

# Água da chuva para consumo humano: estudo de caso na Amazônia Oriental

**Título original:** Promovendo a Sociobiodiversidade: Restauração Ambiental com Geração de Renda em Comunidades Ribeirinhas na Amazônia Oriental

**Prêmio Benchimol:** 2013, Primeiro colocado, Categoria Ambiental

## **Vania Neu**

Doutora em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (USP) -SP - Brasil. Professora e pesquisadora da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - Belém, PA - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/3604856885451502>

E-mail: [bioneu@yahoo.com.br](mailto:bioneu@yahoo.com.br)

## **Victor Martins Guedes**

Mestrando em Recursos Naturais pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) - Brasil. Graduação em Engenharia Ambiental e de Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/8594465146609973>

E-mail: [victormguedes@hotmail.com](mailto:victormguedes@hotmail.com)

## **Maria Gabriella da Silva Araújo**

Mestranda em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (USP) - SP - Brasil. Graduação em Engenharia Ambiental e de Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0967304306780199>

E-mail: [ma.gabriella\\_araujo@live.com](mailto:ma.gabriella_araujo@live.com)

## **Leandro Frederico Ferraz Meyer**

Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) - MG - Brasil. Professor e pesquisador da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0022091921157418>

E-mail: [leandro.meyer@ufra.edu.br](mailto:leandro.meyer@ufra.edu.br)

## **Ian Rodrigues Brito**

Graduando em Engenharia Ambiental e de Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/8055235324302073>

E-mail: [ianbrito801@hotmail.com](mailto:ianbrito801@hotmail.com)

## **Lucas Mota Batista**

Graduando em Engenharia Ambiental e de Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/5910833811483129>

E-mail: [motta-pan@hotmail.com](mailto:motta-pan@hotmail.com)

## RESUMO

O acesso à água potável é um direito fundamental, mas grande parcela da população mundial não tem oferta suficiente ou mesmo sofre com carência absoluta desse bem. O trabalho apresenta uma tecnologia social para aproveitamento da água da chuva no estuário Guajarino, Estado do Pará, discute o dimensionamento dos sistemas e a qualidade da água para fins potáveis. A oferta de água foi estimada com base nos dados históricos de precipitação obtidos da base do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). O dimensionamento dos sistemas foi realizado com base nos dados de precipitação, tamanhos das famílias e usos alternativos da água com o auxílio do software Netuno 4. A qualidade da água foi avaliada por meio de análises físico-químicas, in situ. As simulações indicam que os sistemas podem ser dimensionados para prover água suficiente ao longo de todo o ano. Para os sistemas implantados, com reservatórios de 1.000 litros, a oferta de água atende à demanda em 318 dias do ano (87,33%). As análises de qualidade indicaram que a acidez é ligeiramente acima dos níveis recomendados, porém muito abaixo daqueles encontrados nas águas minerais comercializadas em Belém. A ausência de coliformes (fecais e totais) depende fortemente dos cuidados de manutenção dos sistemas. A tecnologia aqui apresentada tem baixo custo de adoção e mostrou-se eficaz e replicável para comunidades rurais da Amazônia.

**Palavras-chave:** Água potável. Qualidade de vida. Tecnologia social.

## ***Rainwater for human consumption: a case study in the Eastern Amazon***

### **ABSTRACT**

*Although the access to drinking water is professed as a fundamental right, a large part of the world's population still faces insufficient supply or even absolute shortage. This paper discusses the use of rainwater as a possible solution for such problems. It evaluates the design of a proposed system to capture and storage rainwater and its quality for drinking purposes. Historical precipitation data were obtained from INMET for in the Guajarino estuary, state of Pará. Rainfall data indicate a regular supply of water throughout the year. The sizing of the storage capacity and the catchment area were evaluated with the aid of the software Neptune 4 according to household size and alternative uses. If the storage capacity is fixed to 1,000 liters to each family, the demand for water is expected to be fully attended in about 318 days of the year (87.33%), in average. The water quality was measured through in situ physical-chemical analyzes. The measures indicate that the acidity is slightly above the recommended levels, but much lower than those found in the mineral waters commercialized in Belém. The absence of coliforms (fecal and total) depends strongly on the maintenance of the systems. The technology presented here has a low cost of adoption and proved effective and replicable for rural communities in the Amazon.*

**Keywords:** *Drinking water. Quality of life. Social technology.*

## **Agua de lluvia para consumo humano: estudio de caso en la Amazonia Oriental**

### **RESUMEN**

*El acceso al agua potable es un derecho fundamental, pero gran parte de la población mundial todavía presenta dificultades para obtenerla. El trabajo discute el aprovechamiento del agua de lluvia mediante una tecnología social, mensurando el dimensionamiento de los sistemas y la calidad del agua para usos potables, en estuario Guajarino, estado de Pará. Los datos históricos de precipitación fueron obtenidos de la base de INMET, el dimensionamiento se medió por el uso del software Netuno 4, ya la calidad del agua fue evaluada por medio de análisis físico-químicas, in situ. Los datos pluviométricos indican una oferta regular de agua a lo largo del año, siendo suficiente que los sistemas sean dimensionados según el tamaño de las familias y los usos alternativos. Los sistemas implantados tienen capacidad de almacenamiento de 1.000 litros, presentando eficiencia de 87,33%. La calidad del agua indica que la acidez es ligeramente por encima de los niveles recomendados, pero muy por debajo de los encontrados en las aguas minerales comercializadas en Belém. La ausencia de bacterias coliformes (fecales y totales) depende mucho de los cuidados de mantenimiento de los sistemas. La tecnología estudiada presenta bajo costo de adopción e demostró ser eficaz y replicable para las comunidades rurales de la Amazonía.*

**Palabras claves:** *Água potable. Calidad de vida. Tecnología social.*

### **INTRODUÇÃO**

Pelo fato de a água ser essencial para a existência humana e para a sustentabilidade do desenvolvimento das sociedades, a Organização das Nações Unidas (ONU) reconhece o acesso à água potável suficiente como um direito universal. Contudo, o modo de garantir esse direito nunca foi claramente definido e o acesso efetivo à água potável não está assegurado para grande parcela da população mundial. Isso se deve, em parte, ao fato de que a distribuição da água não é equitativa em nosso planeta (ARTAXO, 2014). Cerca de 25% da população mundial ainda não têm acesso regular à água (SELBORNE, 2001).

A falta de água potável não é apenas uma realidade em regiões com baixa disponibilidade hídrica. Na Amazônia, detentora de 74% da disponibilidade hídrica do país e 20% da disponibilidade mundial de água (SOUZA; ROCHA; COHEN, 2003), apenas 24,3% da população rural têm acesso à água potável (IBGE, 2015). A má qualidade da água em regiões de alta disponibilidade decorre diretamente da proliferação das fontes de contaminação. De modo geral, o problema está associado ao crescimento das populações e da atividade econômica sem a devida infraestrutura de saneamento básico e capacidade regulatória.

