

**Captação, armazenamento e utilização de águas de chuvas para fins não potáveis**

**Captation, storage and use of rainwater for non-drinking purposes**

**Recolección, almacenamiento y uso de agua de lluvia para fines no potables**

Recebido: 01/04/2020 | Revisado: 01/04/2020 | Aceito: 16/04/2020 | Publicado: 17/04/2020

**Pedro Emílio Amador Salomão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9451-3111>

Faculdade Presidente Antônio Carlos, Brasil

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

**Sebastião Silva de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9694-6041>

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [sebastian\\_mg@hotmail.com](mailto:sebastian_mg@hotmail.com)

**Wálisson Alves Liesner**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5357-7530>

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

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

**Resumo**

Embora a água ocupe dois terços da superfície terrestre, sabe-se que apenas 2,5% do seu volume é considerada doce e própria para o consumo. Sendo esta indispensável ao desenvolvimento econômico e à manutenção da vida no planeta. Todavia o aumento populacional acelerado, aliado ao desenvolvimento agropecuário, industrial e tecnológico, têm provocado crescentes índices de poluição das fontes hídricas e degradação dos recursos naturais, trazendo uma enorme preocupação mundial quanto ao correto gerenciamento destes recursos a fim de possibilitar um desenvolvimento econômico sustentável e garantir que às gerações futuras usufruam de água potável com padrões de qualidade adequado ao seu consumo. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar o sistema de captação e uso de água de chuva com uma alternativa sustentável em substituição à água tratada em atividades que não necessitam de potabilidade ou envolva riscos à saúde humana, possibilitando dessa forma que os recursos naturais sejam menos explorados, evitando desperdícios, minimizando impactos ambientais, proporcionando redução no consumo energético e nos gastos operacionais, gerando economia

nas contas de água e esgoto, diminuindo a demanda das galerias pluviais e reduzindo o número de enchentes e inundações.

**Palavras-chave:** Crescimento populacional; Desenvolvimento econômico; Recursos hídricos; Impactos ambientais; Aproveitamento de águas das chuvas.

### **Abstract**

Although water occupies two thirds of the Earth's surface, it knows that only 2.5% of its volume is considered sweet and suitable for consumption. This being indispensable for economic development and the maintenance of life on the planet. However, the accelerated population increase, coupled with agricultural, industrial and technological development, presents increasing levels of avocado, water pollution levels and degradation of natural resources, posing a huge global threat regarding the use of permitted human resources and ensuring that future future enjoy drinking water with quality standards suitable for your consumption. In this context, the objective of this work is to present the system for capturing and using rainwater as a sustainable alternative to replace treated water in activities that are not potentially dangerous or involve risks to human health, thus allowing the way resources natural resources are affected less exploited, avoiding waste, minimizing environmental impacts, reducing energy consumption and expenses, generating savings in water and sewage bills, decreasing the demand for rain galleries and using the number of floods and floods.

**Keywords:** Population growth; Economic development; Water resources; Environmental impacts; Use of rainwater.

### **Resumen**

Aunque el agua ocupa dos tercios de la superficie de la Tierra, se sabe que solo el 2.5% de su volumen se considera dulce y adecuado para el consumo. Esto es indispensable para el desarrollo económico y el mantenimiento de la vida en el planeta. Sin embargo, el aumento acelerado de la población, junto con el desarrollo agrícola, industrial y tecnológico, ha provocado un aumento de las tasas de contaminación de las fuentes de agua y la degradación de los recursos naturales, lo que genera una enorme preocupación mundial sobre el manejo correcto de estos recursos para permitir un desarrollo económico sostenible y Asegurar que las generaciones futuras disfruten de agua potable con estándares de calidad apropiados para su consumo. En este contexto, el objetivo de este trabajo es presentar el sistema para capturar y usar el agua de lluvia como una alternativa sostenible para reemplazar el agua tratada en actividades que no requieren agua potable o implican riesgos para la salud humana, permitiendo

así el uso de los recursos naturales. menos explorado, evitando desperdicios, minimizando los impactos ambientales, reduciendo el consumo de energía y los gastos operativos, generando ahorros en las facturas de agua y alcantarillado, disminuyendo la demanda de galerías de lluvia y reduciendo el número de inundaciones e inundaciones.

