

Captação descentralizada de águas pluviais e vulnerabilidade de gênero no acesso à água: uma intervenção em comunidade urbana

Decentralized rainwater harvesting and gender vulnerability in water access: an intervention in an urban community

Alyne Carneiro Mesquita Siffert Lemos¹ ,
Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves¹ 

¹Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, AL, Brasil. E-mails: alyne.lemos@ctec.ufal.br, marllus.neves@ctec.ufal.br

Como citar: Lemos, A. C. M. S., & Neves, M. G. F. P. (2026). Captação descentralizada de águas pluviais e vulnerabilidade de gênero no acesso à água: uma intervenção em comunidade urbana. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 23, e15. <https://doi.org/10.21168/regav23e15>

RESUMO: Este estudo investiga os efeitos da intervenção de um sistema descentralizado de captação de águas pluviais em uma comunidade urbana vulnerável no Recife-PE, com foco nas dimensões de gênero e acesso hídrico. Utilizando o método de Diferença em Diferenças (DD), a pesquisa comparou grupos de tratamento e controle em períodos pré e pós-intervenção. Foram analisadas variáveis relacionadas ao tempo despendido na busca por água e ao tempo disponível para outras atividades cotidianas, com desagregação para domicílios sob responsabilidade feminina e em contextos de escassez hídrica frequente. Os resultados demonstram uma redução significativa no tempo de busca por água e um aumento no tempo disponível para outras atividades, com efeitos mais acentuados em domicílios geridos por mulheres. Além da elevada aceitação social da tecnologia, o estudo propõe a construção de um Índice Integrado de Vulnerabilidade de Gênero ao Acesso à Água (IVGAA) como ferramenta para mensurar desigualdades no acesso à água em territórios vulneráveis.

Palavras-chave: Captação de Água da Chuva; Vulnerabilidade Urbana; Gênero.

ABSTRACT: This study investigates the effects of a decentralized rainwater harvesting system intervention in a vulnerable urban community in Recife, Brazil, focusing on gender and water access dimensions. Employing a Difference-in-Differences (DiD) method, the research compared treatment and control groups across pre- and post-intervention periods. Variables related to time spent fetching water and time available for other daily activities were analyzed, with data disaggregated for female-headed households and contexts of frequent water scarcity. The results demonstrate a significant reduction in water-fetching time and a substantial increase in time available for other activities, with more pronounced effects in households managed by women. In addition to the high social acceptance of the technology, the study proposes the development of an Integrated Gender Vulnerability Index for Water Access (IVGAA) as a tool to measure inequalities in water access within vulnerable territories.

Keywords: Rainwater Harvesting; Urban Vulnerability; Gender.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado, associado à expansão de assentamentos informais e à insuficiência de infraestrutura de saneamento, tem intensificado os desafios relacionados ao abastecimento de água em áreas urbanas vulneráveis, especialmente no Nordeste brasileiro. Embora o Brasil detenha significativa disponibilidade hídrica em termos absolutos, a distribuição desigual dos recursos e as limitações na gestão urbana resultam em situações recorrentes de insegurança hídrica em comunidades periféricas (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023).

Nesse cenário, sistemas descentralizados de captação e aproveitamento de águas pluviais têm sido discutidos como alternativa complementar ao abastecimento público, com potencial para reduzir a demanda sobre redes convencionais, aumentar a autonomia hídrica domiciliar e contribuir para a resiliência urbana. Estudos recentes apontam que soluções baseadas na descentralização e na gestão local da água podem desempenhar papel relevante na adaptação às mudanças climáticas e na mitigação de riscos associados à variabilidade hidrológica (Campisano et al., 2017; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022; UN-WATER, 2023).

Recebido: Fevereiro 27, 2026. Revisado: Agosto 18, 2026. Aceito: Agosto 19, 2026.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Apesar do crescente interesse na adoção de tecnologias descentralizadas de aproveitamento de águas pluviais, a literatura ainda permanece predominantemente centrada em análises técnicas de dimensionamento, desempenho hidráulico ou viabilidade econômica (Ribeiro & Ghisi, 2023). Alim et al. (2020) demonstra que as pesquisas sobre o aproveitamento de águas pluviais concentram-se majoritariamente na avaliação da qualidade da água coletada em telhados, nos riscos à saúde associados ao seu consumo e nas exigências técnicas de tratamento para fins potáveis.

A predominância de abordagens voltadas à segurança sanitária e ao desempenho técnico dos sistemas evidencia a incorporação limitada de análises sociais ou contextuais nos estudos sobre captação descentralizada, especialmente no que se refere às implicações do acesso à água em ambientes urbanos vulneráveis (Alim et al., 2020). Avaliações quantitativas robustas sobre os impactos socioambientais desses sistemas em contextos urbanos vulneráveis permanecem relativamente escassas, sobretudo em países do Sul Global.

Além disso, a dimensão de gênero permanece subexplorada nas avaliações de infraestrutura hídrica urbana. Evidências indicam que, em contextos de vulnerabilidade social, mulheres assumem de forma desproporcional a responsabilidade pela gestão doméstica da água, incluindo armazenamento, racionalização do consumo e busca por fontes alternativas. Tal assimetria contribui para a ampliação das desigualdades socioambientais no acesso à água e reforça a necessidade de instrumentos analíticos capazes de mensurar tais impactos (World Health Organization, 2023).

No contexto brasileiro, embora programas públicos de captação de água da chuva tenham demonstrado efeitos positivos em áreas rurais do semiárido, ainda há limitada evidência empírica sobre os impactos de sistemas descentralizados em comunidades urbanas periféricas. Particularmente, são escassos estudos que adotem estratégias capazes de estimar efeitos causais da intervenção sobre indicadores socioambientais e sobre a divisão do trabalho doméstico relacionado ao abastecimento (Cirilo et al., 2020).

A relevância da presente pesquisa reside na escassez de evidências empíricas sobre os efeitos da captação pluvial em comunidades urbanas periféricas, especialmente no cotidiano das mulheres. Ao integrar dimensões técnicas e sociais em um estudo de caso real, o trabalho contribui para a mensuração integrada de impactos sociais e ambientais, oferecendo um avanço nas discussões sobre justiça hídrica e equidade de gênero (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022).

Diante dessa lacuna, este estudo avalia os efeitos da implementação de um sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais em uma comunidade urbana vulnerável no município do Recife, Nordeste do Brasil. A amostra obtida, foi adotado um desenho que compara domicílios beneficiados, subamostra denominada de tratamento, com outra subamostra denominada de controle, antes e após a intervenção nos domicílios da primeira, em uma estratégia inspirada no métodos de Diferença em Diferenças (DD), conforme proposto por Gertler et al. (2018). Foram observados também o nível de aceitação do uso da água de chuva, os impactos sobre a disponibilidade hídrica domiciliar e as condições socioambientais, bem como as mudanças na divisão do trabalho doméstico associadas à gestão da água (Gertler et al., 2018).

O estudo ainda propôs o Índice Integrado de Vulnerabilidade de Gênero ao Acesso à Água (IVGAA) como estrutura conceitual derivada da evidência observada, com potencial aplicação em políticas públicas voltadas à promoção da justiça hídrica em territórios socialmente vulneráveis, incorporando sobretudo a dimensão de gênero como variável mensurável na avaliação de infraestrutura hídrica descentralizada.

MATERIAL E MÉTODOS

O fluxograma da Figura 1 sintetiza a metodologia adotada. Para avaliar os efeitos da implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, o estudo adotou um método de análise de avaliação de impacto, comparando dois grupos com medidas antes e depois da intervenção, baseado no método de Diferença em Diferenças (DD), conforme Gertler et al. (2018). A coleta de dados ocorreu, tomando-se uma amostra de 114 residências, a partir da qual foram formados dois grupos, aqui denominados de duas subamostras: a de tratamento, formada por 87 domicílios que receberam a intervenção, e a subamostra de controle, constituída por 27 residências da mesma comunidade que não foram contempladas, selecionadas de forma aleatória.

As variáveis escolhidas para as análises estatísticas dizem respeito ao tempo despendido na busca por água e serão explicadas em maiores detalhes adiante. Além disso, houve outras questões abordadas no intuito de sondar a percepção da comunidade acerca da intervenção, bem como foi proposto um indicador que envolva vulnerabilidade de gênero.



Figura 1. Fluxograma metodológico.
Fonte: Autora (2025)

Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município do Recife, capital de Pernambuco, que se destaca pela elevada densidade populacional e profundas desigualdades socioespaciais (Cavalcanti et al., 2024). Segundo o Censo Demográfico de 2022, a cidade possui 1.488.920 habitantes e uma densidade de 6.803,6 hab/km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023). A área escolhida para a realização do estudo, conhecida como Alto da Telha (Figura 2), foi classificada pela Defesa Civil do Recife como de risco para deslizamentos, apresentando um precário sistema de abastecimento de água.