Embora a consciência ambiental, de modo geral, e a atenção para os problemas da escassez, má distribuição e baixa qualidade da água, em particular, estejam se ampliando ao redor do mundo, o viés produzido por análises de curto prazo e pela confiança exagerada nas soluções tecnológicas tornam os sistemas político e econômico, pouco sensíveis aos efeitos cumulativos que emergem da deterioração dos espaços urbanos, do meio ambiente e dos serviços ecossistêmicos. A lentidão das respostas institucionais e dos setores econômicos que mais contribuem para o desperdício e poluição das águas tem levado ao agravamento do problema da escassez hídrica global.

A ausência ou inadequação dos serviços básicos de saneamento, limitações de acesso à água potável, baixa condição socioeconômica e educacional e maus hábitos higiênicos aumentam os riscos de a população contrair doenças de veiculação hídrica. Victorino (2007) estima que essas causas levem mundialmente 36 mil pessoas a óbito, diariamente. As doenças diarreicas, também conhecidas como feco-orais, estão diretamente relacionadas à ingestão de água contaminada, má higiene dos alimentos e tratamento inadequado dos dejetos (CESA; DUARTE, 2010).

Na Amazônia, além da precariedade do saneamento básico, a contaminação dos sistemas aquáticos com metais pesados utilizados na mineração, como o mercúrio e o arsênio, e pelos agrotóxicos utilizados nas atividades agropecuárias também é preocupante (RUIVO, 2003). A mineração e a queima de florestas são os principais responsáveis pela liberação de mercúrio que está chegando aos corpos hídricos (FENZL; MATHIS, 2003). Além da elevada toxicidade, o mercúrio se destaca pela capacidade de biomagnificação ao longo das cadeias tróficas (KEHRIG et al., 2011). Outros metais pesados como o chumbo, cádmio e cromo, que têm efeitos negativos na saúde humana e no meio ambiente, estão presentes em diversos efluentes e se acumulam na coluna d'água, muitas vezes em concentrações acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação (LIMA et al., 2015).

Localizada no Estuário Guajarinó, nas proximidades de Belém, do Porto da Vila do Conde e do Polo Industrial, em Barcarena, onde ocorre o beneficiamento de alumínio e caulim e a produção de fertilizantes, a comunidade do Furo Grande, Ilha das Onças, sofre com a contaminação das águas de que se serve para todas as necessidades domésticas, inclusive o consumo direto (PIRATOBA et al., 2017).

A comunidade recebe elevada carga de poluentes químicos e biológicos, além dos dejetos e efluentes provenientes da própria população. Segundo Neves et al. (2001), as elevadas concentrações de metais pesados encontrados nesse estuário também são oriundas de atividades industriais pesqueiras, madeireiras e de curtição de couro. Desde o ano 2000, são registrados recorrentes acidentes ambientais na região, envolvendo transbordamentos de lama vermelha, vazamentos de soda cáustica, afundamentos de balsas transportadoras de óleo (NASCIMENTO, 2010) e bovinos, dentre outros.

A contaminação das águas do canal Furo Grande impôs aos moradores um sério problema de carência de água potável. Em resposta a essa situação, o presente artigo apresenta resultados da avaliação de uma tecnologia social para o aproveitamento da água da chuva, implantada experimentalmente na casa de 15 famílias residentes às margens do canal. Discute-se o dimensionamento dos sistemas e a qualidade da água para consumo humano. A tecnologia testada tem baixo custo de adoção e mostrou-se eficaz e replicável para muitas comunidades rurais da Amazônia, que subsistem sob ameaças semelhantes à saúde e à dignidade humana.

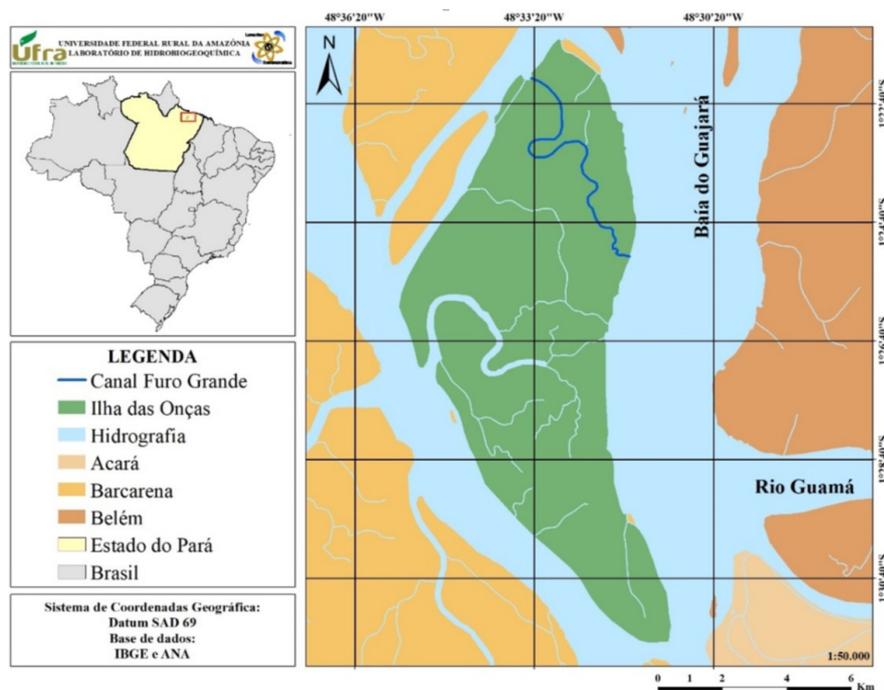
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado na comunidade ribeirinha do Furo Grande, Ilha das Onças, município de Barcarena, Estado do Pará (figura 1). Pertencente à Região Insular de Belém, a Ilha das Onças (área de 96 Km<sup>2</sup>) está localizada no Estuário Guajarinó, à margem esquerda da Baía do Guajará. A ilha é drenada por diversos rios e canais. O Furo Grande é um canal longo e estreito, com pouco tráfego de embarcações. Ao longo das suas margens, a população ribeirinha se distribui de forma dispersa.

O clima da região é quente e úmido, com temperatura média anual de  $26,7 \pm 0,4$  °C, umidade relativa do ar média anual de  $84,4 \pm 4,1$  %, precipitação média anual de  $3.206 \pm 131$  mm, referente à série histórica de 1987 a 2016. A região apresenta sazonalidade pluviométrica, com período menos chuvoso que compreende os meses de agosto a dezembro, com precipitação média mensal de  $158,8 \pm 59,8$  mm, e um período mais chuvoso, de janeiro a julho, com precipitação média mensal de  $344,6 \pm 111,8$  mm (INMET, 2018).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores.

Quanto à vegetação, a região é coberta por “mata de várzea”, cobertura florestal contínua e diversificada, em que a espécie vegetal dominante é o açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).

O uso extrativo dessa espécie é a principal fonte de sustentação econômica e subsistência da comunidade (NEU et al., 2016a). Tanto o fruto quanto o palmito de açaí fazem parte da alimentação diária dos ribeirinhos (OLIVEIRA et al., 2002).