**Palabras clave:** Crecimiento de la población; Desarrollo económico; Recursos hídricos; Impactos ambientales; Uso de agua de lluvia.

## 1. Introdução

A água é um dos recursos naturais mais preciosos do planeta, sendo extremamente necessária ao desenvolvimento e à sobrevivência humana. Garantir água potável e preservação ambiental às gerações futuras é um dos maiores desafios da humanidade.

De acordo com May (2009), o volume de água potável disponível para consumo no mundo tem se tornado cada vez mais escasso. Isso se deve principalmente ao crescimento populacional, à expansão da indústria, da agropecuária, a falta de saneamento básico e ao descaso com o meio ambiente, comprometendo a qualidade de vida e a preservação dos recursos naturais.

Para Proença (2009), a carência de água potável tem feito com que as organizações internacionais, sociedade civil e instituições governamentais adotem medidas a fim de racionalizar o uso de recursos hídricos, e tornem a gestão da água o mais sustentável possível.

A Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997 enfatiza que a água é um recurso natural limitado, e que em situações de carência, o uso prioritário dos recursos hídricos é para o consumo humano e a dessedentação de animais.

Em relatório apresentado pela Agência Nacional de Águas - ANA (2017) sobre a situação das águas na conjuntura da crise hídrica no Brasil, verificou-se que a demanda pelo uso da água neste país é crescente. São registrados uma média de 2.057,8m<sup>3</sup>/s que são retirados de rios, córregos e reservatórios, sendo a maior parte deste volume, 46,2% destinados para irrigações, seguidos de 23,3% para o abastecimento urbano, 9,2% para usos na indústria, 7,2% destinados ao consumo animal e 14,1% para outras finalidades. A média registrada apresenta um aumento estimado de 80% do volume retirado em relação as duas últimas décadas. A previsão é de que esta retirada ainda aumente mais 30% até 2030. Isso se deve ao fato de que, segundo a ANA (2017), todo o processo de desenvolvimento econômico e a urbanização do país ser diretamente relacionado ao uso da água.

Guterres e Júnior (2013) apontam que a água potável poderá tornar-se totalmente escassa, caso continue ocorrendo crescimento exagerado na demanda, com desrespeito ao meio ambiente, e aos recursos hídricos.

Nos empreendimentos imobiliários atuais, a busca por meios sustentáveis tem se tornado um ponto de grande relevância, tendo em vista o alto consumo de água nestas edificações, tanto no seu processo executivo, quanto na sua utilização pelos futuros moradores.

Rebouças *et al.* (2015) ressalta a necessidade de utilizar água potável apenas para atividades destacadas como “mais nobres”, ou seja, para consumo humano; e o uso de fontes alternativas para atividades que não envolva potabilidade. Para o autor, essas práticas representariam uma enorme economia dos recursos hídricos, uma vez que eliminaria o desperdício e reduziria o volume e a demanda por água tratada.

Nesse sentido, faz-se de suma importância que todos os recursos naturais sejam utilizados de forma racional e sustentável. Sendo de extrema importância o desenvolvimento e implantação de tecnologias e soluções alternativas a fim de termos edificações sustentáveis, uma vez que dia após dia, o crescimento populacional exacerbado, exige cada vez mais destes recursos.

O objetivo desse trabalho é realizar um estudo sobre o uso correto das águas e as vantagens que podem ser obtidas na economia de água potável através da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para uso em atividades onde não necessitam de potabilidade ou envolva riscos à saúde humana. Para elaboração, foi executada uma vasta pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, através de estudos de livros, artigos, normas técnicas, trabalhos de conclusões de curso, entre outros.

## **2. Revisão da Literatura**

Em cima de uma revisão dos conteúdos já publicados até então na literatura, é mostrado abaixo os principais tópicos que irão fundamentar este trabalho.