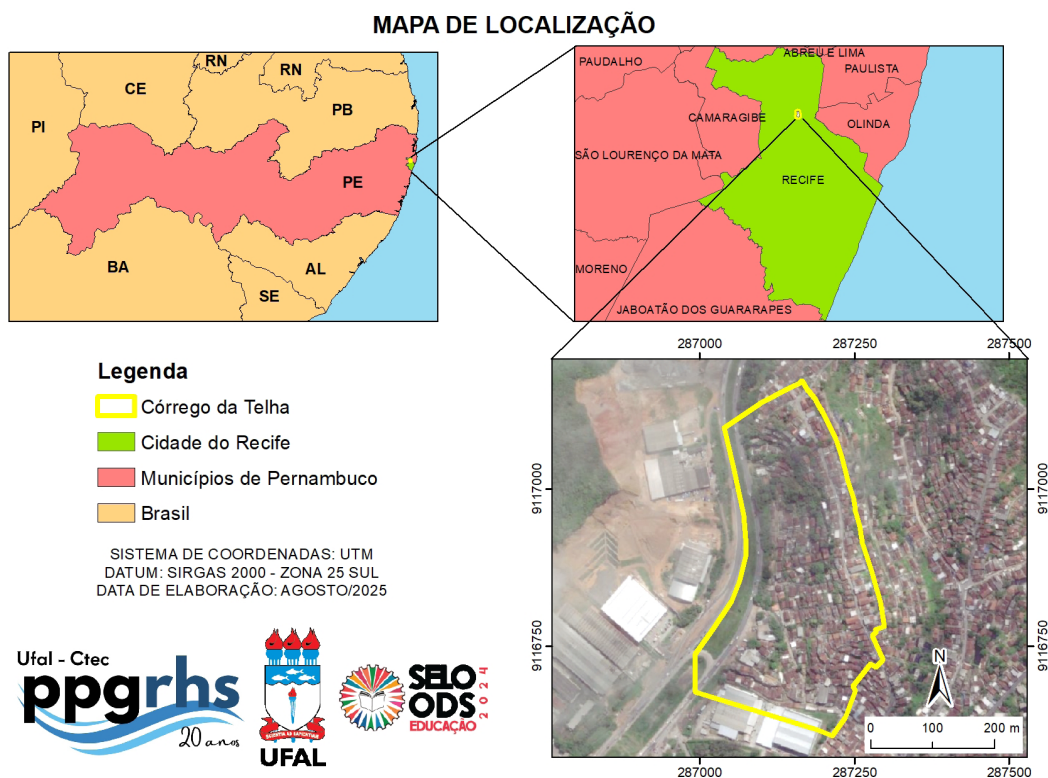


Figura 2. Mapa de localização da área de estudo.
Fonte: Autora (2025).

A comunidade se apresenta como um denso conglomerado populacional, em uma área de aproximadamente 11,5 ha com 504 casas habitadas, de acordo com censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023). A maioria das famílias vive em moradias precárias, situadas em áreas irregulares, com acesso limitado a serviços básicos como saneamento, transporte público e segurança urbana (IPEA, 2015). A taxa de pobreza é alta, com uma grande parcela da população vivendo abaixo da linha de pobreza, com 80,5% das pessoas maiores de 18 anos recebendo menos de 1 salário-mínimo (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023).

Observa-se ainda baixa escolaridade média e a composição racial majoritária de pessoas negras e pardas, refletindo a configuração histórica das periferias urbanas do Recife. As mulheres exercem papel central na organização doméstica e na gestão cotidiana da água, acumulando responsabilidades produtivas e decisórias, o que fundamenta a incorporação do recorte de gênero na análise.

Delineamento metodológico

O estudo adota uma abordagem quantitativa, com foco na avaliação de impacto, para estimar as mudanças no bem-estar dos indivíduos, através do desenho metodológico estruturado para avaliar os efeitos da implementação de um sistema descentralizado de captação de águas pluviais sobre condições socioambientais domiciliares em uma comunidade urbana vulnerável localizada no município do Recife. A subamostra de tratamento foi composta de 87 domicílios e a de controle de 27 domicílios não beneficiados, observados em dois momentos no tempo: período pré-intervenção (janeiro de 2024) e período pós-intervenção, correspondente a seis meses de uso contínuo do sistema. Todos os 114 domicílios estão em locais onde a companhia responsável pelo abastecimento não conseguia atender de modo satisfatório e a subamostra de tratamento ocorreu em domicílios previamente avaliados como aptos a receberem a intervenção.

Sobre o método de Diferenças em Diferenças (DD), a Figura 3, adaptada de Gertler et al. (2018), ilustra uma situação na qual se deseja avaliar se a aplicação de um projeto, uma política pública, um programa específico ou outra intervenção qualquer tem o efeito de diminuir a variável quantitativa Y . O eixo das abscissas diz respeito ao tempo ou período, que pode ter a discretização de interesse, ou seja, mensal, trimestral, semestral, anual etc. A variável Y pode ser, por exemplo, o tempo que um habitante leva para buscar água em um local distante de sua residência, pois nesta residência não há abastecimento. A intervenção pode ser a instalação de sistemas de aproveitamento de água do telhado. Questiona-se então, se o referido programa é capaz de reduzir o tempo Y , pois se assim o for, em última instância, pode significar melhora do bem-estar e da qualidade de vida das pessoas.

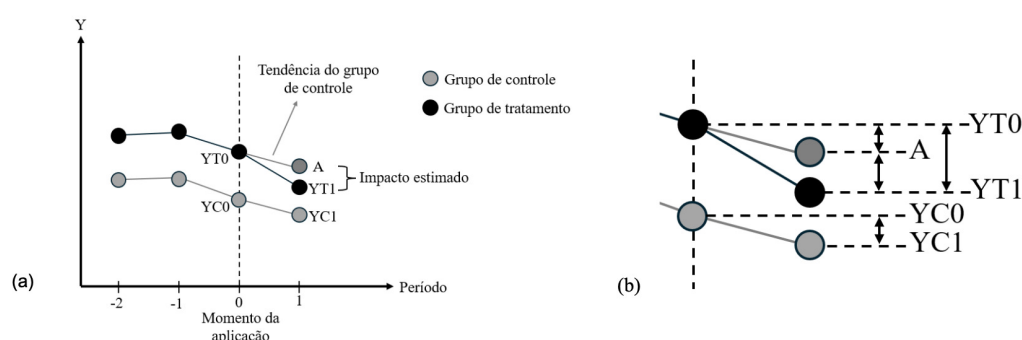


Figura 3. Fundamentos do método da diferença em diferenças.

Fonte: adaptado de Gertler et al. (2018).

Os valores avaliados nestes métodos dizem respeito às medidas de tendência central. Desse modo, na Figura 3, $YT1$ é o valor médio de Y para o grupo de tratamento no período 1, $YC1$ é o valor médio de Y para o grupo de controle no período 1, $YT0$ é o valor médio de Y para o grupo de tratamento no período 0, $YC0$ é o valor médio de Y para o grupo de controle no período 0. No período 0 da Figura 3a começam a funcionar os sistemas de aproveitamento de água de chuva do telhado, provocando uma mudança de tendência no grupo de tratamento, atingindo o ponto $YT1$ no período 1.

Há uma premissa importante, que o grupo de controle e o grupo de tratamento já tinham uma tendência semelhante de diminuição de Y . Na Figura 3a, isto é ilustrado desde os períodos -2 e -1, avançando pelos períodos 0 e 1. Em outras palavras, supõe-se que o grupo de tratamento atingiria o ponto A caso não houvesse o programa, seguindo a mesma tendência do grupo de controle, cujo ponto final é o $YC1$. O ponto A é denominado contrafactual.

Na Figura 3b, há um detalhamento do efeito da premissa de mesma tendência dos grupos de controle e de tratamento: $YT0 - A$ é igual numericamente a $YC0 - YC1$. O impacto estimado pelo DD é a diferença entre os resultados A e $YT1$, que depende de se conhecer o valor de A , o que é impossível. Por isso, a importância de se ter a divisão dos dados nos dois grupos: controle e tratamento. A partir desta divisão, pode-se efetuar o cálculo, conforme é mostrado matematicamente pela equação (1) e ilustrado na Figura 3b (BID, 2011; Gertler et al., 2018).

$$DD = (YT0 - YT1) - (YC0 - YC1) \quad (1)$$

Observa-se então que o DD tem relação com variação de Y com o tempo. Como já foi afirmado anteriormente, esta pesquisa se inspira no DD, pois não há uma série temporal da variável Y . Há apenas duas situações: o anterior à implantação do sistema (janeiro de 2024) e o cenário seis meses após o início do uso da tecnologia, em um universo de 87 residências beneficiadas, localizadas na comunidade Alto da Telha. No entanto, há os grupos de controle e de tratamento. Dessa maneira, para o entendimento do que se propôs, a equação (1) pode ser reescrita na forma mais simplificada da equação (2).

$$DD = (T_{pré} - T_{pós}) - (C_{pré} - C_{pós}) = Dif.T - Dif.C \quad (2)$$

onde pré e pós fazem referência à situação antes e depois da implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva do telhado, respectivamente, de modo que $Dif.T = T_{pré} - T_{pós}$ e $Dif.C = C_{pré} - C_{pós}$ é uma estimativa a partir da diferença em diferenças. O Quadro 1 também ilustra a gênese da equação (2). A última linha de Diferença será preenchida no item resultados.

Quadro 1. Cálculo do método da diferença em diferenças (DD).

Grupo	Pré	Pós	Diferença
Tratamento	$T_{pré}$	$T_{pós}$	$Dif.T = T_{pré} - T_{pós}$
Controle	$C_{pré}$	$C_{pós}$	$Dif.C = C_{pré} - C_{pós}$
Diferença	$T_{pré} - C_{pré}$	$T_{pós} - C_{pós}$	$DD = Dif.T - Dif.C$

Fonte: Adaptado de Gertler et al. (2018).

