solução de saneamento urbano, foram conduzidas análises laboratoriais comparativas da qualidade físico-química e microbiológica da água armazenada, a partir de 38 amostras coletadas diretamente no ponto de consumo (torneira instalada pela PLUVI nas residências beneficiadas), identificadas pela sigla JMV e pelo número do sistema instalado.

Como o reservatório permite o abastecimento simultâneo de água por fontes diversas, como água pluvial, da concessionária e água de poço, os dados identificados como “Água da Chuva” devem ser avaliados como uma provável mistura entre essas 3 fontes. Foram coletadas, semanalmente, amostras, na torneira da cozinha, em uma casa cuja única fonte de abastecimento era a concessionária, a fim de comparar a qualidade hídrica das fontes. As amostras foram coletadas entre os meses de novembro a dezembro e de março a abril, caracterizando períodos seco e chuvoso, respectivamente. Foram avaliados parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica,

cor, turbidez, e dureza) e microbiológicos (presença ou ausência de coliformes totais e *E. coli*), de acordo com o *Standard Methods for Water and Wastewater* (APHA, 2023). Água destilada estéril foi utilizada como controle negativo para as análises de microbiologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros Físico-Químicos

1. pH, cor e turbidez

O pH está relacionado ao grau de acidez ou alcalinidade da água, influenciando fatores como corrosão e eficiência dos processos de desinfecção. A variação do pH entre 5,8 e 8,9 na água da chuva demonstrou similaridade com a água fornecida pela concessionária, cujo pH variou de 5,69 a 7,42, indicando níveis compatíveis com os da rede pública de abastecimento. O intervalo indicado para pH pela Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021) entre 6,0 e 9,5, apresentam uma faixa adequada para consumo humano.

Os parâmetros de cor e turbidez são importantes indicadores da qualidade da água, pois são influenciados pela presença de substâncias dissolvidas e partículas em suspensão. A variação dos valores de cor observada nas coletas realizadas nos meses de março e abril (1,0–68,0 PtCo) indica que a presença de sujidades nos telhados e a ausência de limpeza periódica influenciam diretamente o aspecto visual da água, em contraste com os valores estáveis registrados para a água encanada (7 PtCo) (Figura 3).

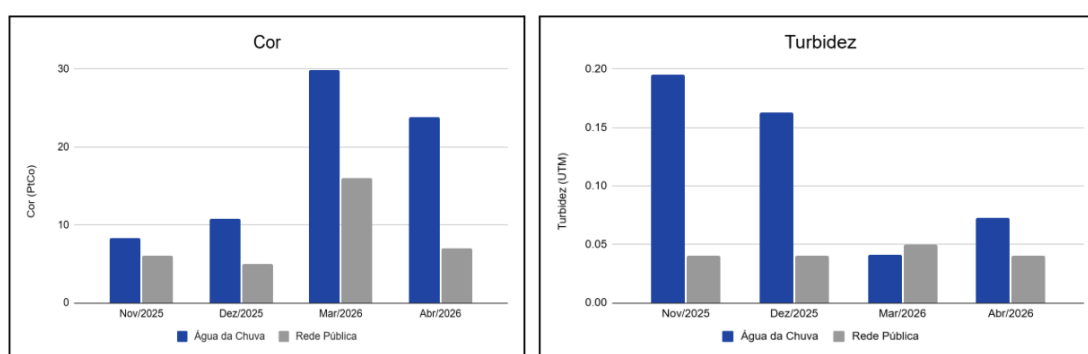


Figura 3 – Valores de cor e turbidez em amostras de água da chuva e água da concessionária de abastecimento, coletadas entre novembro e dezembro de 2025 e entre março e abril de 2026.

A turbidez da água da chuva manteve-se abaixo do limite de 5 NTU estabelecido pela legislação, apresentando variação entre 0,04 e 0,86 NTU. Esses valores demonstram elevada eficiência na clarificação da água e aproximam-se do valor de 0,04 NTU observado na água da rede

pública de abastecimento. Os resultados obtidos para pH, cor e turbidez são semelhantes aos reportados em estudos anteriores realizados em ambientes urbanos e rurais (Oliveira et al., 2023; Souza et al., 2023).