A comunidade possui características rurais, mas mantém estreita relação com a vida urbana, devido à proximidade da cidade de Belém. Para chegar à comunidade do Furo Grande, saindo da capital, leve-se cerca de 40 minutos em travessia com embarcação regional. Geralmente, os ribeirinhos vivem em casas feitas com madeira. O saneamento básico é precário, sem fossas sépticas. A oferta de água potável por parte da prefeitura de Barcarena é insuficiente, de modo que a grande maioria dos moradores não tem água potável em quantidade adequada para atender às necessidades da família. Por isso, o rio ainda é a principal fonte de água para diversos usos, inclusive o consumo direto.

O baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da região de Barcarena (0,662) retrata condições de saúde e educação precárias.

### SELEÇÃO DAS FAMÍLIAS BENEFICIADAS E IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

As famílias beneficiárias foram identificadas a partir da análise de respostas a um questionário semiestruturado aplicado a 27 famílias, em 2012, por ocasião da implantação do projeto intitulado: “Promovendo a Sociobiodiversidade: restauração ambiental com geração de renda em comunidades ribeirinhas na Amazônia Oriental”. Desse total, 15 famílias foram selecionadas para receber os sistemas com base no critério de vulnerabilidade socioeconômica.

Os sistemas de captação e armazenamento de água da chuva foram instalados nas residências de cada família e em um espaço comum construído para abrigar as ações do projeto.

Por se tratar de um ambiente rural, com cobertura vegetal conservada, a vegetação no entorno das casas foi um dos fatores observados para a escolha do local adequado para a instalação dos sistemas. A escolha de locais livres de copas é essencial para manter a qualidade da água. A existência de copas de árvores projetadas sobre as áreas de captação não é recomendada por atrair animais e assim propiciar uma fonte de contaminação, via dejetos, e aumentar o risco de entupimento das tubulações do sistema, devido ao acúmulo de folhas. Para reduzir a entrada de material particulado (folhas e galhos finos), utilizou-se uma tela (malha 4x4 mm) de fibra de vidro revestida em PVC, no bocal da calha.

A fase de implantação ocorreu em duas etapas, incluindo dois tipos de sistemas. Em 2012, foram instalados 15 sistemas, mais simples, em que o descarte dos primeiros milímetros de chuva (“primeira água”) é feito de forma manual. O custo desse sistema foi de R\$ 1.257,90 por unidade. Em 2015, houve o aperfeiçoamento do sistema e uma unidade com descarte semiautomático da “primeira água” foi construído junto à sede da Associação dos Meliponicultores e Produtores de Açai e Artesanato do Furo Grande (Ampafug), a um custo final de R\$ 1.529,13<sup>1</sup>. A implantação dos sistemas foi em regime de mutirão, com participação dos beneficiários e da equipe técnica do projeto.

O descarte do primeiro milímetro de chuva é essencial para garantir a potabilidade da água. Essa “primeira água” tem o papel de lavar a área de captação, sobretudo após alguns dias de estiagem, quando se acumulam resíduos e poeiras suspensas na atmosfera, e mesmo fezes de animais que têm acesso aos telhados. No sistema que utiliza o descarte manual (figura 2 - A), uma tampa impede a entrada da “primeira água” no reservatório.

Após o descarte do milímetro inicial, a tampa precisa ser retirada, manualmente, para permitir a entrada da água no sistema de armazenamento.

O dispositivo de descarte semiautomático da primeira água da chuva (figura 2 - B) foi adaptado do sistema desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco (Desvio-UFPE). O dispositivo consiste numa serpentina de tubos de PVC dimensionada para armazenar no mínimo o primeiro milímetro de chuva, ou seja, 1 litro de água para cada metro quadrado de área de captação (ALVES et al., 2014). A água contendo impurezas fica retida na serpentina durante o evento de chuva, devendo ser esvaziada, manualmente, somente após a chuva. A água de descarte pode ser utilizada para fins não potáveis (ALVES et al., 2014).

No sistema com desvio semiautomático, a área de captação foi de 28,8 m<sup>2</sup>, com 4,2 m de tubo (100 mm) para a construção do desvio. Isso permite o descarte dos primeiros 1,14 mm de chuva. O volume descartado é o suficiente para esta região, onde a contaminação do ar é baixa e as chuvas são frequentes o ano todo (TOMAZ, 2003).

Para manter a qualidade da água, além dos cuidados de descarte dos milímetros iniciais, a água armazenada é tratada com a adição de hipoclorito de sódio (0,1 ml de solução para cada um litro de água) para eliminar a possível presença de bactérias. No interior das casas, foram utilizadas torneiras com filtros compostos de polipropileno e carvão ativado. O elemento filtrante é trocado em média a cada seis meses.

<sup>1</sup>Valor válido para o ano de 2014, referente aos materiais necessários para construção do sistema de coleta e armazenamento de água de chuva, não sendo incluído a esta soma o custo alusivo a mão de obra.

Figura 2 – Sistema de descarte da primeira água da chuva. Cisterna com sistema manual (A); Cisterna com sistema semiautomático (B)



Fonte: Autores.

#### DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO

O dimensionamento da capacidade de armazenamento dos sistemas foi realizado com o auxílio do software Netuno 4, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O software utiliza os dados da área de captação, série histórica da precipitação, estimativas de demanda e perdas do sistema (evaporação, respingo, absorção da telha e volume descartado pelo desvio) para todos os eventos de precipitação da série histórica para simular os volumes de entradas (precipitação) e saídas (consumo) para determinar a capacidade de suprir a demanda de cada residência, sem interrupção da oferta de água durante os períodos de estiagem. As simulações foram realizadas considerando as médias da precipitação diária no período de 1986 a 2016. Para essa série, a menor média de precipitação mensal foi observada no mês de setembro, com 123,42 mm. A área de captação recomendada para os sistemas individuais foi calculada conforme a equação (1).

$$A = \frac{D}{(P * C)} \quad (1)$$

(Sendo: D = demanda mensal (L); A = área de captação mínima (m<sup>2</sup>); P = precipitação média do mês menos chuvoso (mm); C = coeficiente de escoamento.

A oferta efetiva de água do sistema para atendimento da demanda é dada pela relação entre o volume precipitado e o volume captado pelo sistema (TOMAZ, 2003). O volume de água aproveitado varia de acordo com o material que compõe o telhado. Uma casa com o sistema implantado possui cobertura de telha ecológica (sistema com desvio semiautomático) e as demais são cobertas com telhas de cerâmica. Para ambos os tipos de área de captação, o aproveitamento é de 90% da água precipitada (TOMAZ, 2003). O restante (10%) é perdido por meio da evaporação, respingos, absorção da telha e volume descartado pelo desvio. Em conjunto com os dados sobre a demanda de água, essa relação determina a eficácia (capacidade) do sistema para atender às necessidades de cada família.

Os dados históricos de precipitação foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), localizada em Belém, na latitude 1°25'48"S e longitude 48°25'48"O. A estimativa das necessidades de água das famílias considerou o consumo de 20 litros de água/pessoa/dia<sup>-1</sup> (ONU, 2014).

Embora, em tese, os sistemas possam ser dimensionados para atender o mais plenamente às necessidades das famílias de tamanhos diferentes, fatores de ordem prática impediram que o projeto implantasse sistemas com capacidade de armazenamento e áreas de captação ajustadas a cada família. Os sistemas implantados pelo projeto incluem cisternas com capacidade de armazenamento de 1.000 litros e 6 metros de calha acoplados a cada residência.