O tratamento estatístico adotado neste estudo está sintetizado no fluxograma apresentado nas Figuras 4a e 4b, no qual a amostra total é inicialmente segmentada em duas subamostras correspondentes aos grupos de controle e tratamento e, posteriormente, subdividida segundo os períodos anterior (pré) e posterior (pós) à implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva em telhados.

Os cálculos iniciais são simples, sendo efetuados em colunas ladoadas em planilhas, o que significa realizar testes de diferenças entre os dados das colunas $Dif.C$ e $Dif.T$. Quanto aos testes com DD, não há como criar mais uma coluna com as diferenças porque os tamanhos das subamostras são diferentes, assim tomaram-se os pontos médios de intervalos de confiança, gerados pelo método não paramétrico Bootstrap com correção de viés.

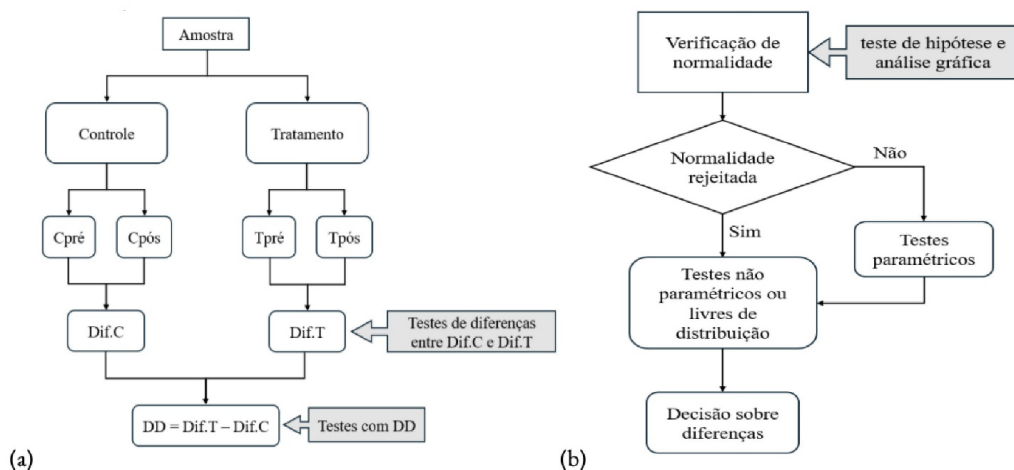


Figura 4. No fluxograma da imagem (a) apresenta o tratamento estatístico geral e a imagem (b) mostra o detalhamento dos métodos que testam as diferenças.

Fonte: Autores (2026).

A Figura 4b mostra um detalhamento necessário para os métodos que testam as diferenças. Há métodos paramétricos e não paramétricos ou livres de distribuição (Triola, 2005). Para o uso dos primeiros, as amostras devem ser provenientes de populações normalmente distribuídas. Por isso, em alguns casos, os testes paramétricos não serão levados em consideração para a decisão sobre as diferenças.

Uma vez avaliada a significância estatística das diferenças observadas antes e depois da instalação do sistema de captação de água da chuva na comunidade, foi analisado o impacto do acesso à água nas dinâmicas de gênero, uma vez que a gestão hídrica está normalmente associada ao trabalho doméstico e na organização do abastecimento familiar pelas mulheres (Arruda & Heller, 2022).

As variáveis utilizadas para a aplicação deste procedimento foram: tempo gasto por dia na busca de água (minutos/dia) e tempo dedicado a realizar outras atividades (trabalho, estudo, lazer), tanto na amostra original quanto na amostra reduzida àquelas residências onde as mulheres eram ou são responsáveis por buscar a água e ainda em outra amostra reduzida àquelas residências onde moradores sofriam com frequente escassez de água. Tudo isto a partir dos questionários aplicados pelas equipes responsáveis pelas ações na comunidade.

Dessa forma, houve no total seis execuções do procedimento: a amostra original foi dividida em duas subamostras (controle e tratamento); a primeira amostra reduzida também foi dividida em duas subamostras (controle e tratamento); e a segunda amostra reduzida também foi dividida em duas subamostras (controle e tratamento), proporcionando uma base confiável para a interpretação das influências do aproveitamento pluvial, especialmente em relação às desigualdades de gênero, que são agravadas pela falta de infraestrutura de saneamento e abastecimento adequado (Santos, 2023).

Desbalanceamento da amostra e limitação do método escolhido

A diferença entre os tamanhos das subamostras de tratamento e controle decorre do desenho de implementação da intervenção, que foi estabelecido pelos responsáveis pelas pesquisas de diagnóstico, em período anterior a esta pesquisa. Este tipo de desbalanceamento faz surgir um risco de viés relacionado sobretudo ao eventual não atendimento da hipótese de tendências paralelas, representadas na Figura 3.

Esta limitação pode ser mitigada ou minorada se for demonstrado que os grupos, sendo de um mesmo território, em uma pequena comunidade, estão sujeitos a condições socioambientais semelhantes. O melhor a ser feito, segundo Gertler et al. (2018) é comparar as alterações nos resultados dos grupos de tratamento e de controle antes da implementação do programa, o que exige dados de pelo menos dois tempos antes do tempo de intervenção para verificar a tendência antes da intervenção. Nesta pesquisa, isto não foi possível, pois não há estes dados.

Desse modo, a forma adotada foi, pelo menos, realizar a comparação de características basais das subamostras de tratamento e controle, utilizando exclusivamente os dados do período pré-intervenção. Isto foi realizado a partir das variáveis que foram aferidas no momento pré, conforme será mostrado no item de Resultados e Discussão. Sendo as características próximas entre os dois grupos antes da intervenção, há uma confiança de que a tendência seja também próxima.

Coleta e tratamento dos dados

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de questionários do tipo *Net Promoter Score* (NPS), aplicados após dez meses de funcionamento do sistema, com o objetivo de mensurar a percepção dos moradores quanto ao acesso à água, à confiabilidade do abastecimento e às mudanças percebidas na dinâmica doméstica. As respostas obtidas foram posteriormente convertidas em variáveis quantitativas, e utilizadas em análises estatísticas.

A partir dessas informações, procedeu-se à seleção de indicadores voltados à mensuração da sobrecarga de trabalho doméstico e das condições de acesso e disponibilidade de água no domicílio. Em seguida, foi realizada análise estatística descritiva, com cálculo de medidas de tendência central e dispersão, visando identificar padrões, diferenças entre grupos e possíveis associações entre as variáveis observadas e a intervenção implementada.

A definição da amostra considerou o universo de residências beneficiadas com a instalação do sistema a partir de 2024, bem como domicílios localizados em diferentes áreas da comunidade, distinguindo-se aqueles sem acesso regular à rede pública de abastecimento, e aqueles com acesso formal ao serviço prestado pela companhia estadual. A estimativa do erro amostral seguiu os procedimentos metodológicos descritos por Barbetta (2004), garantindo consistência estatística à seleção dos respondentes.

Variáveis e Indicadores

A análise concentrou-se em variáveis relacionadas às condições de acesso à água e à organização do trabalho doméstico, contemplando aspectos como tempo despendido na busca por água, frequência de episódios de desabastecimento, disponibilidade hídrica no domicílio, responsabilidade pela coleta e percepção acerca das mudanças associadas ao uso do sistema.

Com base nessas variáveis, estruturaram-se dois eixos analíticos principais. O primeiro refere-se ao indicador da sobrecarga de trabalho doméstico, operacionalizada por meio do tempo médio diário gasto na busca de água, e do tempo disponível para outras atividades produtivas, como trabalho remunerado, estudo e lazer. O segundo eixo corresponde ao indicador de acesso e disponibilidade de água, mensurado pelo percentual de mulheres responsáveis pela coleta domiciliar e pela frequência de falta de água para uso doméstico. As variáveis foram examinadas por meio de estatísticas descritivas, com ênfase na comparação entre grupo de tratamento e controle, permitindo identificar diferenças médias associadas à presença do sistema de aproveitamento pluvial.

Descrição da tecnologia de aproveitamento pluvial

A tecnologia aqui avaliada é um sistema de aproveitamento de águas pluviais voltado à promoção da segurança hídrica em contextos de vulnerabilidade socioambiental. O sistema conta com um reservatório elevado tubular de 1,20 m, cuja geometria otimiza a capacidade de armazenamento de 1.300 L, e reduz o peso total do equipamento para cerca de 15 kg, viabilizando o seu transporte manual em áreas de difícil acesso (Figura 5).

O sistema capta o escoamento superficial proveniente das coberturas das edificações, conduzindo-o por meio de calhas em PVC até um dispositivo de descarte automático do primeiro milímetro de precipitação, cuja finalidade é remover a fração inicial da chuva, potencialmente mais contaminada por partículas atmosféricas e impurezas acumuladas no telhado. Após a etapa de separação inicial, a água é direcionada para uma cisterna enterrada de armazenamento primário. Posteriormente, por meio de bombeamento elétrico, o volume acumulado é transferido para o reservatório elevado. A água ainda passa por um processo de desinfecção por cloração, para a redução de riscos microbiológicos, adequando-se ao uso doméstico.