2. Condutividade e Dureza

O painel à esquerda na Figura 4a mostra que os valores de condutividade elétrica para ambas as fontes de captação variam entre 110 e 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando concentrações de sais dissolvidos substancialmente inferiores ao limite normativo, atestando o enquadramento das amostras no padrão seguro de potabilidade exigido pela legislação. A dureza total da água pluvial está abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP) de 500 mg/L e similar ao da concessionária (31,02 mg/L) (painel à direita, Figura 4b).

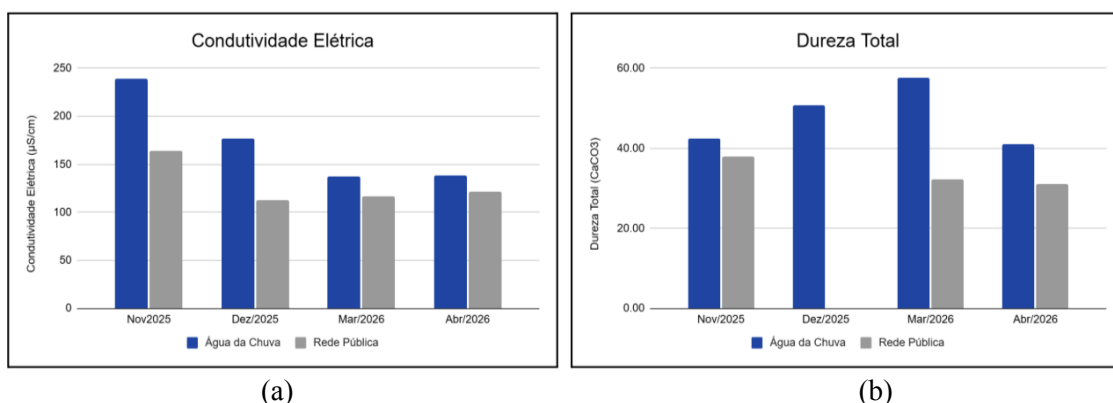


Figura 4 – Condutividade elétrica (a) e dureza total (b) do período de novembro de 2025 e março a abril de 2026 das amostras de água da chuva e da concessionária.

Parâmetros Microbiológicos

A avaliação microbiológica evidenciou que a concentração do cloro livre na água influencia diretamente na presença de coliformes totais e *E. coli* nas amostras. A Tabela 1 mostra que 55% das amostras analisadas mantiveram índices de cloro residual livre acima do limite mínimo exigido de 0,2 ppm pela Portaria 888/21 do Ministério da Saúde. Dentre elas, 76% apresentaram ausência de coliformes totais e *E. coli*.

Tabela 1: Cloro livre e parâmetros microbiológicos (coliformes totais e *E. coli*) nas amostras coletadas.

Amostra - Data Coleta	Cloro Livre (ppm)	Cloro livre (conformidade com Portaria)	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>	Microbiológicos (conformidade com Portaria)
Portaria MS 888/21	> 0,2	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 121 - 25/11/2025	1,77	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme

JMV 239 - 25/11/2025	0,96	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 055 - 26/11/2025	0,82	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 065 - 26/11/2025	1,84	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 105 - 02/12/2025	0,88	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 171 - 02/12/2025	1,21	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 302 - 02/12/2025	1,59	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 303 - 02/12/2025	0,14	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 311 - 02/12/2025	0,21	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 167 - 02/12/2025	2,84	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 240 - 02/12/2025	1,71	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 385 - 08/12/2025	2,90	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 79 - 25/03/2026	0,05	Inconforme	Presente	Ausente	Inconforme
JMV 103 - 25/03/2026	1,51	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 152 - 25/03/2026	0,05	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 163 - 25/03/2026	0,00	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 184 - 25/03/2026	0,19	Inconforme	Ausente	Ausente	Inconforme
JMV 209 - 25/03/2026	0,45	Conforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 315 - 25/03/2026	0,16	Inconforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 337 - 25/03/2026	0,33	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 342 - 25/03/2026	0,03	Inconforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 367 - 25/03/2026	0,05	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 82 - 14/04/2026	0,07	Inconforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 91 - 14/04/2026	0,12	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 92 - 14/04/2026	0,05	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 211 - 14/04/2026	0,01	Inconforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 226 - 14/04/2026	0,15	Inconforme	Presente	Ausente	Inconforme
JMV 235 - 14/04/2026	0,21	Conforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 284 - 14/04/2026	0,21	Conforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 357 - 14/04/2026	0,28	Conforme	Presente	Ausente	Inconforme
JMV 420 - 14/04/2026	0,96	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 423 - 14/04/2026	0,35	Conforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 441 - 15/04/2026	3,01	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 447 - 15/04/2026	0,05	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 449 - 15/04/2026	0,08	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 452 - 15/04/2026	0,06	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme
JMV 453 - 15/04/2026	2,07	Conforme	Ausente	Ausente	Conforme
JMV 496 - 15/04/2026	0,14	Inconforme	Presente	Presente	Inconforme

Fonte: Autores (2025).

As amostras com cloro livre no ponto de consumo acima de 0,82 ppm (4,1 vezes o limite mínimo indicado na Portaria) apresentaram 100% de conformidade, com ausência total de Coliformes Totais e *E. coli*. Já para as amostras nas quais houve subdosagem, resultando em níveis

inferiores a 0,2 ppm, a contaminação microbiológica ocorreu em 71% delas. Embora a captação pluvial impacte diretamente no aumento da disponibilidade hídrica e a literatura indique que a qualidade da água da chuva tratada, a nível laboratorial (Carvalho *et al.*, 2018) e em ambiente real onde não há mistura de fontes, sendo ele rural (Oliveira *et al.*, 2023) ou urbano (Souza *et al.*, 2023), se enquadra nos padrões de potabilidade para consumo humano, é necessário avaliar a influência do correto manejo dos sistemas pelo usuário e também da mistura de fontes diversas para o consumo.

A correlação entre os níveis de cloro livre residual e o enquadramento microbiológico da água nos padrões de potabilidade evidencia que o manejo adequado do sistema pelo usuário, responsável pela reposição das pastilhas de cloro, bem como a mistura de diferentes fontes de água, são fatores relevantes para a manutenção da qualidade da água consumida.

Implicações para o Saneamento Urbano

Os resultados indicam que a mistura de diferentes fontes de água, muitas vezes de qualidade desconhecida (como água de poço local), pode exigir dosagens de desinfecção superiores às recomendadas pelo Ministério da Saúde para garantir a potabilidade. Entre os fatores de inadequação identificados em campo, destacam-se ainda a cloração irregular e o manejo inadequado do descarte da primeira água de chuva (*first flush*), que favorecem a recontaminação da água armazenada. Esses resultados reforçam a necessidade de educação sanitária contínua e monitoramento da qualidade da água para aumentar a efetividade de soluções descentralizadas e reduzir riscos à saúde pública.

A avaliação laboratorial confirma a viabilidade técnica do sistema de captação pluvial como infraestrutura urbana sustentável, evidenciando desempenho físico-químico adequado, dentro dos padrões normativos e comparáveis à água da rede pública. Por outro lado, as análises microbiológicas indicam que a segurança hídrica depende diretamente do manejo do sistema pelos usuários, com inconformidade microbiológica associada à subdosagem do cloro livre à água consumida, quando há a mistura da água da chuva com fontes alternativas de parâmetros de qualidade desconhecidos.

CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que a solução apresentada contribui para a ampliação do acesso domiciliar à água, especialmente em contextos de abastecimento intermitente, reduzindo a dependência de fontes externas. Os efeitos são mais expressivos em áreas de maior vulnerabilidade, evidenciando o potencial das soluções descentralizadas para mitigar desigualdades socioespaciais.

A incorporação de mecanismos de tratamento amplia as possibilidades de uso doméstico, aproximando a solução de uma estratégia de saneamento em escala local.