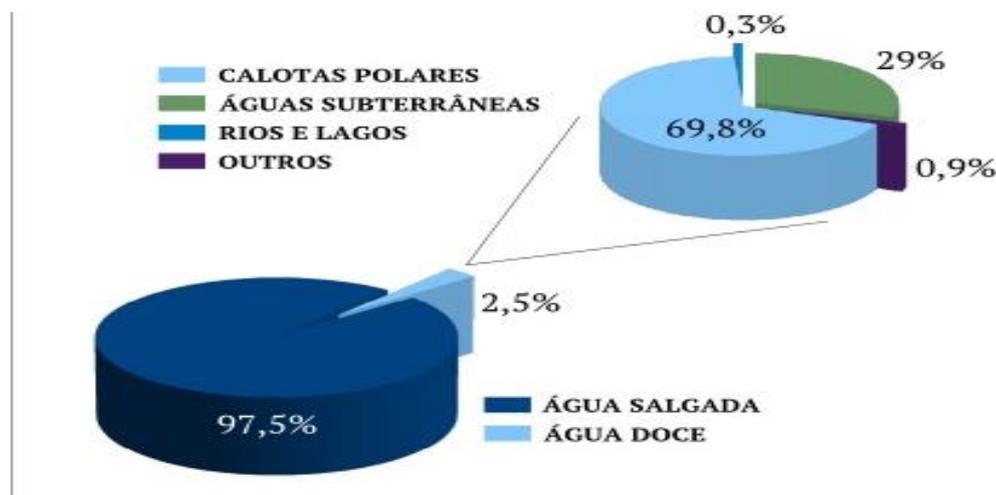
### **2.1 A importância da água e sua distribuição no planeta**

No contexto histórico, Piterman & Greco (2005) relata que a água está profundamente ligada à civilização humana, onde por questões de sobrevivência, as comunidades se estabeleciam próximo às fontes de água, permanecendo nesse costume até os dias atuais.

Gomes (2011) destaca que no processo da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola, industrial, cultural ou religioso; a água é seguramente o único recurso natural presente. Sendo a mesma, extremamente essencial, seja como meio de sobrevivência das mais diversas espécies animais e vegetais, seja como componente bioquímico, ou como fator de produção de bens de consumo.

No contexto geográfico, a água ocupa aproximadamente dois terços de toda a superfície terrestre, e pode ser encontrada em rios, lagos, mares, oceanos, lençóis freáticos, calotas polares, entre outros, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1** – Distribuição da água na biosfera terrestre.



Fonte: Pena (2017).

Embora seja uma substância abundante, observa-se que 97,5% da água do planeta é salgada, sendo apenas 2,5% da água é considerada doce, ou seja, própria para o consumo, como reportado na Figura 1.

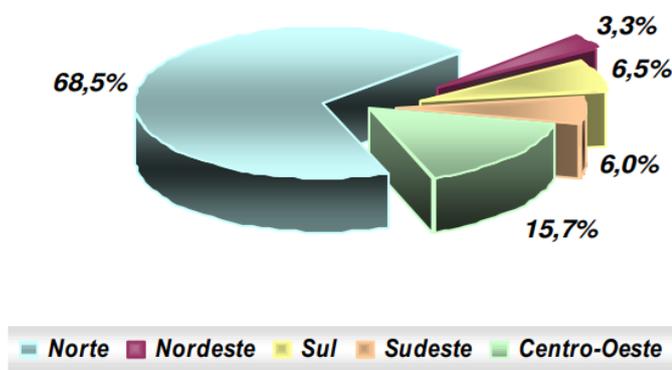
Porém, do quantitativo de água doce existente, 69,8% estão congeladas nas calotas polares, 29% são águas subterrâneas, e somente 0,3% da água doce estão dispostas nos rios e lagos.

## 2.2 Disponibilidade hídrica no Brasil

De acordo com a Agência Nacional das Águas – ANA (2017), o Brasil detém 12% do manancial de água doce disponível no mundo e possui o maior rio do planeta (Rio Amazonas). Os climas equatorial, tropical e subtropical que atuam sobre o nosso território, proporcionam

elevados índices pluviométricos, sendo em cada região do Brasil concentrado diferentes quantidades de água de acordo com a Figura 2.

**Figura 2** – Disponibilidade Hídrica no Brasil.



Fonte: Tomaz (2010).

Em seus estudos, Tomaz (2010) salienta que apesar do Brasil possuir uma das maiores reservas hídricas do mundo, ainda existe severa escassez de água potável em diversas regiões (Figura 2), ocasionadas principalmente pela concentração desproporcional dessas águas, e pelo desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola. Salientando que enquanto a disponibilidade hídrica per capita no Nordeste e parte do Sudeste é extremamente insuficiente para atender a demanda necessária; a Região Norte por sua vez, possui a maior concentração hídrica per capita e a menor concentração demográfica.