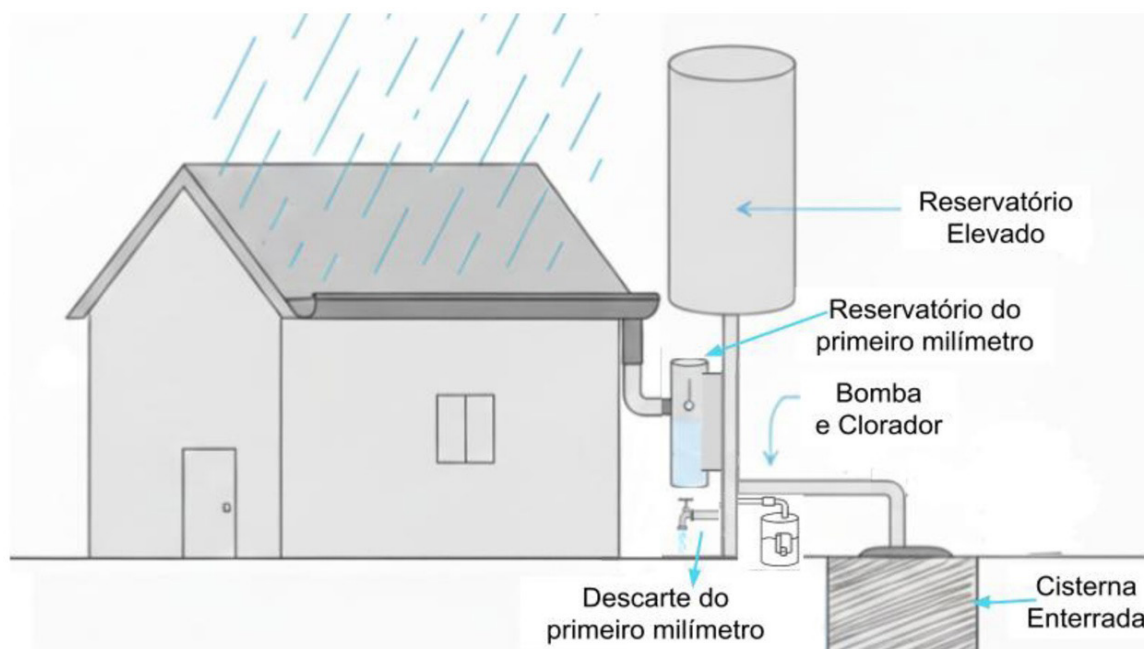


Figura 5. Sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais instalado na área de estudo.

Fonte: Autora (2025).

O arranjo hidráulico do sistema busca ampliar a confiabilidade do abastecimento domiciliar em contextos de intermitência do serviço público, funcionando como fonte complementar de água para consumo humano e outros usos domésticos. O estudo evidenciou que isto ajuda a ampliar a disponibilidade hídrica domiciliar e reduzir a dependência de fontes externas de abastecimento.

Proposição do Índice IVGAA

Diante das variáveis encontradas, observou-se a possibilidade para a construção de um Índice que possua uma base conceitual multidimensional, capaz de integrar dimensões físicas, sociais e de governança do acesso à água (Figura 6). Neste caso, o estudo propõe o Índice Integrado de Vulnerabilidade de Gênero no Acesso à Água (IVGAA), concebido a partir de abordagem multidimensional voltada à análise das desigualdades de gênero no contexto da vulnerabilidade hídrica urbana. A construção teórica do índice inspira-se em instrumentos consolidados na literatura internacional e nacional, tais como o *Water Poverty Index*, o *Social Water Stress Index*, o *Household Water Security Vulnerability Index* e o Índice de Vulnerabilidade Social.

Esses referenciais oferecem subsídios metodológicos para integrar dimensões físicas, sociais e institucionais do acesso à água, permitindo a incorporação de variáveis relacionadas à disponibilidade hídrica, capacidade adaptativa, condições socioeconômicas e dinâmicas intradomiciliares.

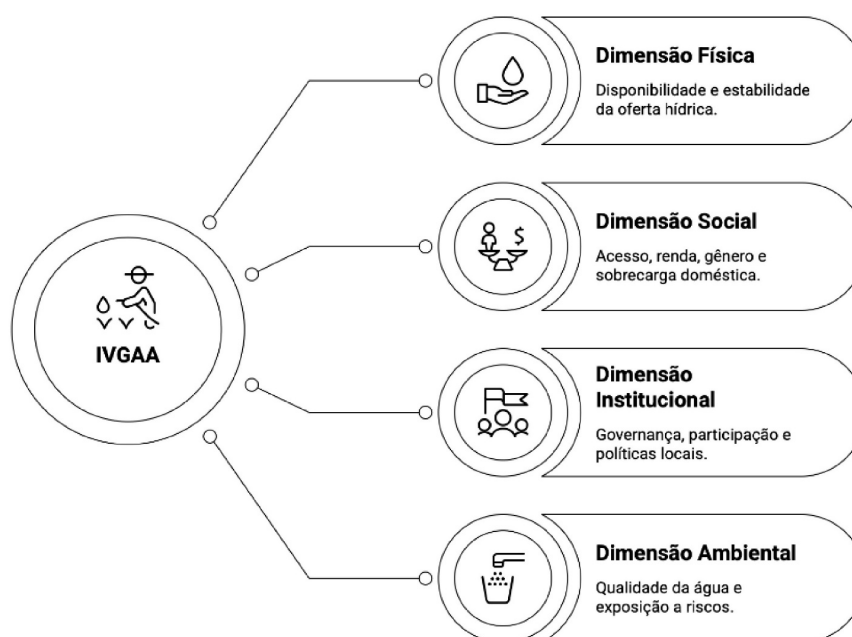


Figura 6. Dimensões para novo índice de vulnerabilidade de gênero (IVGAA).

Fonte: Autora (2025)

O índice proposto pode ser um meio de mensurar as desigualdades de gênero no acesso à água em comunidades de baixa renda, com ênfase na sobrecarga doméstica das mulheres e no acesso à infraestrutura e abastecimento de água disponível. Para isso, são considerados dois tipos de indicadores: Sobrecarga de Trabalho Doméstico (S), cujas variáveis a serem observadas são: Tempo médio gasto por dia na busca de água (minutos/dia), gerando o indicador S1; Tempo médio dedicado a realizar outras atividades (trabalho, estudo, lazer), gerando o indicador S2; e o Acesso e Disponibilidade de Água (A), cujas variáveis a serem observadas são: Percentual de mulheres que precisam buscar água para abastecer o domicílio, gerando o indicador A1 e (A2) Frequência da falta de água para uso doméstico (dias/semana), (Figura 7).

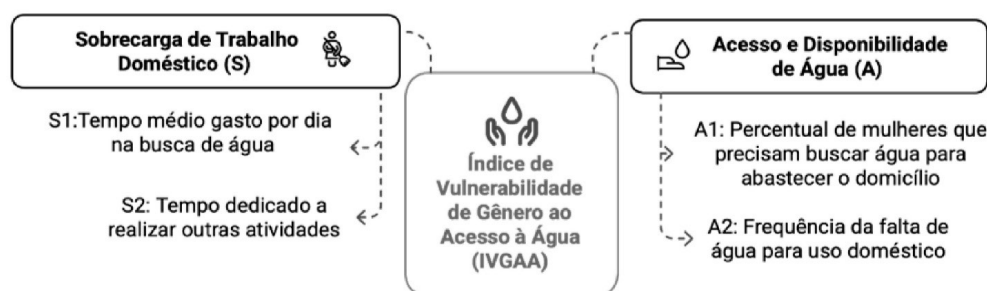


Figura 7. Indicadores e variáveis sugeridas para o IVGAA.

Fonte: Autora (2025).

CAPTAÇÃO DESCENTRALIZADA DE ÁGUAS PLUVIAIS E VULNERABILIDADE

O IVGAA é proposto como instrumento capaz de captar, de forma sintética, a articulação entre vulnerabilidade hídrica e sobrecarga feminina na gestão da água em territórios periféricos urbanos. Ressalta-se, contudo, que o índice constitui proposição metodológica derivada dos achados empíricos desta pesquisa, não tendo sido ainda aplicado de forma independente em outros contextos.

A construção deste índice se fundamenta no propósito de avaliar a influência do sistema de captação de água pluvial como uma alternativa para o abastecimento humano na comunidade estudada. Desta forma, o IVGAA pode ser calculado pela Equação 3.

$$IVGAA = wS \cdot (S1 + S2) / 2 + wA \cdot (A1 + A2) / 2 \quad (3)$$

onde wS e wA são valores entre 0 e 1, indicando pesos adotados para cada tipo de indicador: Sobrecarga de Trabalho Doméstico (S) e Acesso e Disponibilidade de Água (A).

O IVGAA deve ser validado em contextos urbanos para ajustar seus pesos à realidade local, focando onde a escassez hídrica afeta desproporcionalmente as mulheres. As variáveis podem ser analisadas por suas medidas de tendência central como a média. Os indicadores podem assumir valores em uma escala entre 0 (nenhuma vulnerabilidade) a 1 (vulnerabilidade crítica), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classificação a partir dos valores dos indicadores

Valor do indicador	Classificação
Entre 0 e 0,25	Vulnerabilidade Baixa
Maior que 0,25 e até 0,50	Vulnerabilidade moderada
Maior que 0,50 e até 0,75	Vulnerabilidade alta
Maior que 0,75 e até 1,00	Vulnerabilidade crítica

Fonte: Autores (2026)

A Tabela 2 mostra valores possíveis para cada indicador. Para a comunidade em análise, o IVGAA assume valores entre 0 e 1, atribuindo a mesma classificação dos indicadores mostrados na Tabela 1. A partir da evolução do IVGAA ao longo do tempo, a expectativa é poder verificar se o sistema contribui para a redução das desigualdades de gênero no acesso à água e para melhorias nas condições socioambientais da população local.

Tabela 2. Valores de cada indicador em função dos valores das variáveis.