### COLETA E ANÁLISE DA ÁGUA

O monitoramento da qualidade da água armazenada nas cisternas e das águas do canal Furo Grande foi realizado entre fevereiro de 2014 e setembro de 2016, por meio da avaliação físico-química e biológica. Com equipamentos portáteis – condutivímetro (Amber Science, 2052) e o pHmetro (Thermo Scientific Orion, STAR A221) – os parâmetros físico-químicos condutividade elétrica e pH da água foram determinados *in situ*.

A análise microbiológica avaliou a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*). Após a coleta, as amostras foram armazenadas em frascos de polietileno de alta densidade e acondicionadas em caixas térmicas até a chegada ao laboratório. As análises foram iniciadas ou no mesmo dia. Empregou-se a metodologia do kit COLItest®, com adição de substrato cromogênico e fluorogênico para detecção simultânea de coliformes totais e *E. coli*. A presença de *E. coli* foi verificada por meio dos testes de fluorescência e de indol, após incubação das amostras em estufa bacteriológica entre 18-48 h à temperatura de 37°C.

### ANÁLISE DOS DADOS

Tendo em vista a implantação de um único sistema com desvio semiautomático, as amostras coletadas desse sistema foram avaliadas separadamente quanto à presença ou ausência de contaminação biológica. Para análise dos parâmetros físico-químicos essa amostra foi incorporados ao tratamento *cisterna*.

Os dados gerados a partir das amostragens de campo foram organizados em dois grupos de tratamento (*cisterna* e *Furo Grande*), os quais foram categorizados por sazonalidade (mais e menos chuvoso). As análises estatísticas foram precedidas de verificação dos pressupostos de homogeneidade e normalidade. A fim de se obter a variância amostral e a influência que os fatores *tratamento* e *sazonalidade* exercem sob os parâmetros físico-químicos de interesse, os dados foram submetidos à análise de variância com dois fatores (*two-way* ANOVA). Para a comparação das médias dos parâmetros considerados utilizou-se o teste de Tukey com intervalo de confiança de 5%. Todos os testes foram realizados por meio do software R Studio, versão 3.5.1.

### PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE

A percepção da comunidade acerca das mudanças proporcionadas pela instalação dos sistemas de aproveitamento da água da chuva foi obtida por meio de entrevistas diretas com os beneficiários, orientadas por questionário semiestruturado. O questionário buscou verificar as percepções referentes à conveniência ou conforto, aparência e sabor da água provida pelos sistemas instalados. Também se buscou verificar se houve percepção de mudança quanto à incidência de doenças de veiculação hídrica, após a instalação dos sistemas. Por meio da conferência de um *checklist* dos itens específicos, foi verificado o grau de seguimento das recomendações técnicas para a manutenção e higienização dos sistemas e da água armazenada. As entrevistas foram realizadas em fevereiro de 2015, dois anos e meio após a implantação dos sistemas. Em sua maioria, os questionários foram respondidos pelos chefes da família.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

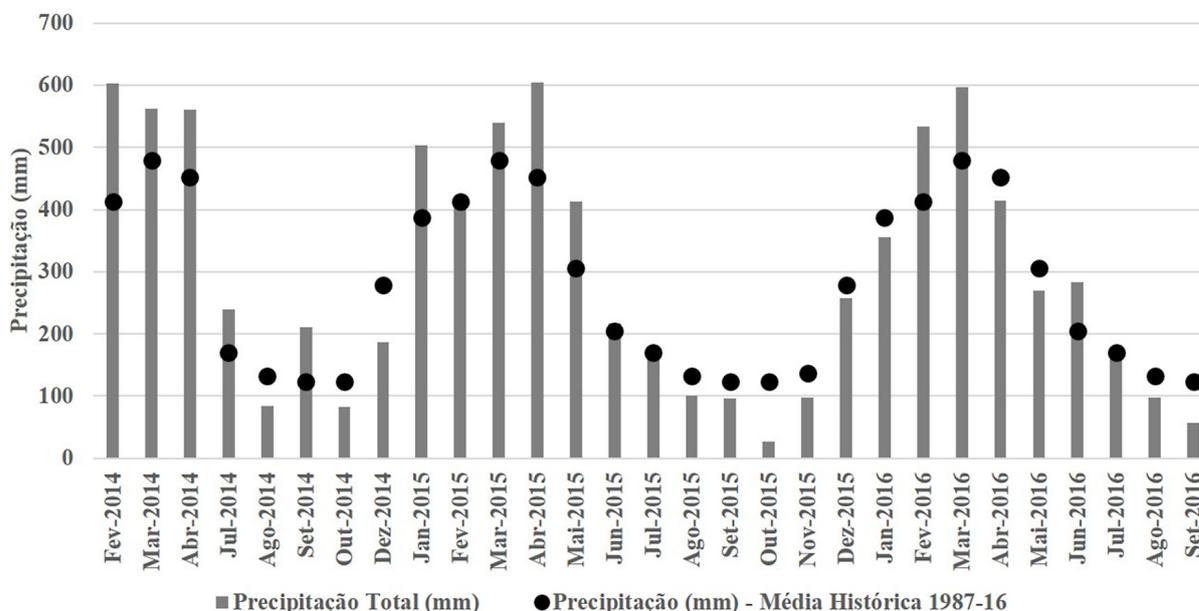
A região amazônica é caracterizada por altos índices pluviométricos, com expressiva variação sazonal. Apesar da notável redução das chuvas entre junho e dezembro, o período menos chuvoso não consiste em “período seco”, pois apresenta precipitação média histórica mensal superior a 100 mm (figura 3).

A precipitação anual para o período de implantação do projeto foi superior à média histórica. Em 2013, 2014 e 2015 foram verificados valores de 3.776 mm; 3.598 mm e 3.445 mm, respectivamente, enquanto a média histórica (1987 – 2016) foi de 3.206 mm (INMET, 2018). O aumento da precipitação observado entre os anos 2013 a 2015 esteve associado à maior contribuição dos dias muito chuvosos para as médias anuais (NEU et al., 2016b). Ainda que o período analisado seja curto para avaliações de tendências climáticas, o aumento dos extremos de precipitação (chuvoso e seco) corrobora as previsões para a Amazônia, associadas ao cenário das mudanças climáticas.

Mesmo considerando os padrões de variação sazonal, anual e decadal para a Amazônia (MARENGO, 2004), as variações dos últimos 50 anos têm mostrado que os eventos extremos estão cada vez mais frequentes e intensos. No cenário de emissões de gases de efeito estufa, as previsões para o oeste da Amazônia são de aumento da frequência de extremos de chuva e da contribuição de dias muito chuvosos (MARENGO; TOMASELLA; NOBRE, 2010).

