

Água de chuva: uma alternativa para comunidades rurais no estado do Pará

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo identificar os dimensionamentos eficientes de sistemas de aproveitamento de água de chuva para residências unifamiliares no estado do Pará. Para tanto, foi adotado o software Netuno 4. Simulações foram realizadas para famílias com número médio de cinco moradores, áreas de captação entre 15 e 200 m² e reservatórios com volumes entre 500 e 5.000 litros. Tais simulações avaliaram o potencial de atendimento da demanda mínima e do suprimento ideal das famílias. Os resultados indicam que os sistemas são uma alternativa viável de abastecimento local, podendo ser a principal fonte de abastecimento, com capacidade de atendimento pleno (100%) da demanda mínima, nas regiões do estado com os climas tropical de monções (Am) e equatorial (Af). Na região de clima tropical de savana (Aw) há potencial de suprimento de mais de 90% dessa demanda. Para o suprimento ideal se faz necessário um complemento por outras fontes, sobretudo nos períodos secos ou menos chuvosos.

PALAVRAS-CHAVE: Água de chuva. Abastecimento descentralizado. Dimensionamento. Amazônia.

Lucas Mota Batista
<http://orcid.org/0000-0002-0788-2021>
lucasmotab4@gmail.com
Universidade Federal do Pará – Belém, Pará, Brasil.

Vania Neu
<https://orcid.org/0000-0003-3758-0785>
bioneu@yahoo.com.br
Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém, Pará, Brasil.

Leandro Frederico Ferraz Meyer
<https://orcid.org/0000-0002-5898-8571>
leandroffmeyer@gmail.com
Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém, Pará, Brasil.

INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural vital. Reconhecido como direito humano, seu acesso não é universal. Mais de 25% da população mundial não tem acesso à água potável de forma segura e regular (OMS, 2019). O Brasil detém 20% da disponibilidade mundial de água doce (é o país com maior abundância hídrica no planeta). Deste total, 74% estão na bacia Amazônica (SOUZA; ROCHA; COHEN, 2003). Mas essa abundância não garante segurança hídrica para a população da região. De forma geral, apenas 59% dos ocupantes da região Norte e 47% no estado do Pará têm acesso à rede geral de abastecimento de água. Considerando apenas a população rural, a cobertura é ainda menor (SNIS, 2020).

A carência de saneamento básico na Amazônia é histórica. A necessidade de investimentos neste setor já era apontada por médicos, cientistas e intelectuais no início do século 20. Oswaldo Cruz e Carlos Chagas, em suas primeiras expedições científicas pela Amazônia (1910 e 1913), registraram a precariedade das condições sanitárias locais e a preocupante condição das doenças de veiculação hídrica (SCHWEICKARDT; LIMA, 2007). Diante dessa realidade, em 1941 foi elaborado o primeiro Plano de Saneamento da Amazônia (ANDRADE; HOCHMAN, 2007). Posteriormente, as Leis Federais 11.445/2007 e 14.026/2020 trouxeram os marcos legais de abrangência nacional.

No Norte do Brasil, a rápida urbanização, sem um avanço comparável da oferta dos serviços de saneamento, compromete o desenvolvimento socioeconômico e a qualidade de vida da população (VIANA; FREITAS; GIATTI, 2016). As políticas públicas têm se mostrado insuficientes para o cumprimento das metas para a universalização do saneamento, em especial quanto ao acesso à água (OLIVEIRA, et al., 2021). Com poucos avanços nos últimos anos, a região continua apresentando as piores condições de saneamento de todo país (ITB, 2021).

A precariedade sanitária é um dos principais fatores responsáveis pela disseminação de doenças de veiculação hídrica. Em todo Brasil, as taxas de internações devido a esse grupo de patologias são elevadas. A média nacional é de 3,2%, sendo que, na região Norte, essa taxa praticamente dobra (6%). Dentre os estados do Norte, o Pará apresenta os números mais preocupantes, com 8,7% das internações associadas. Com esse índice, as despesas com doenças de veiculação hídrica chegam a ser quatro vezes superiores à média nacional (PAIVA; SOUZA, 2018).

Em contextos de acesso precário à água potável, a captação do recurso pluvial emerge naturalmente como alternativa, sobretudo em regiões com regimes pluviométricos elevados, a exemplo do baixo Amazonas, onde as normais climatológicas indicam chuvas anuais entre 2.200 e 3.100 mm (SORRIBAS; DE PAIVA; BRAVO, 2016). A captação de água da chuva é uma prática milenar, adotada em diferentes regiões do mundo. Os primeiros registros de uso desses sistemas apontam para 2.000 anos a.C. (TOMAZ, 2010). Na qualidade de tecnologia social, acessível e ecológica, o aproveitamento da água da chuva está ainda em consonância com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015a), notadamente com os Objetivos 3 (Saúde em Bem-Estar), 6 (Água Potável e Saneamento) e 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis).

Andrade Neto (2013) salienta as qualidades sociais, ecológicas e econômicas do aproveitamento de água da chuva para fins potáveis. Na região insular de Belém

(capital paraense), pesquisas realizadas pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) indicam que os parâmetros de potabilidade medidos podem alcançar valores melhores do que os encontrados em águas comercializadas na própria região metropolitana da capital (NEU et al., 2018a; NEU et al., 2016).