Variável	Indicador
Tempo gasto na busca por água (min/dia)	S1
0 - 5	0,25
Maior que 5 até 10	0,50
Maior que 10 até 30	0,75
Maior que 30	1,00
Tempo dedicado a outras atividades (min/dia)	S2
Maior que 60	0,25
Maior que 30 até 60	0,50
Maior que 0 até 30	0,75
0	1,00
% de mulheres responsáveis por buscar água	A1
Até 25	0,25
Maior que 25 até 50	0,50
Maior que 50 até 75	0,75
Maior que 75 até 100	1,00
Frequência da falta de água para uso doméstico (dias/semana)	A2
Até 1	0,25
Maior que 1 até 2	0,50
Maior que 2 até 4	0,75
Maior que 4 até 7	1,00

Fonte: Autores (2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das condições antes da intervenção

Como dito anteriormente, foram tomadas duas variáveis: tempo gasto por dia na busca de água (minutos/dia) e tempo dedicado a realizar outras atividades (trabalho, estudo, lazer). A amostra foi dividida em duas subamostras: controle e tratamento e ainda foram observadas três condições: (1) subamostras originais ou subamostras com todos os dados; (2) subamostras reduzidas com somente os dados oriundos de residências em que as mulheres eram responsáveis por buscar água e (3) subamostras reduzidas com somente os dados oriundos de residências em que a escassez da água era frequente.

Também como já mencionado anteriormente, realizou-se uma comparação das características basais das subamostras de tratamento e controle, utilizando exclusivamente os dados do período pré-intervenção. Em função da disponibilidade dos dados, foram verificadas as características mostradas na Tabela 3. Uma característica importante seria a proporção de residências em que as mulheres eram responsáveis por buscar água antes da intervenção, mas isto não foi aferido no grupo de controle pré-intervenção.

A Tabela 3 indica que a maior diferença ocorre na proporção de domicílios com escassez de água frequente. Nas demais variáveis a diferença é muito pequena, no máximo 3%.

Tabela 3. Algumas características das subamostras antes da intervenção (pré)

Característica basal pré-intervenção	Controle (C)	Tratamento (T)	Diferença T-C	Diferença T-C (%)
Tempo médio para buscar água (min/dia)	52.7	51.9	-0.8	-1.6
Mediana do tempo para buscar água (min/dia)	53.0	52.0	-1.0	-1.9
Tempo médio dedicado a outras atividades (min/dia)	62.0	60.3	-1.7	-2.7
Mediana do tempo médio dedicado a outras atividades (min/dia)	62.0	60.0	-2.0	-3.2
Domicílios com escassez frequente (%)	37.0	43.7	6.6	17.9

Avaliação do impacto nas variáveis escolhidas

As análises estatísticas iniciais, via método inspirado naquele denominado Diferença em Diferenças, podem ser observadas na Figura 8 e na Figura 9. Os diagramas de caixa mais à esquerda representam a condição de subamostras originais ou subamostras com todos os dados, os diagramas de caixa centrais representam as subamostras reduzidas com somente os dados oriundos de residências em que as mulheres eram responsáveis por buscar água e à direita subamostras reduzidas com somente os dados oriundos de residências em que a escassez da água era frequente.

Ainda na Figura 8 e na Figura 9, e retomando o delineamento na Figura 4a, os cálculos das diferenças foram feitos da seguinte forma: $Dif.C = C_{pré} - C_{pós}$ e $Dif.T = T_{pré} - T_{pós}$, de modo que, em cada condição, as caixas da esquerda representam Dif.C e as caixas da direita Dif.T e assim $DD = Dif.T - Dif.C$ pode ser analisado visualmente.

Para cada subamostra e em cada condição foram realizados testes de hipótese de normalidade de Shapiro-Wilk. Após isto, foram realizados testes de hipótese t de Student para diferença entre médias para amostras independentes e testes de hipótese de Mann-Whitney para a diferença entre amostras independentes, como indicado no delineamento da Figura 4b.

A análise inferencial para DD, por sua vez, foi realizada via intervalos de confiança construídos pelo método não paramétrico Bootstrap com correção de viés, pois não foi construída uma série de valores pareados das duas subamostras, de modo a derivar outra série DD. Todas as diferenças foram confirmadas para os intervalos de confiança para medidas de tendência central.

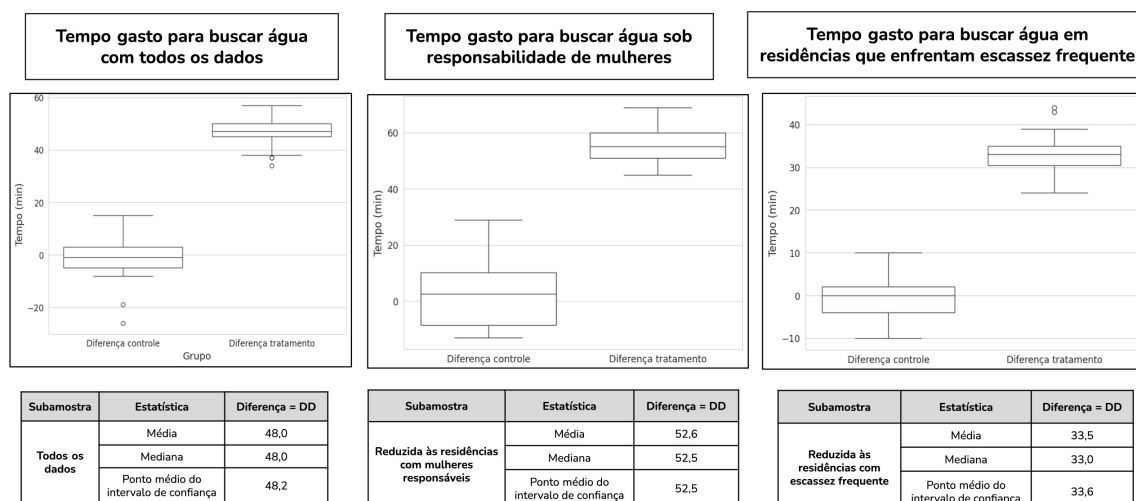


Figura 8. Avaliação do impacto na variável tempo gasto para buscar água.

Fonte: Autores (2026).

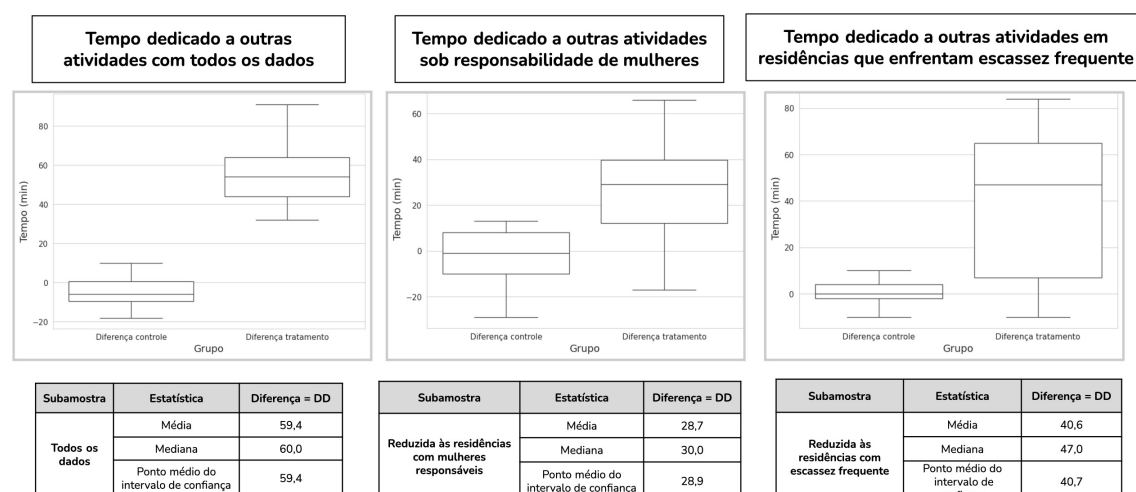


Figura 9. Avaliação do impacto na variável tempo dedicado a outras atividades.

Fonte: Autores (2026).

Tempo gasto para buscar água

Neste caso, $Dif.T > Dif.C$ significa $DD > 0$, ou seja, o tratamento fez com que houvesse maior queda no tempo para buscar água. A Tabela 4 mostra o resultado da estatística descritiva com as subamostras “Diferença controle” e “Diferença tratamento”, em três partes: subamostra com todos os dados, subamostra reduzida (busca de água sob responsabilidade de mulheres) e subamostra reduzida (residências que enfrentam escassez frequente). A coluna denominada ponto médio corresponde aos valores dos pontos médios dos intervalos de confiança obtidos no método não paramétrico Bootstrap com correção de viés.

Para a primeira parte, a diferença é grande em todas as medidas. A média e a mediana do diagrama de caixa mais à esquerda da Figura 8 corresponde à diferença entre as estatísticas correspondentes nas duas linhas da primeira parte da Tabela 4.

A análise da segunda parte da Tabela 4, ou seja, da subamostra reduzida com os domicílios em que mulheres são as principais responsáveis pela obtenção de água evidencia efeitos ainda mais expressivos associados à implementação do sistema de captação pluvial com grandes diferenças em todas as medidas. A média e a mediana do diagrama de caixa central da Figura 8 corresponde a esta parte da Tabela 4.

A terceira parte da Tabela 4 mostra o resultado da estatística descritiva com as subamostras reduzidas dos domicílios com escassez frequente de água. Os resultados também indicam diferenças relevantes entre os grupos analisados para todas as medidas. A média e a mediana do diagrama de caixa mais à direita da Figura 8 corresponde a esta parte da Tabela 4.