Com precipitações anuais acima dos 2.000 mm, o aproveitamento de água de chuva como fonte de abastecimento mostra-se plenamente viável (AZEVEDO NETO, 1991). Em termos comparativos, a precipitação anual de 3.205,98 mm é muito superior à média histórica anual de municípios como Caruaru (764,1 mm), Garanhuns (874,4 mm) e Pesqueira (701,5 mm), localizados no agreste pernambucano, e que são alvos do Programa “Um Milhão de Cisternas Rurais” (PIMC) – principal programa nacional de aproveitamento de água de chuva (INMET, 2016; LUNA, 2011).

Figura 3 – Precipitação mensal (2013-2015) e precipitação média histórica (1987-2016)



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores.

## DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO

A tabela 1 reúne os resultados das simulações da capacidade de atendimento de demanda de água pelos sistemas, em face do tamanho das famílias e das variações sazonais da precipitação.

A coluna (4) mostra o percentual de dias do ano em que o sistema com o reservatório de 1.000 litros e 6 metros de calha providos pelo projeto é capaz de atender plenamente à demanda da família, de acordo com as áreas dos telhados (coluna 3).

Os resultados indicam que para famílias de até 6 pessoas (famílias 8 e 11), os sistemas implantados têm condições de suprir as demandas durante a maior parte do ano, e que a capacidade de atendimento foi limitada pelas pequenas áreas de captação. Nos dias sem atendimento, as famílias teriam que buscar outras fontes de abastecimento. As falhas de abastecimento tendem a ocorrer nos meses de julho a dezembro, devido à sucessão de meses com baixas precipitações (figura 4).

Tabela 1 – Número de dias atendidos pelo sistema de 1000 e dimensionamento da área mínima e número de dias atendidos para sistemas com capacidade de armazenamento de 2000 litros

Sistemas Implantados (1)	Nº de Pessoas (2)	Área do Telhado (m²) (3)	Nº de dias atendidos (%)**(4)	Área Mínima Recomendada (m²)*** (5)	Nº de dias atendidos (%)**** (6)
AMPAFUG*	5	28,80	92,58	31,50	97,01
Família 1	4	20,30	92,51	25,20	97,74
Família 2	23	21,21	34,32	144,92	85,21
Família 3	4	15,66	87,37	25,20	97,74
Família 4	2	21,22	99,36	12,60	99,35
Família 5	4	20,30	92,51	25,20	97,74
Família 6	3	21,48	97,12	18,90	98,51
Família 7	4	30,43	96,18	25,20	97,74
Família 8	6	18,00	78,35	37,80	96,32
Família 9	4	16,92	89,16	25,20	97,74
Família 10	5	21,00	86,27	31,50	97,01
Família 11	6	16,48	75,95	37,80	96,32
Família 12	2	28,96	99,71	12,60	99,35
Família 13	2	23,36	99,50	12,60	99,35
Família 14	4	18,00	90,45	25,20	97,74
Família 15	3	10,50	85,90	18,90	98,51

\* Para a simulação do grau de atendimento do sistema, utilizou-se o número médio de pessoas por famílias atendidas pelo projeto, pois o sistema implantado na sede da associação tem um número variável de pessoas, conforme as atividades no local.

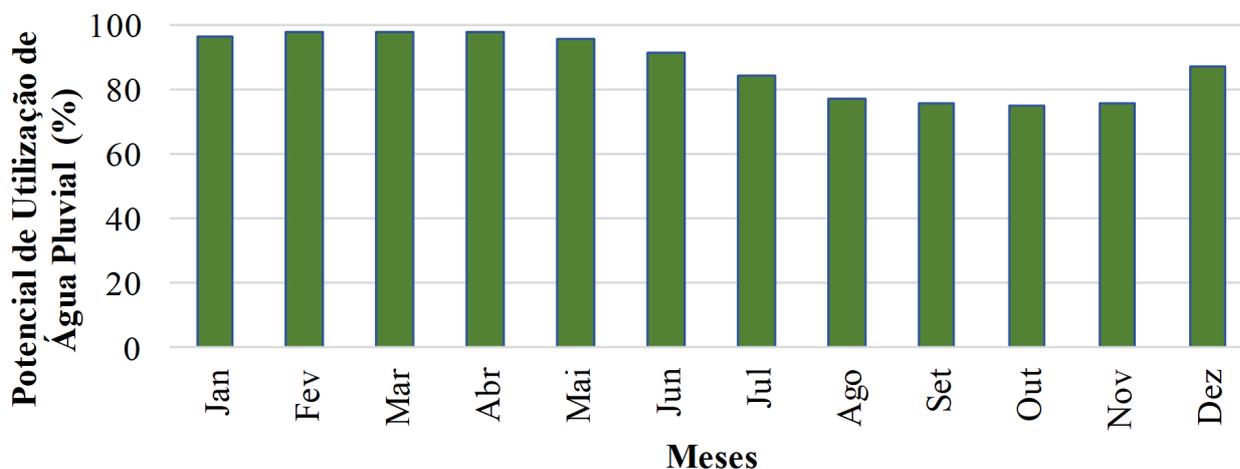
\*\* Número de dias atendidos pelo reservatório com capacidade de 1.000 litros implantados na comunidade.

\*\*\* Calculada a partir da equação 1.

\*\*\*\* Número de dias atendidos pelo reservatório com capacidade de 2.000 litros.

Fonte: Tabela elaborada pelos autores.

Figura 4 – Média do potencial de utilização de água pluvial dos 16 sistemas ao longo do ano



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores.

No caso das famílias com duas pessoas, os sistemas atendem plenamente às necessidades de consumo durante 361 dias do ano (acima de 99%). A capacidade de atendimento dos sistemas providos pelo projeto é menos satisfatória para os casos de famílias grandes, como a família 2, com 23 membros. Nessas condições, o sistema atendeu plenamente às necessidades diárias de água durante apenas 125 dias do ano (cerca de 34%).

A fim de avaliar o impacto de um dimensionamento mais adequado às necessidades distintas de cada família, as simulações foram repetidas considerando reservatórios de 2.000 litros e área de captação recomendada conforme a equação 1. Os resultados, na coluna (6), mostram que essa configuração oferece excelente atendimento das necessidades de água ao longo de todo o ano para famílias com até 6 membros.

Embora seja possível dimensionar os sistemas para que sejam capazes de prover atendimento pleno (100%) das necessidades das famílias, ao longo de todo o ano, os pequenos acréscimos de cobertura dos dias faltantes possivelmente não compensam o aumento dos custos com reservatórios maiores.

### QUALIDADE DA ÁGUA

O pH da água da chuva armazenada nas cisternas apresentou valor médio de  $5,534 \pm 0,409$ , para o período mais chuvoso, e  $5,628 \pm 0,995$ , para o período menos chuvoso. Essa diferença não é significativa, estatisticamente ( $p\text{-valor}=0,962$ ). Estudos indicam que o pH da água da chuva possui em torno de 5,6, uma característica natural de regiões com baixa atividade antrópica. A leve acidez é devida ao equilíbrio que a água realiza com a concentração de gás carbônico atmosférico (CUNHA et al., 2009). Resultado semelhante foi registrado por Marques et al. (2010) em Cuiabá, observando valores médios de pH de  $5,63 \pm 0,51$ . Em estudos realizados na Amazônia, Brinkman e Santos (1973), Stallard e Edmond (1981) e Neu (2009) encontraram valores que variaram de 4,2 a 5,67.