A avaliação da segurança hídrica promovida por tecnologias de aproveitamento de água da chuva requer ainda informações de dimensionamento. Essas informações são essenciais para evitar gastos desnecessários com sistemas superdimensionados, ou a insuficiência da oferta hídrica em sistemas subdimensionados (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011). No presente trabalho, os parâmetros de dimensionamento para atender a demanda mínima e a provisão ideal em residências unifamiliares foram pesquisados por meio de simulações baseadas no potencial pluviométrico da área estudada. O estudo também analisa o aspecto econômico dos sistemas propostos, indicando o potencial do aproveitamento das águas pluviais como fonte de abastecimento regular para populações rurais e periféricas.

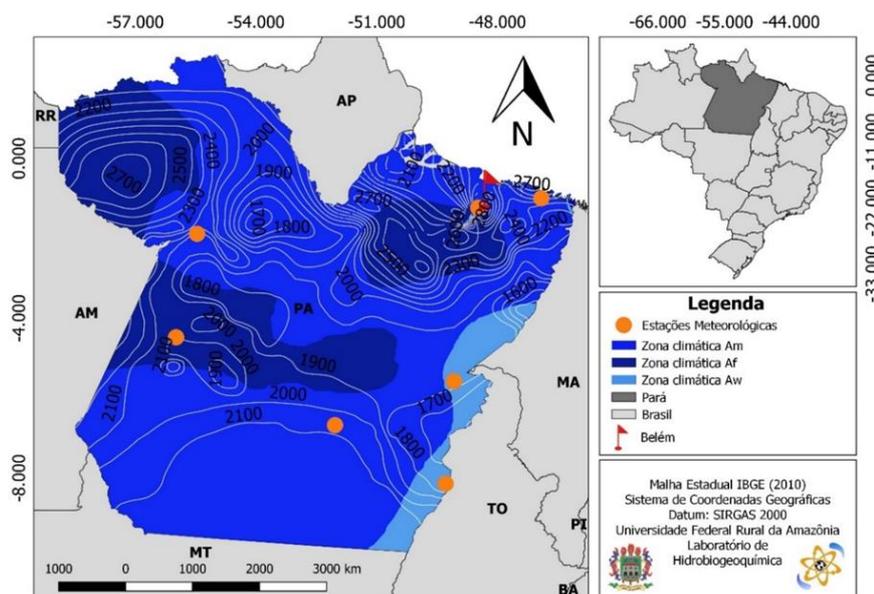
METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo é delimitada pelo estado do Pará, Norte do Brasil. O clima do estado é quente e úmido, com precipitação média anual de 2.183 ± 306 mm – série histórica INMET (1990 – 2019). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (1936), o Pará possui três tipos climáticos bem delimitados. O clima predominante (66% do estado) é o tipo Am, tropical de monção, com precipitação média anual de 2.105 ± 306 mm e estação seca (< 100 mm mensais) de curta duração, entre os meses de agosto a outubro. O tipo Af, tropical equatorial, (28,4% do território) é caracterizado por precipitação média anual de 2.682 ± 292 mm e não possui estação seca definida. Mais localizado ao sudeste do estado encontra-se o clima Aw, tropical de savana (4,9 % do território), com estação seca definida entre os meses de junho a setembro. A precipitação média anual do tipo climático Aw é de 1.762 ± 239 mm (Figura 1) (ALVARES, 2013; INMET, 2020).

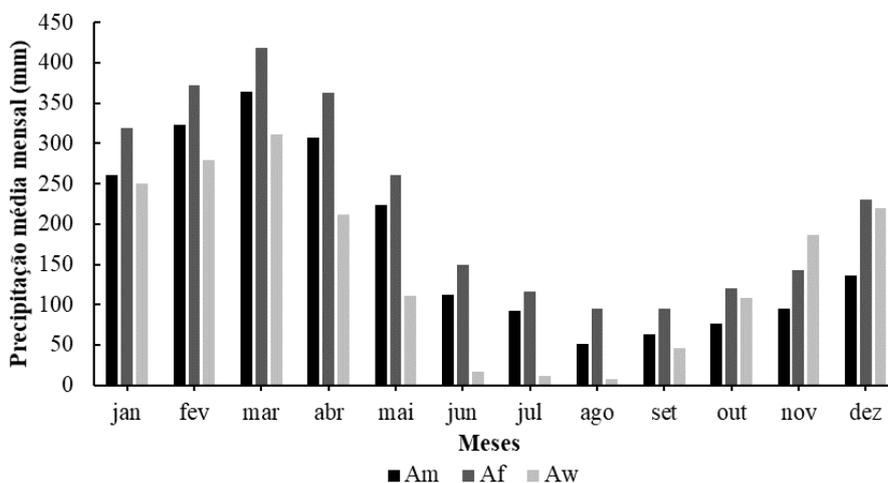
O público de interesse da pesquisa é a população com acesso irregular ou inexistente a serviços básicos de saneamento. Essa população é encontrada, tipicamente, nas zonas rurais e periferias dos centros urbanos, em ambientes de várzea (alagáveis) ou em terra firme. Esses territórios são comumente ocupados por grupos vulneráveis: ribeirinhos, indígenas, quilombolas, extrativistas e outros.

Figura 1: Tipos climáticos do estado do Pará e localização das estações Meteorológicas do INMET.



Fonte: Os autores.

Gráfico 1: Precipitação média mensal (série histórica 1990 a 2019) para os tipos climáticos do estado: Am tropical de monção; Af tropical Equatorial e Aw tropical de savana.



Fonte: Os autores.