Tabela 4. Estatística descritiva para o tempo gasto para buscar água

Subamostra	n	Média (min)	Mediana (min)	Ponto médio (min)	Mín. (min)	Máx. (min)	P25 (min)	P75 (min)
Subamostra com todos os dados								
Diferença controle	27	-1,11	-1,00	-1,3	-26	15	-5	3
Diferença tratamento	87	46,93	47	46,9	34	57	45	50
Subamostra reduzida (busca de água sob responsabilidade de mulheres)								
Diferença controle	16	2,88	2,5	3,0	-13	29	-8,5	10,25
Diferença tratamento	63	55,47	55	55,5	45	69	51	60
Subamostra reduzida (residências que enfrentam escassez frequente)								
Diferença controle	21	-0,71	0	-0,8	-10	10	-4	2
Diferença tratamento	63	32,76	33	32,8	24	44	30,5	35

Fonte: Autores (2026).

Tempo gasto para buscar água: síntese

Este item procura, de forma comparativa, avaliar se as subamostras reduzidas evidenciam o efeito da aplicação sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais mais pronunciado nelas do que na subamostra com todos os dados. Em outras palavras, já foi evidenciado que há impacto positivo com todos os dados. Espera-se também que este impacto positivo seja maior para as residências onde as mulheres são responsáveis por buscar a água e para as residências com escassez de água frequente. Isto foi realizado, observando a variação percentual das subamostras reduzidas (residências com responsáveis por buscar água e residências com escassez de água frequente) em relação às subamostras com todos os dados para os valores de medidas de tendência central, mínimos e máximos e os percentis, conforme Tabela 5.

Para as medidas de tendência central, nas residências com mulheres responsáveis por buscar a água, a redução do tempo para buscar água foi superior em relação à subamostra com todos os dados. Para as residências com escassez frequente, o efeito foi contrário, ou seja, apesar de ter havido redução no tempo para buscar água, esta redução foi inferior à subamostra com todos os dados.

Para os percentis 25 e 75, o comportamento foi o mesmo, havendo uma redução maior no tempo em relação à subamostra com todos os dados, nas residências onde as mulheres são responsáveis por buscar a água e uma redução menor no tempo em relação à subamostra com todos os dados, nas residências com escassez frequente.

Tabela 5. Comparação entre as subamostras reduzidas com a subamostra com todos os dados: tempo gasto para buscar água.

Medida estatística	Residências com Mulheres Responsáveis	Residências com Escassez Frequente
Medidas de tendência central	Redução no tempo entre 9 e 9,5% melhor em relação à subamostra com todos os dados	Redução entre 56 e 59% pior em relação à subamostra com todos os dados
Valores mínimos	Praticamente não houve alteração	Redução 43% pior em relação à subamostra com todos os dados
Percentil 25 (P25)	Redução 19% melhor em relação à subamostra com todos os dados	Redução 31% pior em relação à subamostra com todos os dados
Percentil 75 (P75)	Redução 6% melhor em relação à subamostra com todos os dados	Redução 30% pior em relação à subamostra com todos os dados
Valores máximos	Redução 5% pior em relação à subamostra com todos os dados	Redução 19% pior em relação à subamostra com todos os dados

Fonte: Autores (2026).

Quanto aos valores mínimos, a Tabela 5 mostra que nas residências com mulheres responsáveis por buscar a água não houve alteração da redução do tempo e para as residências com escassez frequente, apesar de ter havido redução no tempo para buscar água, esta redução foi inferior à subamostra com todos os dados. Quanto aos valores máximos, para os dois casos (residências com mulheres responsáveis por buscar água e residências com escassez frequente), apesar de ter havido redução no tempo para buscar água, esta redução foi inferior à subamostra com todos os dados.

Em síntese, o efeito da aplicação sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais foi mais significativo em residências onde as mulheres são responsáveis por buscar água, com redução entre 40 e 60 minutos.

Tempo dedicado a outras atividades

Neste caso, $Dif.T > Dif.C$ significa $DD > 0$, ou seja, o tratamento fez com que houvesse mais tempo disponível para outras atividades. A Tabela 6 tem a mesma utilidade da Tabela 4, com as mesmas três partes: subamostra com todos os dados, subamostra reduzida (busca de água sob responsabilidade de mulheres) e subamostra reduzida (residências que enfrentam escassez frequente). Da mesma forma, a coluna denominada ponto médio corresponde aos valores dos pontos médios dos intervalos de confiança obtidos no método não paramétrico Bootstrap com correção de viés.

Para a primeira parte, a média e a mediana do diagrama de caixa mais à esquerda da Figura 9 correspondem à esta parte da Tabela 6. Há uma diferença grande em todas as medidas das subamostras.

A análise da segunda parte da Tabela 6, ou seja, da subamostra reduzida dos domicílios em que mulheres são as principais responsáveis pela obtenção de água. A média e a mediana do diagrama de caixa central da Figura 9 correspondem à esta parte da Tabela 6. Há uma diferença grande em todas as medidas das subamostras reduzidas, com exceção do P25.

A terceira parte da Tabela 6 mostra o resultado da estatística descritiva com as subamostras reduzidas dos domicílios com escassez frequente de água. A média e a mediana do diagrama de caixa mais à direita da Figura 9 correspondem à esta parte da Tabela 6. O comportamento é semelhante, ou seja, com diferenças grandes em todas as medidas, com exceção dos valores mínimos.

Tabela 6. Estatística descritiva para o tempo dedicado a outras atividades.

Subamostra	n	Média (min)	Mediana (min)	Ponto médio (min)	Mín. (min)	Máx. (min)	P25 (min)	P75 (min)
Subamostra com todos os dados								
Diferença controle	27	-4,2	-6,0	-4,1	-18,0	10,0	-9,5	0,5
Diferença tratamento	87	55,2	54,0	55,3	32,0	91,0	44,0	64,0
Subamostra reduzida (busca de água sob responsabilidade de mulheres)								
Diferença controle	17	-2,5	-1	-2,7	-29	13	-10	8,0
Diferença tratamento	62	26,2	29	26,2	-17	66	12	39,8
Subamostra reduzida (residências que enfrentam escassez frequente)								
Diferença controle	22	0,6	0	0,5	-10	10	-2	4
Diferença tratamento	61	41,2	47	41,2	-10	84	7	65

Fonte: Autores (2026).

Tempo dedicado a outras atividades: síntese

Este item tem o mesmo objetivo do item de síntese da outra variável estudada, ou seja, já foi evidenciado que há impacto positivo com todos os dados. Espera-se também que este impacto positivo seja mais interessante ainda para as residências onde as mulheres são responsáveis por buscar a água e para as residências com escassez de água frequente, ou seja, que haja mais ganho no tempo dedicado a outras atividades. Novamente, isto foi realizado com as mesmas estatísticas do referido item anterior, observando a variação percentual das subamostras reduzidas em relação às subamostras com todos os dados, conforme Tabela 7. O efeito da aplicação sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais é nítido, pois houve um aumento no tempo dedicado a outras atividades entre 29 minutos e 60 minutos.

Tabela 7. Comparação entre as subamostras reduzidas com a subamostra com todos os dados: tempo dedicado a outras atividades

Medida estatística	Residências com Mulheres Responsáveis	Residências com Escassez Frequente
Medidas de tendência central	Aumento entre 50% e 56% menor em relação à subamostra com todos os dados	Aumento entre 22% e 32% menor em relação à subamostra com todos os dados
Valores mínimos	Aumento 76% menor em relação à subamostra com todos os dados	Não houve aumento para esta subamostra reduzida
Percentil 25	Aumento 59% menor em relação à subamostra com todos os dados	Aumento 83% menor em relação à subamostra com todos os dados
Percentil 75	Aumento 50% menor em relação à subamostra com todos os dados	Praticamente não houve diferença em relação à subamostra com todos os dados
Valores máximos	Aumento 35% menor em relação à subamostra com todos os dados	Aumento 9% menor em relação à subamostra com todos os dados

Fonte: Autores (2026).

Percebe-se que na variável tempo dedicado a outras atividades, apesar do efeito positivo da intervenção para todos os casos, quando reduzimos a subamostra ao caso das residências com mulheres responsáveis por buscar a água e quando reduzimos a subamostra ao caso das residências com escassez frequente, o efeito da intervenção é positivo e menor.

Isto significa que, aparentemente, a diminuição de tempo na busca de água (variável anterior) não se reverteu em tempo dedicado a outras atividades, na mesma magnitude. No caso, por exemplo, dos percentis 75 e subamostra reduzida às residências com escassez frequente, o ganho no tempo dedicado a outras atividades foi o mesmo da subamostra com todos os dados.

Possibilidade de aplicação do IVGAA

Foi realizada uma aplicação da Equação 3, tomando-se duas variáveis dos resultados estatísticos anteriores: “Tempo gasto na busca por água (min/dia)” e “Tempo dedicado a outras atividades (min/dia)”; e duas variáveis do estudo de percepção geral: “% de mulheres responsáveis por buscar água” e “Frequência da falta de água para uso doméstico (dias/semana)”. Em seguida, tomaram-se os valores médios, com exceção da variável “% de mulheres responsáveis por buscar água”, adotando-se as sugestões de associação de valores da Tabela 2 e uso da Tabela 1. Os resultados das simulações estão na Figura 10.