A ANA (2017), relata que entre 2013 e 2016, 48 milhões de pessoas em todo o território nacional foram afetadas por estiagens (passageiras) ou por secas (duradoura). No ano de 2016, considerado por esta, como o ano mais crítico em relação aos impactos causados à população por fenômenos climáticos, a escassez hídrica afetou 18 milhões de habitantes. Destes, 84% são moradores da região Nordeste.

Em contrapartida, a ANA (2017) afirma que por conta de cheias, cerca de 47,5% dos municípios brasileiros entre 2003 e 2016, declararam pelo menos uma vez, “situação de emergência ou estado de calamidade pública.” Destes municípios, quase 55% estão no Sul ou Sudeste.

Entre 1991 e 2012, segundo a ANA (2017), as secas e cheias em todo o território nacional representaram 84% dos quase 39 mil desastres naturais, afetando aproximadamente 127 milhões de pessoas.

Salomão, *et al* (2019) enfatiza que em algumas regiões do Brasil, como na cidade de São Paulo, a população tem enfrentado escassez de água devido à má gestão dos recursos naturais, mencionado que alguns reservatórios têm apresentado níveis baixos de água em épocas que deveriam estar cheios. Isto se deve ao fato da demanda de consumo ser demasiadamente maior que a disponibilidade de água, comprometendo com isto, o abastecimento local e o desenvolvimento dos setores produtivos.

Para Salomão, *et al* (2019), os setores mais afetados pela escassez de água, são a indústria e a agropecuária, sendo a região sudeste a que mais sofre com problemas causados pela falta de água, haja vista que os maiores complexos industriais do país estão instalados nessa região.

Outros fatores preocupantes enfatizados pelo autor, é o aumento no desmatamento de florestas, a destruição de nascentes e o enorme descaso da população que lança os seus rejeitos nos córregos, rios e lagos causando poluição e contaminação destas águas.

Para que este problema seja atenuado, é necessário que haja uma aliança entre população e governo, a fim de gerar maior conscientização quanto ao uso racional da água, propiciando mudanças de hábitos e preservação dos recursos hídricos e ambientais.

### **2.3 Necessidade de uso alternativo**

Segundo a ANA (2017) é natural que as distribuições de chuvas sofram variações. Porém, têm se observado nos últimos anos, eventos extremos tanto pelo excesso, quanto pela escassez, o que pode ser interpretado como indícios de mudanças climáticas, propiciando dessa forma alterações nos padrões da precipitação de chuvas no Brasil.

Devido à escassez deste recurso e a forte demanda por água doce e potável, faz-se necessária a implantação de medidas que visem respeito ao meio ambiente e proporcione desenvolvimento sustentável.

Desenvolvimento sustentável pode ser entendido como “recursos projetados e gerenciados para contribuir com os objetivos totais da sociedade, agora e no futuro, devendo manter o meio ambiente e a integridade ecológica e hidrológica”. (TOMAZ, 2010)

Mediante esta preocupação, diversos modelos vêm sendo estudados a fim de proporcionar alternativa a esta demanda e garantir melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

May (2009) cita diversas medidas a longo prazo que são necessárias à conservação da água, destacando atitudes como: racionalização do consumo, combate às ligações clandestinas,

diminuição das perdas físicas nas redes de abastecimento, reciclagem das águas servidas e o uso de campanhas de conscientização.

## **2.4 Captação, Armazenamento e Utilização de Águas de Chuva**

Uma opção considerada viável, econômica e eficaz é a implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva a fim de substituir o uso da água tratada, onde esta não é tão necessária.

No contexto desse estudo, entende-se por água captada, a proveniente de telhados inclinados ou planos, situados em ambientes urbanos, onde não exista passagens de animais, pessoas ou veículos. As águas oriundas de pisos residenciais, comerciais ou industriais não estão inclusas neste estudo por apresentarem metodologias e tratamentos diferenciados daqueles aqui propostos.