Em regiões com intensa atividade antrópica, como a região urbana do Rio de Janeiro, De Melo (2001) observou pH de 4,77. Segundo Tundisi e Tundisi (2008) regiões de intensa atividade industrial apresentam geralmente pH abaixo de 4,0, sendo que na Inglaterra e nos Estados Unidos já foram registrados valores entre 2,8 e 2,1.

Quanto à água do canal do Furo Grande, o pH apresentou variabilidade sazonal (figura 5), porém não estatisticamente significativa ( $p$ -valor=0,278). Os valores médios foram de  $5,662 \pm 0,565$  e  $6,077 \pm 1,946$  para os períodos mais e menos chuvosos, respectivamente. Esses valores encontram-se dentro da faixa de 4,64 a 7,5, observada por Stallard e Edmond (1981) para a Bacia Amazônica.

Os valores médios de pH da água armazenada nas cisternas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas dos valores de pH médio das águas do canal Furo Grande, tanto no período mais chuvoso ( $p$ -valor=0,861), quanto no menos chuvoso ( $p$ -valor=0,294). Contudo, essa não é uma regra para a região amazônica. Rios de água preta, com elevada concentração de ácidos orgânicos, como o Rio Negro, podem apresentar pH mais ácido, variando de 5,2 (PLASKIEVICZ E CUNHA, 2009) a 3,7 (BRINKMAN, 1983), enquanto a água da chuva na mesma região apresenta valor médio de 4,7 (BRINKMAN, 1983). A química das águas da chuva e dos rios depende de fatores como a geologia, a vegetação, solo, proximidade do mar e interferência antrópica.

De acordo com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, a faixa de variação dos valores de pH recomendados para a dessedentação humana é de 9,5 a 6,0. Tanto as águas da cisterna quanto as do Furo Grande estão abaixo do valor mínimo recomendado.

Contudo, ao compará-las com fontes disponíveis para a comercialização, observamos que as cinco marcas de águas minerais<sup>2</sup> certificadas e comercializadas na região metropolitana de Belém apresentam pH médio de  $4,23 \pm 0,09$ . Ou seja, a água das cisternas é cerca de 13 vezes menos ácida quando comparada às fontes de água comercializadas.

---

<sup>2</sup>Águas minerais são aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa (BRASIL, 1945).

A condutividade elétrica das águas do canal Furo Grande apresentou grande variação sazonal (figura 5). Durante o período menos chuvoso, a água se torna salobra, com condutividade elétrica mínima de  $32,6 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , máxima de  $785 \mu\text{S.cm}^{-1}$  e média de  $343 \pm 264 \mu\text{S.cm}^{-1}$ . Durante o período mais chuvoso, as mínimas foram de  $23,3 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , máximo de  $650 \mu\text{S.cm}^{-1}$  e média de  $108 \pm 173 \mu\text{S.cm}^{-1}$ . No entanto, as médias sazonais não apresentaram diferença estatisticamente significativa ( $p$ -valor=0,245) para condutividade elétrica. Nesta região, a condutividade está fortemente associada à influência marinha, diluição dos íons suspensos na atmosfera e aporte de substâncias oriundas de esgotos domésticos e industriais da região (PIRATOBA et al., 2007; NEU et al., 2016b).

A variabilidade sazonal da concentração de íons e condutividade elétrica também é observada em outras regiões da Amazônia. Porém, nem sempre esses parâmetros influenciam a qualidade da água, por não atingir valores que excedam o limite aceitável. Medidas realizadas no Rio Madeira encontraram valores da condutividade elétrica variando entre  $82,2$  a  $96 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , durante o período seco, e entre  $20,5$  e  $23,6 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , durante o período chuvoso (HORBE et al., 2013). Na Amazônia Central, os valores médios foram de  $5,7 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , em rios de água clara e de  $29,1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , em rios de água preta (BRINKMAN, 1983).

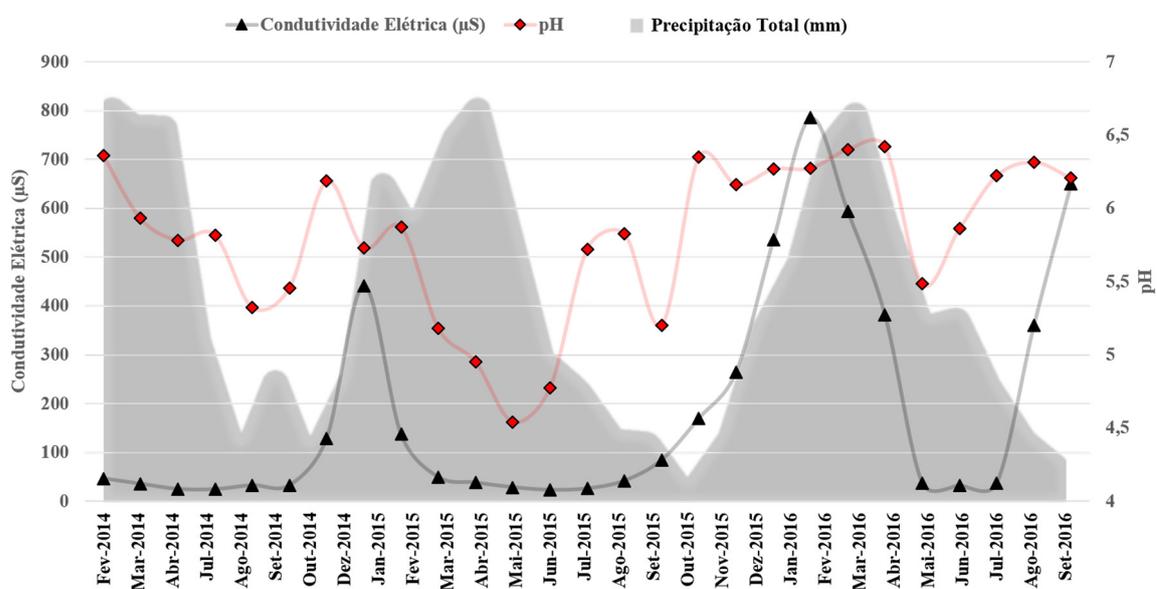
As amostras de água das cisternas também apresentaram variação sazonal da condutividade elétrica, porém não interferindo na potabilidade. Durante o período menos chuvoso, a condutividade elétrica apresentou valores mínimos, máximos e média de  $20, 77$  e  $35,7 \pm 19 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , respectivamente. E durante o período mais chuvoso, os valores mínimos, máximos e média foram de  $7, 27$  e  $13,3 \pm 5,6 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , respectivamente. A baixa condutividade elétrica é um indicativo da baixa concentração de íons, podendo ser considerada uma água não impactada por atividades antrópicas.