Ferramenta e parâmetros gerais do dimensionamento

O dimensionamento dos sistemas de captação e armazenamento de água da chuva foi realizado com auxílio do software Netuno 4. O software utiliza um modelo matemático desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), para simular a capacidade de atendimento da demanda de água por tecnologias de aproveitamento de águas pluviais.

O dimensionamento foi projetado para residências unifamiliares com cinco membros e baseado nas três zonas climáticas atuantes no estado. Tal método oportuniza a indicação dos tamanhos ideais para a captação do recurso e ainda os tamanhos de reservatórios necessários para garantir o abastecimento anual das famílias. O modelo também considera os parâmetros: oferta de água, consumo estimado, perdas e descarte do sistema (GHISI; CORDOVA, 2014).

Estimativa da demanda

Para verificar o grau de atendimento dos sistemas, foram realizadas simulações para duas situações: (i) demanda mínima de 20 litros/pessoa/dia (OMS, 2013) e (ii) suprimento ideal de 110 litros/pessoa/dia (ONU, 2015b).

A demanda mínima equivale ao consumo estimado para atender as necessidades básicas de dessedentação e ao preparo de alimentos. Além do atendimento dessas necessidades básicas, o suprimento ideal deve prover água para as atividades domésticas diárias, como higiene pessoal, lavagem de roupas e limpeza do lar (UNICEF, 2015).

Apenas estas condições de consumo individual (mínimo e ideal) foram adotadas como referência de variação da demanda. Em ambos os casos, considerou-se um número fixo de cinco (5) pessoas, por unidade familiar. Este número corresponde ao tamanho médio das famílias, no estado, segundo dados de projeções populacionais do IBGE (2015).

Oferta de água

Para estimar a oferta de água foram utilizados dados de precipitações médias diárias, adotando-se a série histórica dos anos 1990 a 2019 (INMET, 2020). Os dados são provenientes de sete estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distribuídas nas diferentes regiões climáticas do estado do Pará (Figura 1).

As limitações de acesso aos dados restringem o detalhamento espacial das observações. Sendo assim, os resultados dos dimensionamentos apresentados neste estudo refletem os comportamentos médios da precipitação nas áreas monitoradas pelas estações meteorológicas.

Área de captação

Foram realizadas simulações para cinco (5) áreas de captação pré-definidas: 15, 35, 70, 100 e 200 m². Essas cinco áreas foram utilizadas para encontrar o dimensionamento mais eficiente, isto é, com a menor área de captação requerida para atender a demanda mínima (20 litros/pessoa/dia). Para dimensionar os sistemas capazes de prover o suprimento ideal (110 litros/pessoa/dia) foram simulados modelos com áreas de captação de 100 e 200 m², apenas.

Capacidade dos reservatórios

As simulações foram realizadas considerando reservatórios com capacidades volumétricas de 500 a 5.000 litros, em intervalos de 500 litros.

As projeções para áreas de captação e reservatórios menores foram realizadas com objetivo de minimizar o investimento necessário para atender famílias que não possuem acesso à água potável e requerem sistemas que supram, prioritariamente, essa demanda mínima. As simulações de sistemas maiores buscam minimizar o investimento para atender famílias que optem pela água de chuva como fonte principal de abastecimento, priorizando o suprimento ideal.

Descarte do escoamento inicial

O descarte do escoamento inicial, a cada evento de precipitação, visa impedir o carregamento de detritos acumulados nos telhados para o reservatório (GHISI; CORDOVA, 2014). A Norma Técnica Brasileira (NBR) 15527/2007¹ sugere, quando na falta de dados, o descarte de 2 milímetros de água por metro quadrado de área de captação (ABNT, 2007). No entanto, em regiões com baixa poluição atmosférica, o descarte do primeiro milímetro de chuva deve ser suficiente (ANDRADE NETO, 2013). Considerando a área de estudo, adotou-se o descarte de 1 mm, ou seja, 1 litro de água, para cada m² de área de captação.

Coefficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial é o parâmetro associado às perdas do sistema. Essas perdas têm relação com o tipo de superfície (cobertura) utilizada nas áreas de captação e incluem perdas por evaporação, respingos e absorção. Para as simulações deste estudo, adotou-se o coeficiente 0,9, equivalente a uma perda estimada de 10%. Este coeficiente é recomendado para telhados de cerâmicas (TOMAZ, 2007), os mais comuns na região.

Potencial econômico

O aspecto econômico das alternativas propostas é um elemento fundamental para as suas inclusões nas políticas públicas. Para fins comparativos, os custos de implantação dos sistemas de captação de água da chuva e de algumas alternativas convencionais foram atualizados por pesquisas de preços nos mercados locais (Região Metropolitana de Belém), realizadas a partir da literatura disponível (com período de referência entre os anos de 2014 e agosto de 2018). Neste artigo, apresentam-se os custos aproximados dos sistemas dimensionados para garantir a demanda mínima (20 litros/pessoa/dia) de famílias com cinco membros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tipo climático Am (tropical de monção)

Na região climática tipo Am, predominante no estado do Pará, o aproveitamento da água de chuva é uma alternativa quantitativamente viável, tanto para o suprimento mínimo quanto para atender aos diversos outros usos, em residências com até cinco pessoas. Nesta zona climática, diferentes municípios paraenses já são alvos de iniciativas de aproveitamento de águas pluviais, destacando-se aqueles no arquipélago do Marajó, que desde 2011 têm recebido sistemas de captação por meio do Programa Água para Todos. Outro exemplo é o projeto Sanear Amazônia (2014), que leva tecnologias de captação de águas pluviais a comunidades de Reservas Extrativistas, já tendo beneficiado mais de 3.000 famílias em municípios amazônicos (PARÁ, 2018; VELOSO, 2019; MCM, 2017).