As inconformidades microbiológicas observadas estão associadas predominantemente a práticas inadequadas de manejo, como a mistura de fontes, cloração irregular e descarte inadequado da primeira água de chuva, comprometendo a qualidade da água armazenada.

Do ponto de vista urbano, a captação de água da chuva configura-se como estratégia complementar aos sistemas convencionais, contribuindo para a segurança hídrica e a resiliência em áreas periféricas. Contudo, sua efetividade depende da integração contínua de educação sanitária, monitoramento e suporte técnico, de modo a assegurar que o aumento da disponibilidade de água se traduza em segurança à saúde pública.

Estudos complementares estão em andamento para avaliar a dosagem de cloro mais adequada para uso de sistemas descentralizados de abastecimento em comunidades vulneráveis para consumo humano quando a qualidade das fontes de água misturadas à água da chuva tratada e de abastecimento da concessionária é desconhecida, a fim de assegurar a segurança sanitária no consumo de água pela população dessas comunidades.

AGRADECIMENTOS à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL); ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS) do Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e à Startup PLUVI Soluções Ambientais Inteligentes.

REFERÊNCIAS

APHA - American Public Health Association. (2023). *“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”*. 24. ed. Washington, DC: APHA, 2023.

BRASIL. (2020). Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União: Brasília, DF.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2021). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. *“Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”*. Brasília, DF: Ministério da Saúde.

CARVALHO, José Roberto Santo de et al. (2018). *“A PVC-pipe device as a sanitary barrier for improving rainwater quality for drinking purposes in the Brazilian semiarid region”*. Journal of Water and Health, p. 391-402.

FOLHA DE S. PAULO. (2022). "*Moradores temem novo desastre em local atingido por chuvas em Pernambuco*". Folha de S.Paulo, 20 nov. 2022. <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/11/moradores-temem-novo-desastre-em-local-atingido-por-chuvas-em-pernambuco.shtml>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). "*Censo Demográfico 2022: resultados preliminares*". Rio de Janeiro.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). "*Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*". Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2022). "*Políticas públicas e acesso à água no Brasil*". Brasília.

JESUS, F.S.M.d. MONTEIRO, A.M.V. ; TOMASELLA, J. (2023). "*Desigualdades Espaciais no Acesso à Água Potável em um País de Renda Média Alta: Uma Análise Multiescala do Brasil*". Water 2023, 15, 1620. <https://doi.org/10.3390/w15081620>

OLIVEIRA, S. E. D. de, LIMA, J. C. A. L. de, CÂMARA, I. R. de M., PESSÔA, S. G. dos S., GONÇALVES, E. A. P. (2023). "*Uso da água da chuva para fins potáveis em residências populares em região semiárida de Pernambuco*". Revista Paranoá, N.34. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.28

RIBEIRO, L. M. L.; GHISI, E. (2023). "*Potential for drinking water savings through rainwater use: a case study in Brazil*". Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 47-64. ANTAC. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212023000200662>

SINISA – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.(2023). "*Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2023*". Brasília: Ministério das Cidades.

SOUZA, A. M. P. de, CÂMARA, I. R. de M., PESSÔA, S. G. dos S., Lima, J. C. A. L. de.(2023). "*Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica do Uso da Água da Chuva em Edifício Público de Zona Urbana*". Revista Paranoá N.34. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.27

TESTON, A. GHISI, E. VAZ, I. C. M, SCOLARO, T. P., SEVERIS, R. M. (2024). "*Modular life cycle assessment approach: Environmental impact of rainwater harvesting systems in urban water systems*". Science of The Total Environment, V 908, 168281, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168281>.

UNICEF; WHO – UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND; WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2023). "*Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender*". Geneva; New York. <https://washdata.org/reports/jmp-2023-wash-households>

VAZ, I. C. M., TESTON, A., RODRIGUES, E., GHISI, E., BALLARIN, A. S., & BRANDÃO, A. R. d. A. (2026). "*Projected Climate Change Impacts on Rainwater Harvesting in Brazilian Single-Family Houses*". Water, 18(7), 792. <https://doi.org/10.3390/w18070792>