Na água da cisterna, as variações da condutividade elétrica são atribuídas às alterações das condições atmosféricas e das áreas de captação. A redução da condutividade elétrica durante o período mais chuvoso se deve a uma atmosfera e superfície de captação mais limpas. Além dos gases, a atmosfera é composta de partículas, poeiras, grãos de pólen, sais marinhos e fuligem, originária tanto de ações antrópicas, quanto naturais. Durante o período mais chuvoso, o material particulado é solubilizado pelas precipitações frequentes, reduzindo as concentrações dos íons na atmosfera (FILOSO et al., 1999; JOHNSON et al., 2006, GERMER et al., 2007). Os valores de condutividade elétrica da água da chuva estão de acordo com outros estudos realizados na Amazônia. Neu (2009) observou valores entre 4,2 a 32,9  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  na bacia do Alto Xingu, com valores mais baixos durante o período chuvoso. Torres Filho et al. (2014) verificaram valores entre 2,18 a 37,9  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  no município de Humaitá, AM e Marques et al. (2010) registraram valores de  $7,25 \pm 5,25$  para Cuiabá, MT. A comparação dos valores médios de condutividade elétrica da água obtida de cada fonte disponível à comunidade (cisterna e canal Furo Grande) mostrou que há diferença estatisticamente significativa ( $p\text{-valor} < 0.0001$ ) entre as duas fontes.

Diferentemente do pH, a condutividade elétrica não é normatizada pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Para avaliar a qualidade da água sob esse parâmetro, utilizou-se o valor de 100  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ , estabelecido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb, 2011), como limite máximo para a água destinada ao consumo humano. De acordo com esse limite, as águas das cisternas são consideradas adequadas para consumo humano ao longo de todo o ano. Em comparação com as águas disponíveis nos mercados de Belém (condutividade elétrica média de  $63 \pm 53 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ,  $n=5$ ), a água das cisternas apresentou valores mais baixos, sendo que uma das marcas comercializadas excedeu o limite estabelecido pela Cetesb.

Quanto à análise microbiológica, todas as amostras de água do canal Furo Grande apresentaram coliformes totais e *E. coli*. As concentrações mais elevadas foram observadas durante o período menos chuvoso, devido à menor diluição e maior influência dos efluentes. Na água das cisternas, a presença de *E. coli* foi detectada em apenas 9,15% das amostras. Quanto aos coliformes totais, a contaminação ocorreu em 76,47% das amostragens (23,53% das amostras estavam livres de contaminação).

Figura 5 – Condutividade elétrica e pH da água do canal Furo Grande e precipitação mensal, obtidos da Estação Meteorológica de Belém (INMET, 2018)



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores.

Das 16 cisternas instaladas, o sistema com desvio semiautomático mostrou-se livre de contaminação biológica (ausência de coliformes totais e duas de *E. coli*). Em conjunto com os demais parâmetros, a ausência de contaminação biológica indica que o sistema, quando bem operado, é capaz de prover água potável.

É importante destacar que os resultados microbiológicos positivos para amostras de águas das cisternas decorrem da falta de hábito dos usuários para realizar o descarte adequado por meio do sistema manual, a limpeza periódica dos telhados e calhas, o que permite o acúmulo de material orgânico nas superfícies de captação. Alguns usuários também reportaram a introdução de água do rio nas cisternas. Em que pese o valor das instruções para a boa utilização e manutenção dos sistemas, entende-se que a introdução da nova tecnologia requer um período maior de adaptação e assimilação dos novos hábitos.

A presença de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água em sistemas de captação de água da chuva também foi detectada em estudos realizados por Jaques (2005), no município de Florianópolis, SC; por Xavier (2010), nos municípios de Campina Grande, PB e São João do Cariri; e por Cardoso (2009), para o município de Belo Horizonte, MG. Assim como qualquer outro sistema de fornecimento de água potável, o aproveitamento da água da chuva necessita dos cuidados que precisam ser seguidos rigorosamente, e a contaminação biológica encontrada pode ser eliminada pelo seguimento das práticas de manejo recomendadas para o sistema.

## PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE

A verificação da percepção da comunidade acerca das modificações introduzidas a partir da instalação dos sistemas de coleta de água de chuva sugere que os sistemas trouxeram vantagens devidas à maior disponibilidade e conveniência (conforto) da distribuição da água dentro de casa, economia de recursos e melhoria das condições de saúde.

Quanto à saúde, 84,61% dos beneficiários reportaram redução de doenças de veiculação hídrica, como diarreias, coceiras, problemas de estômago, entre outras.

Sobre a disponibilidade, os usuários apontaram nítida vantagem em face de um cotidiano marcado por problemas de falta de água potável. Quando questionados sobre a origem da água utilizada antes da instalação dos sistemas, 79,9% afirmaram consumir água proveniente do canal Furo Grande e 38,46% declararam completar o abastecimento com água distribuída pela Prefeitura de Barcarena ou comprada em Belém. Quanto à percepção da qualidade da água consumida antes da implantação dos sistemas (água do rio), 53,84% reportaram consumir água salobra e barrenta, com gosto de ferro e coloração amarelada. Nessas condições, 38,46% dos usuários classificaram essa água como “ruim” e 46,14% como “muito ruim”.

Parte dos usuários com condições de completar o abastecimento pela compra de água cita a redução dos gastos como ponto positivo adicional. Além do custo da água, deve-se levar em consideração as despesas com o deslocamento, que varia entre R\$15,00 a R\$50,00 por viagem, dependendo do tamanho da embarcação. Reduções de gastos com medicamentos também foram mencionadas como vantagem econômica devida à instalação dos sistemas.

O aumento do conforto foi outro ponto destacado. Com a implantação dos sistemas de abastecimento e distribuição de água das chuvas, as famílias passaram a ter água encanada dentro das residências, evitando assim o desgaste físico implicado na retirada cotidiana de água do rio. Isso é um conforto sentido especialmente pelas mulheres, já que na grande maioria dos lares, elas têm o papel principal de provedoras de água.

A menor exposição ao rio também pode reduzir a incidência de doenças como a malária, transmitida por vetores encontrados no ambiente aquático, assim como a redução de acidentes devido à queda ou mesmo acidentes com animais peçonhentos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema descentralizado de captação, abastecimento e distribuição de água das chuvas é uma tecnologia eficaz para o fornecimento de água potável em residências rurais e urbanas, com baixo custo de implantação e manutenção.

É uma alternativa bem ajustada ao meio rural amazônico e às regiões insulares, em particular, onde as populações se distribuem dispersamente e onde estão ausentes ou persistem deficiências dos sistemas públicos de abastecimento e redes de distribuição de água.

O regime de chuvas na região amazônica permite que o sistema aqui referido funcione como fonte de abastecimento durante o ano todo. Os elevados índices pluviométricos, a baixa incidência de indústrias e os remanescentes de florestas proporcionam uma atmosfera mais limpa, resultando em água de qualidade.

O grau de acidez, um pouco acima do recomendado pela Portaria nº 2.914, foi, no entanto, inferior ao encontrado nas águas certificadas como potáveis e comercializadas na região. Quanto ao parâmetro condutividade elétrica, a água da chuva apresentou resultados dentro do limite recomendado (CETESB, 2011) e, novamente, com valores inferiores (mais adequados) aos encontrados nas águas minerais, consideradas “potáveis”, disponíveis no mercado. Os resultados das análises microbiológicas indicaram que o comprometimento da potabilidade da água da chuva é devido a negligências, por parte dos usuários, em seguir as recomendações técnicas quanto à limpeza das superfícies de captação, armazenamento e descarte da “primeira água”.