Nessa condição climática, as simulações realizadas neste estudo mostram que o menor sistema capaz de atender 100% da demanda mínima (20 litros/pessoa/dia) anual, em residências com cinco pessoas, requer um reservatório com capacidade de armazenamento de 4.500 litros e uma área de captação de 200 m². Contudo, com esta mesma área de captação, reservatórios de 1.500 litros são capazes de suprir 99% da demanda mínima (Gráfico 2a).

Desde que outras fontes de água potável (e.g. compra, doações e outras) estejam disponíveis, o dimensionamento mais eficiente, do ponto de vista econômico, pode considerar a aquisição de reservatórios ainda menores (ou a utilização de menores áreas de captação). A definição do conjunto mais eficiente irá depender dos custos de aquisição dos reservatórios e área de captação disponível, em face do custo de obtenção de água a partir de outras fontes.

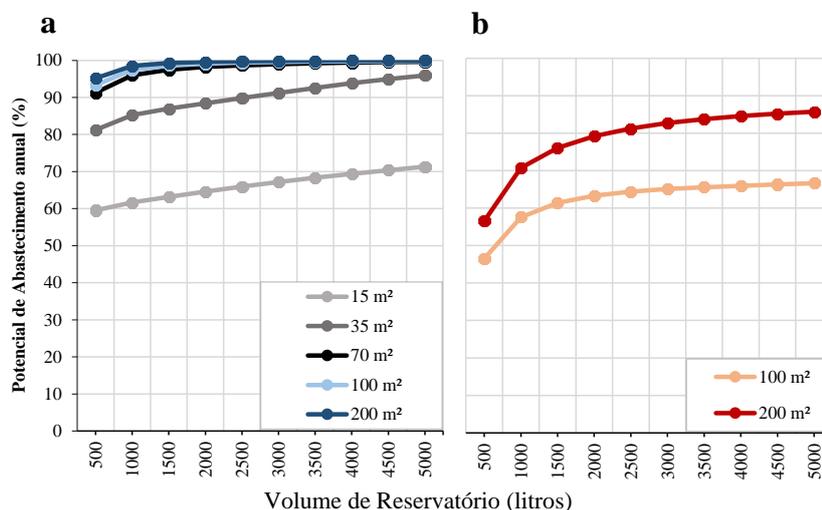
Assumindo que outras fontes de água potável sejam capazes de suprir ao menos 10% da demanda mínima anual, o investimento nos sistemas pode ser reduzido significativamente. A adoção de um conjunto formado por reservatórios de 500 litros e área de captação de 70 m², ou, alternativamente, área de captação de 35 m² e reservatório de 3.000 litros, permite prover 90% da demanda mínima em residências com cinco pessoas. Nestas condições, o período em que seria necessário recorrer a outras fontes de abastecimento é de aproximadamente 40 dias, entre os meses de agosto a outubro, quando chove menos nessa região.

Considerando os dados da série histórica de precipitação para as áreas com tipo climático de monções (Am), nenhum dos conjuntos de sistemas simulados neste estudo permite alcançar plenamente (100%) o suprimento ideal (110 litros per capita) em unidades familiares com 5 pessoas (além da dessedentação, o suprimento ideal deve atender os usos da água para o preparo de alimentos, higiene pessoal, lavagem de louças e roupas e descargas sanitárias). Não obstante, com áreas de captação de 200 m² e reservatórios de 4.500 litros é possível atender até 85% dessa demanda de água (Gráfico 2b).

Com uma área de captação de 100 m² e reservatório de 3.000 litros, é possível alcançar 65% do suprimento ideal anual (Gráfico 2b). O déficit do suprimento teria duração aproximada de 24 semanas, ultrapassando todo o período menos chuvoso. Assumindo a estabilidade do regime climático, este dimensionamento

garante ao menos o atendimento pleno da demanda mínima, durante todo o período de déficit de atendimento do consumo ideal.

Gráfico 2: Abastecimento de água por meio do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na região climática Am. Simulações com diferentes áreas de captação e volumes de reservatório para o atendimento da: a) demanda mínima; e b) suprimento ideal.



Fonte: Os autores.

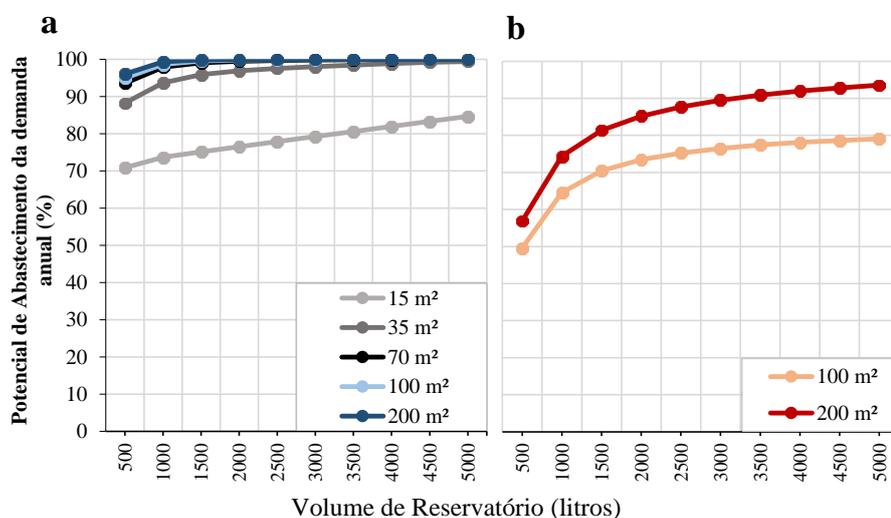
Tipo climático Af (tropical equatorial)