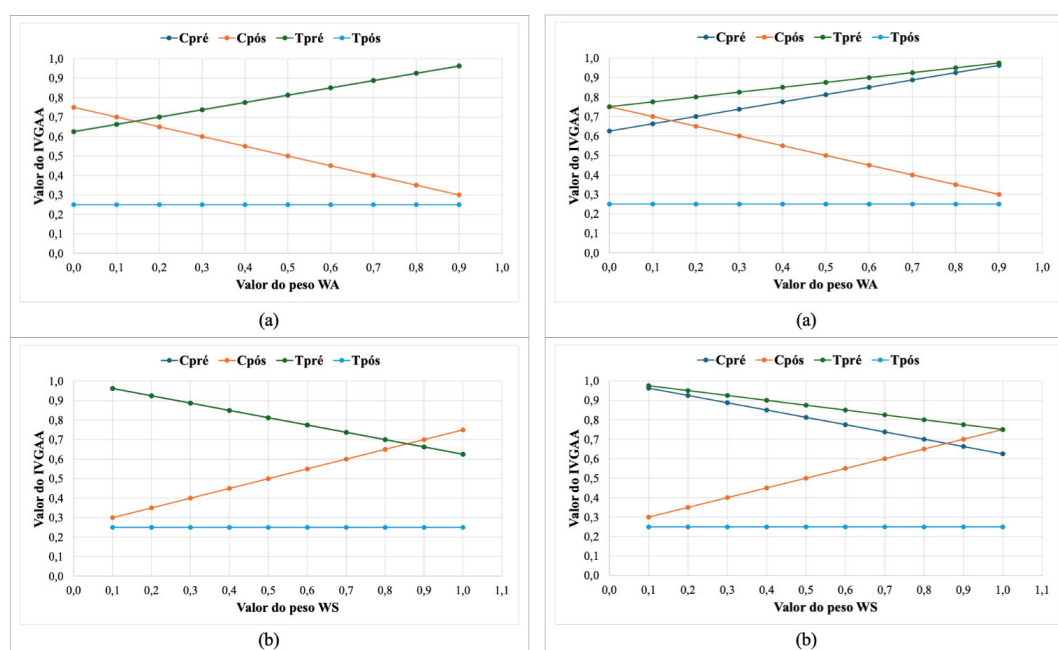


Figura 10. As imagens mostram a simulação do IVGAA em função de WA e WS e com subamostras reduzidas.

Fonte: Autores (2026).

Em relação à possibilidade de aplicação do IVGAA, os resultados indicam que, para a subamostra de controle, não houve alteração relevante na classificação de vulnerabilidade entre os períodos analisados. Em contraste, a subamostra de tratamento apresentou redução consistente nos níveis estimados de vulnerabilidade, sugerindo que a intervenção contribuiu para melhorar simultaneamente as condições de acesso à água e a redistribuição do tempo dedicado à sua obtenção. Observa-se ainda que, nas subamostras reduzidas compostas por domicílios nos quais a responsabilidade pela obtenção de água recai majoritariamente sobre mulheres, a magnitude da variação do índice foi mais pronunciada no grupo de tratamento.

Esse índice pode ser relevante para regiões urbanas, onde a escassez e a distribuição desigual da água impactam desproporcionalmente as mulheres. Dessa forma ele deve ser testado em comunidades urbanas para ajuste dos pesos da equação e validação empírica, de acordo com a realidade local.

Percepção geral da comunidade sobre a implantação do sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais

A análise considerou a complexidade dos sistemas antrópicos em interação com a água, buscando identificar os principais impactos socioambientais percebidos pela comunidade. Avaliou-se então o sistema de aproveitamento de água da chuva para fins de abastecimento humano, com atenção especial às dificuldades enfrentadas pelas mulheres, dada sua centralidade na organização e manutenção do abastecimento doméstico.

Os resultados apontam uma percepção majoritariamente positiva em relação ao sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais® pela comunidade, mostrando que 96,4% dos entrevistados atribuíram nota entre 9 e 10 ao sistema (totalmente satisfeito ou satisfeito). No que se refere ao acesso à água, 94,2% dos moradores relataram uma redução na necessidade de buscá-la em outros locais, o que indica uma diminuição da vulnerabilidade hídrica na comunidade. Esse dado, por si só, já aponta para um fortalecimento da resiliência hídrica domiciliar e comunitária.

Outro impacto relevante foi observado na redistribuição das tarefas domésticas: 93,1% dos participantes afirmaram que houve mudança na divisão dessas atividades após a instalação do sistema, indicando que a gestão da água no domicílio passou a ser mais organizada (Figura 11).

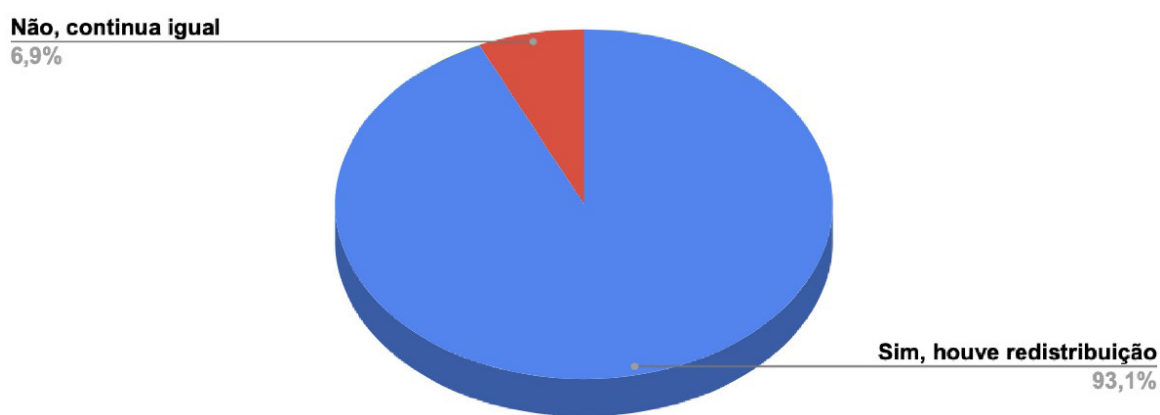


Figura 11. Mudança na divisão das tarefas domésticas após a implementação do sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais.

Fonte: Autores (2026).

Este resultado pode estar diretamente relacionado à menor necessidade de deslocamento para buscar água, atividade frequentemente atribuída às mulheres. Isso sugere que o sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais pode estar contribuindo não apenas para o alívio da sobrecarga de trabalho doméstico, mas também para uma reorganização mais equitativa dessas tarefas no domicílio.

Sobre o uso e manutenção do sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais®, 67% dos beneficiários que responderam ao NPS consideram fácil e apenas 1% difícil. A frequência com que faltava água antes da intervenção do sistema também foi percebido pela comunidade, onde 54,02% dos entrevistados responderam que sempre faltava água na residência antes da intervenção do sistema, sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais (Figura 12).

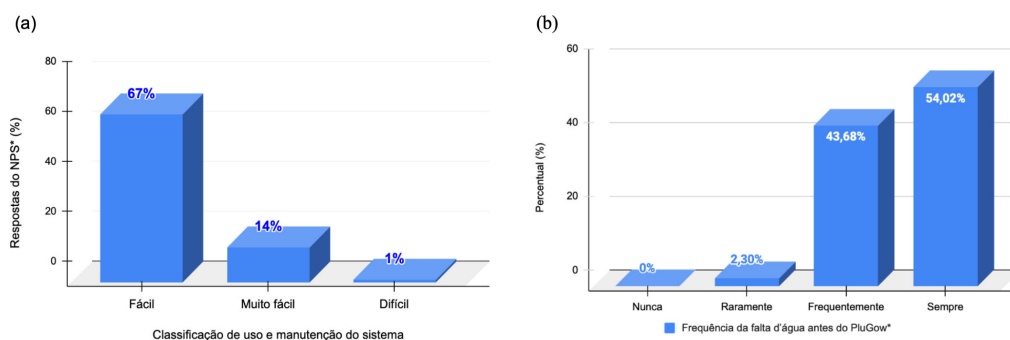


Figura 12. Classificação do uso (a) e Frequência da falta d'água antes do sistema sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais (b).

Fonte: Autores (2026).

Sobre a probabilidade de indicar o sistema para um amigo ou familiar (em uma escala de 1 a 10), 95,1% dos respondentes deram respostas entre 10 e 9, 2,4% indicaram nota 8 e 2,4% indicaram nota 6 na escala apresentada. A intervenção do sistema descentralizado de aproveitamento de águas pluviais® mitigou indicadores de vulnerabilidade hídrica na comunidade pesquisada (Figura 13), confirmando que a captação pluvial também deve ser analisada sob uma perspectiva social e de gênero, pois notadamente, o seu efeito foi significativo em residências onde as mulheres eram responsáveis pela gestão da água no domicílio. No entanto, destaca-se que, embora tenha ocorrido esse aumento no tempo dedicado a outras atividades, ele não se reverteu efetivamente em atividades de lazer ou trabalho formal.