Em contraposição à falta de seguimento das orientações por parte dos usuários, a percepção geral da comunidade de que os sistemas de aproveitamento da água das chuvas têm proporcionado múltiplos ganhos e melhorias de qualidade de vida sugere ser perfeitamente possível avançar com as mudanças comportamentais necessárias para garantir a potabilidade da água provida pelo sistema de aproveitamento da água das chuvas, nas condições descritas neste estudo.

---

## REFERÊNCIAS

ALVES, F. et al. Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. *Journal of Water And Health*, v. 12, n. 3, p. 513-525, 2014.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? *Revista USP*, n. 103, p.13-24, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 mar. 2011.

BRASIL. Decreto nº 7.841, de 8 de agosto de 1945. Código de águas minerais. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 de ago. 1945. Seção 1, p. 1.

BRINKMAN, W.L.F., SANTOS, A. Natural waters in Amazonia. VI: Soluble calcium properties. *Acta Amazônica*, v. 3, n. 2, p. 33-40, 1973.

BRINKMANN, W.L.F. Hydrogeochemistry of groundwater resources in central Amazonia - Brazil. *Proc. of Koblenz Symposium, Groundwater in Water Resources Planning*, v. 1, 1983.

CARDOSO, M.P. *Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas*: estudo de caso no município de Belo Horizonte. 2009. 171p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

CESA, M. V.; DUARTE, G.M. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. *Geosul*, v. 25, n. 49, 63-78, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. In: BRANDÃO, C.J. (Org). São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326p.

CUNHA, R. C. Dinâmica do ph da água das chuvas em passo fundo, RS. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.44, n.4, p.339-346, 2009.

DE MELLO, W.Z. Precipitation chemistry in the coast of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Pollution*, v.114, n.2, p.235-242, 2001.

FENZL, N.; MATHIS, A. Problemática do uso local e global da água da Amazônia. In: \_\_\_\_\_. *Poluição dos recursos hídricos naturais da Amazônia*: fontes, riscos e consequências. Belém: NAEA, 2003. p.177-141.

FILOSO, S., WILLIAMS, M.R., MELACK, J.M. Composition and deposition of throughfall in a flooded forest archipelago (Negro River, Brazil). *Biogeochemistry*, v.45, p.169-195, 1999.

GERMER, S. et al. Amazonia; nutrient fluxes; rainfall chemistry; sequential sampling; throughfall chemistry; tropical rain forest. *Biogeochemistry*, v.86, p.155-174, 2007.

HORBE, A.M.C. et al. Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários - Amazonas - Brasil. *Acta Amazônica*, v.43, n.4, p.489-504, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Pesquisa Nacional de Amostragem Domiciliar 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnad>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/porta1>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- JAQUES, R.C. *Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações*. 2005. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- JOHNSON, M.S. et al. DOC and DIC in flowpaths of Amazonian headwater catchments with hydrologically contrasting soils. *Biogeochemistry*, v.81, p.45-57, 2006.
- KEHRIG, H.A. et al. Bioconcentração e Biomagnificação de Metilmercúrio na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Quim. Nova*, v. 34, n. 3, p. 377-384, 2011.
- LIMA, D.P. et al. Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 4, p.405-414, 2015.
- LUNA, C.F. *Avaliação do impacto do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) na saúde: ocorrência de diarreia no Agreste Central de Pernambuco*. 2011. 207p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, 2011.
- MARENGO, J.A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical And Applied Climatology*, v. 78, p.79-96, 2004.
- MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, C.A. Mudanças climáticas e recursos hídricos. In: BICUDO, C.E.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B (Org.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 224 p.
- MARQUES, R. et al. Composição química das águas de chuva em áreas tropicais continentais. Cuiabá-MT: aplicação do sistema clima urbano (S.C.U.). *Revista do Departamento de Geografia*, v.20, p.63-75, 2010.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.
- NASCIMENTO, P.A.M. do. *Gestão ambiental em área de risco no município de barcarena/pará*. 2010. 104p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Auditoria Ambiental) - Universidad de León, Florianópolis, 2010.
- NEU, V. et al. Sustentabilidade e Sociobiodiversidade: alternativas para a região insular de Belém – a experiência na Ilha das Onças. In: \_\_\_\_\_; GUEDES, V. M.; ARAÚJO, M.G.S. (Org.). *Sustentabilidade e Sociobiodiversidade na Amazônia: integrando ensino, pesquisa e extensão na Região Insular de Belém*. Belém: Eduffa, 2016a. p. 226.
- NEU, V. et al. Caracterização Físico-química e Biológica das Águas na Região Insular de Belém. In: NEU, V. et al (Org.). *Sustentabilidade e Sociobiodiversidade na Amazônia: integrando ensino, pesquisa e extensão na Região Insular de Belém*. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016b. p. 45-62.
- NEU, V. *O ciclo do carbono na bacia do Alto Xingu: interações entre ambientes terrestre, aquático e atmosférico*. Piracicaba, 2009. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2009.
- NEVES, E.C. de O. et al. Transporte e comportamento geoquímico de metais pesados no estuário Guajarno, Pará/Brasil. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. *Saneamento ambiental: desafio para o século 21*. Rio de Janeiro: ABES, 2001. p.1-28.
- OLIVEIRA, M.S.P. et al. *Cultivo do Açaizeiro para Produção de Frutos*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 18p. (Circular Técnica, 26).
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). O Direito Humano à Água e Saneamento. Comunicado aos Mídia, v. 1, n. 1, p. 8, 2011.
- PIRATOBÁ, A.R.A. et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Rev. Ambient. Água*, v. 12, n. 3, 2017.
- PLASKIEVICZ, A.C.; CUNHA, H.B. Avaliação química das águas do rio negro na Amazônia Central. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC CNPQ,18., 2009, Manaus. *Anais...* Manaus: INPA, 2009.
- RUIVO, M. de L.P. Problemática do uso local e global da água da Amazônia. In: \_\_\_\_\_. *Uso da água na Amazônia: fontes de poluição, riscos, consequências e alternativas*. Belém: NAEA, 2003. p. 143-151.
- SELBORNE, L.A. *Ética do uso da água doce: um levantamento*. [S.l]: Unesco, 2001. 79 p.
- SOUZA, J.R.S.; ROCHA, E.J.P.; COHEN, J. C. P. Problemática do uso local e global da água da Amazônia. In: \_\_\_\_\_. *Avaliação dos impactos antropogênicos no ciclo da água na Amazônia*. Belém: NAEA, 2003. p. 69-94.
- STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon: 1. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. *Journal Of Geophysical Research*, v.86, n.10, p.9844-9858, 1981.
- TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*. São Paulo: Navegar, 2003. v. 1.
- TORRES FILHO, J.S. et al. Análise da composição química das precipitações pluviométricas na cidade de Humaitá/AM. *Revista EDUCAmazônia*, v.12, n.1, p.113-126, 2014.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.
- VICTORINO, C.J.A. *Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos*. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 231 p.
- XAVIER, R.P. *Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano*. 2010. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, 2010.