Os resultados das simulações sob o clima equatorial (tipo Af) indicam que o menor sistema capaz de atender 100% da demanda mínima (20 litros/pessoa/dia) anual, em residências com cinco pessoas, requereria reservatório de 4.500 litros e área de captação de 70 m². Mantendo esta área de captação, reservatórios de 1.500 litros são capazes de suprir 99% da demanda mínima (o mesmo resultado pode ser alcançado com reservatórios de 4.500 litros e 35 m² de telhado) (Gráfico 3a).

Nos casos em que ao menos 10% da demanda mínima anual de água potável possa ser provida por outras fontes, é possível reduzir significativamente os investimentos nos sistemas de captação de água de chuva. Em residências com cinco membros, 90% da demanda mínima pode ser suprida por conjuntos de reservatórios de 1.000 litros e área de captação de 35 m². Nesse caso, a necessidade de abastecimento proveniente de outras fontes deve durar aproximadamente 29 dias, entre os meses de agosto a setembro, período menos chuvoso na região.

Mesmo sob o tipo climático Af, mais favorável, não é possível alcançar o pleno atendimento (100%) do suprimento ideal de água (110 litros/pessoa/dia), com os conjuntos de sistemas simulados neste estudo. Todavia, com áreas de captação de 200 m² e reservatórios de 3.500 litros, é possível atender 90% da necessidade de água para esses usos. Se a área de captação for de 100 m², pode-se alcançar 80% do suprimento ideal com reservatórios de 5.000 litros (Gráfico 3b). Em ambos os casos, o déficit do suprimento ideal, que deve durar aproximadamente 6 semanas, não compromete o atendimento pleno da demanda mínima.

Gráfico 3: Abastecimento de água por meio do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na região climática Af. Simulações com diferentes áreas de captação e volumes de reservatório para atendimento da: a) demanda mínima; e b) suprimento ideal.



Fonte: Os autores.

Uma vez que a disponibilidade de água pluvial é mais abundante na zona climática Af, é natural encontrar sistemas de aproveitamento de água de chuva implantados com maior frequência nessa região. O primeiro sistema implantado que se tem registro é do ano de 2004, na Ilha Grande, porção insular de Belém. Com objetivo de atender à comunidade e uma escola de ensino fundamental, foi construído um sistema coletivo, com capacidade de armazenamento de 16.000 litros. Em 2006, outros sistemas foram replicados nas ilhas de Jutuba, Urubuoca e Nova. O projeto “Água em Casa, Limpa e Saudável” implantou 163 estruturas nessas ilhas (VELOSO; MENDES, 2014).

Em 2009, moradores da Ilha do Combú, com poucos recursos e sem orientação técnica tiveram uma experiência negativa com a construção de sistemas, que apresentaram uma série de falhas. Essas falhas resultaram no armazenamento de água não potável, inviabilizando o seu uso para consumo humano (VELOSO et al., 2012). Em 2011, a tecnologia continuou sendo replicada e chegou às Ilhas Grande e Murucutu, com o objetivo de dessedentação humana (VELOSO; MENDES, 2014).

Em 2012 foram implantados 15 sistemas na Ilha das Onças, município de Barcarena, com o objetivo de atender a demanda mínima de famílias sem acesso à água potável. Os sistemas implantados em residências unifamiliares, com área de captação média de 22 m², acopladas a reservatórios de 1.000 litros, suprimiram em 89% a demanda mínima anual de famílias com cinco pessoas. Visando ampliar a disponibilidade de água ao longo do ano, a capacidade dos reservatórios foi ampliada para 2.000 litros em 2018. Com o aumento da capacidade dos reservatórios, o suprimento da demanda mínima anual chegou a 97%, trazendo maior segurança hídrica às famílias beneficiadas pelo projeto. Para essas famílias, a água da chuva é atualmente a principal fonte de abastecimento, com uso prioritário para dessedentação humana (NEU et al., 2018a).

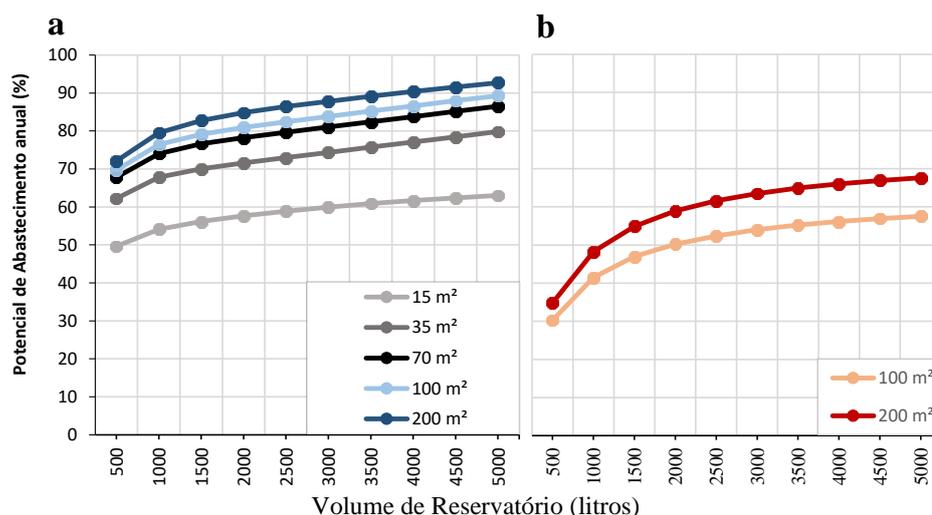
Tipo climático Aw (tropical de savana)