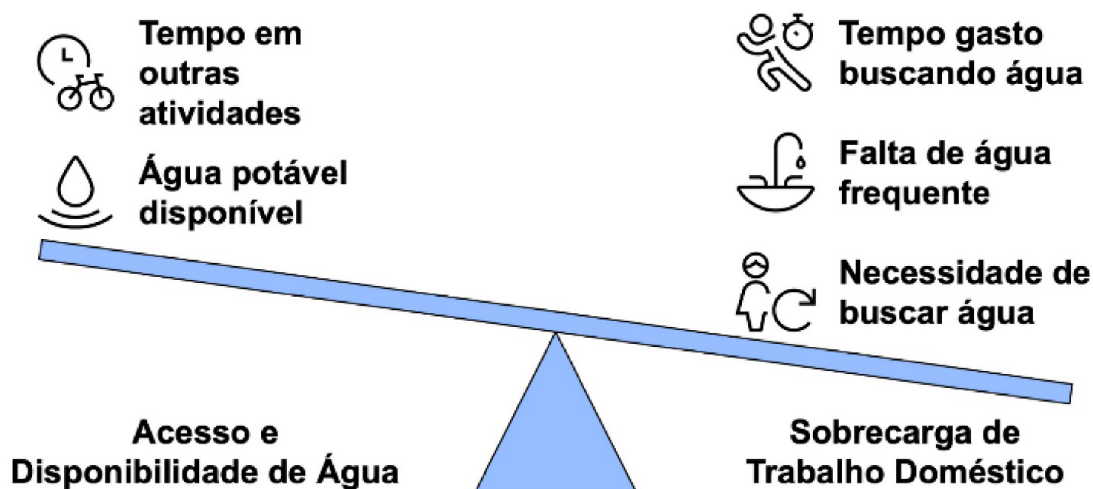


Figura 13. Síntese dos principais resultados observados na pesquisa.

Fonte: Autores (2026).

CONCLUSÕES

A pesquisa evidenciou melhorias socioambientais expressivas, incluindo redução da escassez hídrica, aumento da satisfação da comunidade e potencial mitigação de alagamentos e riscos de deslizamentos. Observou-se ainda que a integração entre tecnologia, gestão comunitária e participação social é determinante para o sucesso de soluções descentralizadas, reforçando a importância de processos educativos e participativos.

A utilização de testes estatísticos apropriados assegurou a robustez das estimativas, permitindo uma interpretação confiável dos efeitos do aproveitamento pluvial, sobre as desigualdades de gênero decorrentes da precariedade no saneamento, conforme apontado pelo Instituto Trata Brasil (2022) e por Matos & Santos (2023). A sobrecarga de trabalho doméstico associada à busca por água sofreu redução grande para o grupo de tratamento, enquanto permaneceu inalterada no grupo controle.

Em conjunto, os resultados obtidos reforçam que a adoção de sistemas descentralizados de captação de águas pluviais contribuem significativamente para a redução do tempo gasto para buscar água fora do domicílio e para a ampliação do tempo disponível para outras atividades. Na área de estudo, os efeitos da tecnologia foram mais significativos em domicílios onde a gestão doméstica da água possui maior protagonismo feminino.

A pesquisa também aventou a possibilidade de criação de um índice integrado que possa futuramente oferecer um instrumento para análise e avaliação das desigualdades de gênero relacionadas ao acesso à água. Desta forma, o estudo conclui que a captação de água da chuva representa uma solução promissora para os desafios enfrentados por comunidades urbanas vulneráveis, no que diz respeito ao acesso à água. Os resultados demonstram, portanto, que a captação descentralizada de água da chuva impacta positivamente a vida das pessoas, promovendo justiça hídrica e de gênero, ao reduzir significativamente a sobrecarga doméstica feminina e o deslocamento para obtenção de água.

Frente aos impactos apontados, recomenda-se o escalonamento na implantação da tecnologia de captação de águas pluviais, através de investimento em políticas públicas, infraestrutura adequada e na educação ambiental da população, bem como a expansão da pesquisa para outras comunidades vulneráveis, com o objetivo de verificar a aplicabilidade e adaptação do índice proposto, em diferentes contextos socioculturais e econômicos.

Como aprimoramento metodológico para estudos futuros, em consonância com as recomendações de robustez e verificação da hipótese de tendências paralelas dos grupos de tratamento e controle neste tipo de avaliação de impacto, pode-se adotar métodos de pareamento acoplado ao método DD (Gertler et al., 2018). Como dizem Batista & Domingos (2017), o planejamento antecipado ideal usa o experimento controlado como “padrão de ouro”. Como muitas vezes não é possível, são utilizadas as técnicas quase experimentais, sendo uma das quais inspiradora do que foi feito neste estudo. Os autores tomaram os dados vindos de outros responsáveis pelo diagnóstico da comunidade onde houve a intervenção. Os resultados mostraram que pode haver algum viés nas subamostras reduzidas de domicílios com escassez de água frequente, conforme avaliação prévia de algumas variáveis do período pré-intervenção, mas nas subamostras reduzidas de domicílios onde as mulheres responsáveis por buscar água tem este risco diminuído.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); 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

- Alim, M. A., Rahman, A., Tao, Z., Samali, B., Khan, M. M., & Shirin, S. (2020). Suitability of roof harvested rainwater for potential potable water production: a scoping review. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119226. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119226>
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. (2023). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023*. Brasília: ANA. Recuperado em 27 de fevereiro de 2026, de <https://www.snirh.gov.br/porta1/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>
- Arruda, A. E., & Heller, L. (2022). Acesso à água e esgotos em ocupação urbana na Região Metropolitana de Belo Horizonte: efeitos na saúde, qualidade de vida e relações de gênero. *Physis (Rio de Janeiro, Brazil)*, 32(2), <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312022320204>
- BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO - BID. (2011). Designing impact evaluations for agricultural projects. Winters, P., Salazar, L., Maffioli, A. Washington, D.C.: IDB, 2011. (IDB Technical Note, 289). Disponível em: <https://publications.iadb.org/en/designing-impact-evaluations-agricultural-projects>.
- Barbetta, P. A. (2004). *Estatística aplicada às Ciências Sociais*. 5. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC.
- Batista, M., & Domingos, A. (2017). Mais que boas intenções: técnicas quantitativas e qualitativas na avaliação de impacto de políticas públicas. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 32(94), 1-24.
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L. N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., & Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195-209. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>
- Cavalcanti, E. R., Suassuna, C., Pedrosa, F., Lima F., M. Áreas de morros da cidade do Recife (Pernambuco, Brasil): a importância da governança adaptativa diante dos riscos geológicos. *Territorium*, n. 31(II), p. 37-53, 2024. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_31-2_3
- Cirilo, J. A., Montenegro, S. M. G. L., & Campos, J. N. B. (2020). Políticas públicas de água no semiárido brasileiro: avanços e desafios. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25, e18.
- Gertler, P. J., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L. B., & Vermeersch, C. M. J. (2018). *Impact evaluation in practice*. 2. ed. Washington: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0779-4>

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022). *Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2022*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 27 de fevereiro de 2026, de <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101979.pdf>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2023). Recife: Cidades e Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>
- Instituto Trata Brasil. (2022). *O saneamento e a vida da mulher brasileira*. Recuperado em 27 de fevereiro de 2026, de <https://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/relatorios/relatorio-saneamento-e-a-vida-da-mulher-brasileira-2022.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- MATOS F.; DIAS, R. Dados Desagregados por Gênero na Busca da Equidade na Gestão Pública da Água e do Saneamento. Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ISSN 2318-0358. Sergipe, 2023. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/191/XXV-SBRH0987-2-0-20230713-202213.pdf>
- NOGUEIRA, D.; MESQUITA, P.; CAVALCANTE, L.; RODRIGUES FILHO, S.; SAITO, C. Rainwater harvesting as a strategy for adapting to climate change and building women's autonomy in Brazilian semiarid. *Multidisciplinary Journal of Gender Studies*, v. 11, n. 1, p. 1-24, 2022. <https://doi.org/10.17583/generos.6673>
- Ribeiro, L. M. L., & Ghisi, E. (2023). Potential for drinking water savings through rainwater use: a case study in Brazil. *Ambiente Construído*, 23(2), 47-64.
- Santos, N. (2023). *Desigualdades invisíveis: como a falta de saneamento amplifica as desigualdades de gênero*. Recuperado em 27 de fevereiro de 2026, de <https://www.rebob.org.br/post/desigualdades-invis%C3%ADveis-como-a-falta-de-saneamento-amplifica-as-desigualdades-de-g%C3%AAnero>
- SOARES, D. Participação feminina em instalação de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva. Rede Brasil de Organismos de Bacia Hidrográfica–REBOB, 2021. Disponível em: <https://www.rebob.org.br/post/participa%C3%A7%C3%A3o-feminina-em-instala%C3%A7%C3%A3o-de-sistemas-de-capta%C3%A7%C3%A3o-e-armazenamento-de-%C3%A1gua-de-chuva>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- Triola, M. F. (2005). *Introdução à estatística*. 9. ed.. Rio de Janeiro: LTC. Recuperado em 27 de fevereiro de 2026, de <https://archive.org/search?query=external-identifler%3A%22urn%3Aoclc%3Arecord%3A1302089417%22>
- UN-WATER. (2023). *The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water*. Paris: UNESCO. <https://doi.org/10.18356/9789210013437>
- World Health Organization. United Nations Children's Fund. (2023). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender*. Geneva/New York: WHO; UNICEF. Recuperado em 27 de fevereiro de 2026, de <https://washdata.org/reports/jmp-2023-wash-households>

Contribuições dos autores:

Alyne Carneiro Mesquita Siffert Lemos: idealização do trabalho, desenvolvimento da metodologia, coleta e análise de dados, análise formal do conteúdo, escrita e revisão do texto.

Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves: orientação na idealização do trabalho, no desenvolvimento da metodologia e na elaboração das análises. Análise formal do conteúdo e revisão do texto.