De acordo com Tomaz (2010), vários países do mundo, utilizam-se de técnicas para captação e aproveitamento de água de chuva para atividades não potáveis. Esta técnica além de proporcionar economia de água tratada, também contribui significativamente para que haja redução do volume de enchentes e inundações, principalmente nos grandes centros urbanos, onde a impermeabilidade dos solos impede a infiltração dessas águas.

Entre os fatores históricos, Tomaz (2010) relata que a técnica de aproveitamento de água de chuva não é um fato novo, pois existem reservatórios escavados no Oriente Médio a mais de 3600 a.C. inclusive registros descritos na Pedra Moabita, datada de 830 a.C. onde o rei Meshá sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva. Outros tipos de civilizações, como Maias e Astecas, também utilizaram de técnicas primitivas para coleta e armazenamento de água de chuvas.

Tomaz (2010) ressalta também o uso desta técnica nos tempos modernos, especialmente em países desenvolvidos. Em Hamburgo, na Alemanha, é concedido auxílio financeiro entre US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 a quem instalar sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, que além de servir para conter picos de enchentes, a população utiliza-se da água captada para irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias e máquinas de lavar roupa. Além da Alemanha, países como Estados Unidos, Austrália e Japão, também fazem uso desta técnica.

No Brasil, foi criada a Lei Federal nº 13.501, de 30 de Outubro de 2017, a fim de alterar o art. 2º da Lei nº 9.433/97, e incluir o aproveitamento de águas de chuvas na Política Nacional de Recursos Hídricos, como o objetivo de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais em atividades que não exijam potabilidade, visando dessa

forma o uso racional dos recursos hídricos e ambientais, com vistas ao desenvolvimento sustentável, a fim de que a atual e as futuras gerações tenham garantia de acesso à água potável com padrões de qualidade adequados ao seu uso.

A cidade de São Paulo, através da Lei Municipal nº 16.402/16, no Art. 80, estabelece que nos processos de licenciamento de construções novas ou em reformas com ampliações superiores a 20%, situada em lotes com área superior a 500m<sup>2</sup>, realizem a instalação de reservatórios destinados a captação de água de chuvas. Propiciando dessa forma, que todas as águas oriundas dos telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos sejam destinadas a estes reservatórios.

Outras cidades, como Curitiba (Lei Municipal 10.785/03) e Florianópolis (Lei Municipal 8080/09), também estabeleceram legislações específicas destinadas a fomentar programas que induzam o emprego de fontes alternativas para captação de águas de chuvas e proporcione o uso racional dessas águas nestas edificações.

Tomaz (2010), ressalta que, desde que não haja poluição no ar, a água da chuva é considerada de excelente qualidade e apresenta padrões semelhantes à água que consumimos podendo substituí-la na maioria das suas utilizações, proporcionando assim, melhor aproveitamento dos recursos hídricos naturais.

## 2.5 Estimativa de Consumo Residencial

Para May (2009), os maiores consumidores de água tratada em uma residência são a bacia sanitária, o chuveiro e a pia de cozinha. Enfatizando que a bacia sanitária por ser o principal componente do aparelho de descarga, é também o principal vilão deste sistema, conforme exposto na Tabela 1.

**Tabela 1** – Média interna de consumo residencial de água potável no Brasil.

| <b>Tipos de usos da água</b> | <b>Porcentagem</b> |
|------------------------------|--------------------|
| Descargas na bacia sanitária | 29%                |
| Chuveiros                    | 28%                |
| Lavatório                    | 6%                 |
| Pia de cozinha               | 17%                |
| Tanque                       | 6%                 |
| Máquina de lavar roupas      | 5%                 |
| Máquina de lavar louças      | 9%                 |
| Total                        | 100%               |

Fonte: USP, 1999 – Programa PURA apud May, S. (2009).

Como mostrado na Tabela 1, existem atividades que demandam um maior consumo de água quando comparado a outros.

O percentual apresentado por May (2009) se refere ao consumo de uma bacia sanitária com caixa acoplada, considerada pela autora, como a mais econômica no Brasil, com consumo aproximado de 6,8 l/descarga.

## 2.6 – Funcionamento do sistema

Para fazer a captação, pode utilizar-se qualquer superfície que tenha como condensar o escoamento de água para uma vertente, especialmente lajes ou telhados, sendo estes o objeto desta análise.

O processo começa com a instalação de um sistema de captação de água próximo às coberturas das edificações, conforme ilustração abaixo (Figura 3).