Em comparação com as demais regiões climáticas do Pará, a zona de clima tropical de savana (Aw) requer maiores investimentos nos conjuntos de captação e reservatórios de água da chuva. A demanda mínima anual (20 litros/pessoa/dia) de famílias com cinco membros não pode ser plenamente atendida por nenhum dos conjuntos testados neste estudo. Contudo, 90% dessa demanda pode ser atendida com conjuntos formados por área de captação de 200 m² e reservatório de 4.000 litros (Gráfico 4a).

Assumindo a possibilidade de que 20% da demanda mínima anual possa ser provida por outras fontes, sobretudo no período seco, entre os meses de junho a setembro, conjuntos formados por áreas de captação de 70 m² e reservatórios de 3.000 litros seriam suficientes para o atendimento de 80% da necessidade de água para dessedentação.

Quanto ao suprimento ideal (110 litros/pessoa/dia) para famílias com cinco membros, o percentual máximo de atendimento, que não chega a 70% (67,6%), requereria conjuntos formados por área de captação de 200 m² e reservatórios de 5.000 litros. Um sistema mais eficiente pode ser proposto às custas de uma redução de 40% no suprimento anual (a ser provido por outras fontes), de modo que 60% da demanda ideal seja provida por conjuntos com reservatório de 2.500 litros e área de captação de 200 m² (Gráfico 4b). Nessas condições, o déficit de abastecimento deve durar aproximadamente 22 semanas. Dentro desse período, a demanda mínima (20 litros/pessoa/dia) ainda seria sustentada por 15 semanas.

Gráfico 4: Abastecimento de água por meio do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na região climática Aw. Simulações com diferentes áreas de captação e volumes de reservatório para o atendimento da: a) demanda mínima; e b) suprimento ideal.



Fonte: Os autores.

A zona de clima tropical de savana (Aw) ocupa a menor porção territorial do estado do Pará (aproximadamente 5% da área total) e apresenta as mais baixas médias pluviométricas da região. Com precipitação mais baixa, é esperado que o potencial dos sistemas seja correspondentemente reduzido. Não obstante, o potencial de aproveitamento da água de chuva, nas condições da zona climática

Aw, pode ser inferido da comparação com o Nordeste brasileiro, alvo do Programa “Um Milhão de Cisternas Rurais” (P1MC) – principal programa nacional de aproveitamento de água de chuva (INMET, 2020; LUNA, 2011).

As médias históricas de precipitação anual em municípios como Caruaru (764,1 mm), Garanhuns (874,4 mm) e Pesqueira (701,5 mm), em Pernambuco, são significativamente menores do que as encontradas na zona climática Aw (1.762 ± 239 mm). E ainda que a região Nordeste seja marcada por longos períodos de estiagem, e que as cisternas não possibilitem sequer o abastecimento de 100% da demanda mínima anual, a água de chuva ainda é a principal fonte para dessedentação humana nas áreas do Programa (GALVÍNCIO; MOURA, 2005).

Viabilidade econômica do sistema

Os resultados das simulações realizadas neste estudo mostram que as exigências de dimensionamento para atender 100% das necessidades de água, para todos os usos, em famílias de cinco pessoas, podem tornar esses sistemas inviáveis do ponto de vista estrutural e econômico. Essa conclusão é válida ainda que sob os padrões de precipitação do tipo climático Af. Na zona tropical de savana (Aw), conjuntos formados pela maior área de captação (200 m²) e o maior reservatório (5.000 litros), considerados neste estudo, não são suficientes para suprir plenamente (100%) a demanda anual de água para dessedentação (ainda que se atinja 93% dessa necessidade).

A decisão final sobre o dimensionamento mais eficiente não pode ser tomada sem levar em consideração os custos relativos das alternativas existentes. Segundo Neu et al. (2016), moradores da Ilha das Onças que não possuem acesso a água potável compram água a um preço médio de R\$ 7,00, por galão de 20 litros. Além do elevado preço cobrado por vendedores que circulam pela ilha, o fornecimento é irregular e incerto.

A falta de água potável leva muitas pessoas a fazer longos deslocamentos. No caso da Ilha das Onças, a falta de água obriga os comunitários a viajarem até a cidade mais próxima (Belém) para comprar água. Nesses casos, ao custo da água deve ser somado, ao menos, parte do custo adicional de locomoção, que varia de R\$ 15,00 a R\$ 50,00 por viagem, dependendo da embarcação utilizada (NEU et al., 2016). Caso uma família média (5 pessoas) opte pela compra de água para o atendimento da demanda mínima (20 litros/pessoa/dia), o gasto mensal seria de aproximadamente R\$ 1.050,00, somente com a compra da água, isto é, sem considerar despesas de transporte.

Nas comunidades presentes na Ilha das Onças, muitas famílias não têm condições de arcar com essas despesas e, por isso, acabam adquirindo água com qualidade desconhecida, a preços mais baixos. Na região insular da capital paraense, comumente os ribeirinhos adquirem água não tratada a um preço médio de R\$ 2,00 o galão (20 litros) (VELOSO; MENDES, 2014). Nesses casos, as famílias incorrem numa despesa de aproximadamente R\$ 300,00 por mês, para o atendimento da necessidade mínima de dessedentação e preparo de alimentos, sem qualquer garantia quanto à potabilidade da água.

Os sistemas instalados pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), e que motivaram a realização deste estudo, incluem reservatórios de 2.000 litros e áreas médias de captação de 30 m². Esses sistemas suprem cerca de 95% da

demanda mínima de uma residência unifamiliar média (5 membros) e tiveram custo aproximado de R\$ 2.300,00 (referência de agosto/2018) (NEU et al., 2018a, 2018b). Considerando as despesas com a compra de água potável para atender a demanda mínima de famílias de cinco pessoas, o tempo de recuperação desse investimento seria de pouco mais de dois meses.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A captação de água de chuva é uma técnica milenar, difundida em regiões com sérios problemas de escassez hídrica ou ausência de serviços de abastecimento de água. O aproveitamento da água de chuva é uma alternativa importante, capaz de promover melhorias na qualidade de vida, justiça social e redução da vulnerabilidade de populações submetidas à situação de risco.

Em termos quantitativos, para todas as regiões climáticas do estado do Pará, a água de chuva demonstra viabilidade para o abastecimento unifamiliar, com potencial para atender expressiva demanda da população. Nas regiões climáticas Am e Af, que dominam 94,4% do estado, sistemas relativamente pequenos, de baixo custo, são capazes de suprir a demanda mínima de famílias médias de forma integral, ou muito perto disso. Na região menos chuvosa (clima Aw) esta alternativa demonstra menor potencial. No entanto, a sua viabilidade e interesse estratégico ficam evidentes quando comparadas com a realidade do semiárido brasileiro, onde os sistemas de captação de água da chuva emergiram como política pública. Para atender demandas maiores ou completar o déficit durante o período menos chuvoso, os sistemas podem ser integrados a outras fontes de abastecimento, mantendo ainda a água de chuva como fonte principal.

As limitações dos dados pluviométricos utilizados neste estudo limitam o refinamento das análises, tanto em termos espaciais quanto temporais. Os resultados reportados aqui expressam projeções dos comportamentos médios da precipitação nas regiões cobertas pelas estações de medição e assumem a estabilidade dos padrões climáticos, no futuro. Em um cenário futuro de alterações climáticas, com maior frequência dos eventos extremos, é provável que o dimensionamento ideal dos sistemas passe a requerer áreas de captação e reservatórios maiores. Importa, portanto, ressaltar a necessidade de estudos mais aprofundados para verificar os efeitos associados à mudança climática global, bem como das variações locais.

O objetivo de promover a saúde e o bem-estar das populações precisa ser amparado em resultados de pesquisas multidimensionais. No presente caso, além dos critérios de dimensionamento abordados neste trabalho, outros parâmetros qualitativos e sociais precisam ser considerados. A qualidade das relações entre os diferentes atores envolvidos no processo de planejamento, execução e gestão dos projetos é um aspecto fundamental para a adoção e difusão bem-sucedidas de iniciativas como as reportadas aqui, no âmbito das políticas públicas.

Visando a uma apresentação coerente e de alta qualidade da publicação da Revista Tecnologia e Sociedade, solicitamos aos autores que sigam os critérios e características técnicas, as orientações de estilo e formatação de texto apresentadas neste documento. O modo mais simples de fazê-lo é substituir o conteúdo do modelo pelo de seu artigo, cuidando para não adicionar novos estilos, ou redefinir os estilos do modelo.

Rainwater: an alternative for rural communities in the state of Pará

ABSTRACT

The present study aims to identify the efficient dimensions of rainwater use systems for single-family homes in the state of Pará. For this, Neptune 4 software was adopted. Simulations were performed for families with an average number of five residents, catchment areas between 15 and 200 m² and reservoirs with volumes between 500 and 5,000 liters. These simulations were employed to evaluate the potential of meeting the minimum demand and the ideal supply of families. The results indicate that the systems are a viable alternative of local supply, and may be the main source of supply, with full-service capacity (100%) of the minimum demand, in the regions of the state with the tropical monsoon (Am) and equatorial (Af) climates. In the tropical savanna climate (Aw) zone the systems have the potential to supply more than 90% of this demand. For the ideal supply it is necessary to complement the rainwater provision with other sources, especially in dry or less rainy periods.

KEYWORDS: Rainwater. Decentralized supply. Scaling. The Amazon

¹Tem como referência áreas urbanizadas com ambiente em condições atmosféricas de poluição expressivamente superiores, se comparado a realidade da Amazônia rural brasileira.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma Brasileira 15527: Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. 2007. Rio de Janeiro, 8. Disponível em: <https://azdoc.tips/documents/nbr-15527-2007-aproveitamento-de-agua-da-chuva-5c13f43899280>. Acesso em: 21 de março, 2021.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES GONÇALVES, J. L., SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728. 2013.

ANDRADE NETO, C. O. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2013.

ANDRADE, R. de P.; HOCHMAN, G. O plano de saneamento da Amazônia (1940-1942). **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 14, p. 257-277, 2007.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial {da} União. p.1. Brasília DF, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 05 de junho, 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico**. Diário Oficial {da} União. p.1. Brasília DF, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm#:~:text=%E2%80%9CEstabelece%20as%20diretrizes%20nacionais%20para,Art. Acesso em 30 de agosto, 2022.

GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B de. Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de Pernambuco. **Revista de Geografia**, v. 22, n. 2, p. 18, 2005.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. **Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. 2014. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. Acesso em: 21 de março, 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Amostragem Domiciliar 2015**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnad>. Acesso em: 19 de agosto, 2020.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Série histórica de precipitação (1990-2019)**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 15 de maio, 2020.

ITB, Instituto Trata Brasil. **Painel Saneamento Brasil**. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/>. Acesso em: 05 de abril, 2021.

KOPPEN, W. Das Geographische System der Klimate. (Eds.): Handbuch der Klimatologie. **Gebruder Borntrager**, v. 1, p. 1–44, part C, 1936.

LUNA, C. F. **Avaliação do impacto do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) na saúde: ocorrência de diarreia no Agreste Central de Pernambuco**. [Tese de Doutorado] 2011. Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz. 207p. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/10660>. Acesso em: 06 de fevereiro, 2020.

MCM, Memorial Chico Mendes. **Sanear Amazônia: Água e saneamento para os extrativistas da Amazônia**. 2017. Disponível em: <http://www.memorialchicomendes.org/2017/04/07/sanear-amazonia-agua-e-saneamento-para-os-extrativistas-da-amazonia/>. Acesso em 21 de março, 2021.

NEU, V., et al. Água da chuva: vida e saúde que vem dos céus da Amazônia. **Edufra**, Série Sustentabilidade, 2, p. 32. 2018b.

NEU, V., et al. Água da chuva para consumo humano: estudo de caso na Amazônia Oriental. **Inclusão Social**, v. 12, n. 1, p.183-198, 2018a.

NEU, V., et al. Água da chuva: abastecimento descentralizado e qualidade de vida para comunidades ribeirinhas da região insular de Belém. 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: **Edufra**, 65-86. 2016.

OLIVEIRA, Carla Renata Milhomem de, et al. Saneamento básico e a relação intrínseca com o desenvolvimento sustentável: um desafio frente à desigualdade socioeconômica na Região Norte. **Meio Ambiente**. Brasil, v. 3, n. 3, 2021.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Progress on household drinking water, sanitation progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: and hygiene, 2000-2017**. 2019. p. 71. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-2019-full-report.pdf?ua=1. Acesso em: 20 de janeiro, 2021.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Technical Notes on Drinking-water, Sanitation and Hygiene in Emergencies**. 2013. Disponível em:

https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/WHO_TN_09_How_much_water_is_needed.pdf?ua=1. Acesso em 22 de março, 2021.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development, United Nations, A/RES/70/1**. 2015a. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em 22 de março, 2021.

ONU, Organização das Nações Unidas. United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). **World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris: UNESCO; 2015b. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>. Acesso em 05 de abril, 2021.

PAIVA, R. F. da P. de S., SOUZA, M. F. da P de. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 1–11, 2018.

PARÁ. Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento – SEDAP. **Programa Água para Todos**. 2018. Disponível em: <http://sedap.pa.gov.br/artigos/programa-%C3%A1gua-para-todos>. Acesso em: 21 de março, 2021.

RUPP, R. F., MUNARIM, U., GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 47–64, 2011.

SCHWEICKARDT, J. C., LIMA, N. T. Os cientistas brasileiros visitam a Amazônia: As viagens científicas de Oswaldo Cruz e Carlos Chagas (1910-1913). **História, Ciências, Saúde**, v. 14, p. 15–50, 2007.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Painel Informações Saneamento Brasil 2020**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>. Acesso em 30 de agosto, 2022.

SORRIBAS, M. V., DE PAIVA, R. C. D., BRAVO, J. M. Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. **Climatic Change**, v. 136, n. 3-4, p. 555-570, 2016.

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. **NAEA**, p. 69-94, 2003.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: diretrizes básicas para um projeto. In: **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva**, v. 6, 2007.

TOMAZ, P. Capítulo 3 - Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. **Água Pague Menos**, p. 1–14, 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1223588-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis.html>. Acesso em 02 de setembro, 2022.

UNICEF. **The Human Right to Water and Sanitation**. Geneva: United Nations. 2015. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief.pdf. Acesso em 15 de janeiro, 2021.

VELOSO, N. da S. L. **Política Pública de Abastecimento Pluvial: Água da Chuva na Amazônia, e Por Que Não?** [Tese de doutorado]. 2019. Disponível em: <http://ppgdstu.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/NIRCELE%20DA%20SILVA%20L EAL%20VELO SO.pdf>. Acesso em 22 de março, 2021.

VELOSO, N. da S. L., et al. Água da Chuva para Abastecimento na Amazônia. **Revista Movendo Ideias**, v. 17, p. 1517-199, 2012.

VELOSO, N. da S. L.; MENDES, R. L. R. Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia: Experiências nas Ilhas de Belém/PA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 229– 242, 2014.

VIANA, R. L.; FREITAS, C. M. de; GIATTI, L. L. Saúde ambiental e desenvolvimento na Amazônia legal: indicadores socioeconômicos, ambientais e sanitários, desafios e perspectivas. **Saúde e Sociedade**, v. 25, p. 233-246, 2016.

Recebido: 06/10/2021

Aprovado: 18/08/2022

DOI: 10.3895/rts.v18n54.14779

Como citar: BATISTA, L.M. et al. Água de chuva: uma alternativa para comunidades rurais no estado do Pará. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 18, n. 54, p.21-37, out./dez., 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/14779>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autorial: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