**Figura 3** – Modelo de um sistema de captação.



Fonte: May (2009)

Neste sistema é afixado um conjunto de calhas por meio das quais a água esco, indo para uma rede de condutores que as direcionam para um tanque subterrâneo ou cisterna, onde esta será armazenada. Junto a esse reservatório, é instalado um filtro para retirada de impurezas,

e uma bomba, para levar o líquido a uma caixa d'água elevada e separada da caixa de água potável.

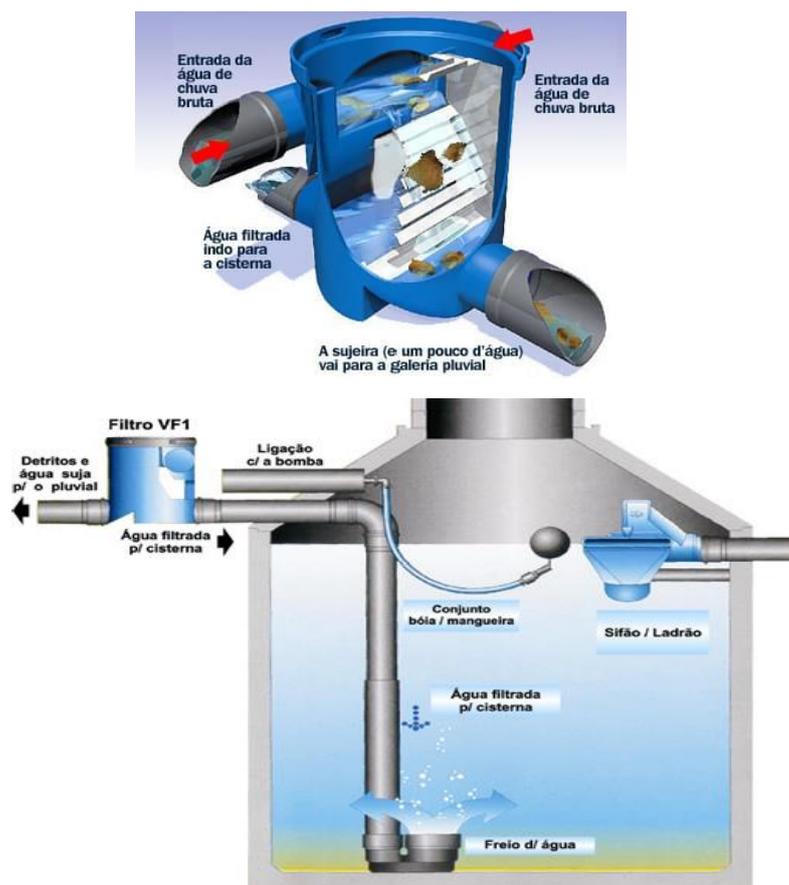
Salomão, *et al* (2019) afirma que quando comparado aos demais sistemas, a captação de água de chuvas através de coberturas é uma alternativa simples e eficiente, pois propicia redução no custo de água fornecida pela companhia de saneamento, além de contribuir com a preservação das reservas hídricas e ambientais, e na amenização dos riscos de enchentes ou alagamentos.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especificamente a NBR 15.527/2007, que dispõe sobre o aproveitamento da água da chuva nas coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis; a água deve ser captada preferencialmente antes do contato com o solo, a fim de garantir maior índice de pureza, sendo esta água armazenada em reservatório específico, e indicada exclusivamente para uso em descargas de bacias sanitárias; irrigações de canteiros e jardins; sistemas de combate a incêndio, lavagem de veículos, limpeza de pátios, calçadas, ruas, etc. Não podendo ser utilizada para lavagem de roupas, preparo de alimentos, ou banhos.

O uso dessa alternativa reduzirá significativamente a exploração de recursos naturais, o desperdício de água tratada, além de apresentar economia considerável nos custos de fornecimento da concessionária pública.

May (2009) enfatiza que devido à alta concentração de poluentes dispersos na atmosfera, e acúmulo de poeira e folhagens na superfície das coberturas e calhas, recomenda-se uso de filtros que possibilite o descarte de sujeiras e o rejeite das primeiras águas das chuvas, sobretudo após longo período de estiagem como ilustrado na Figura 4.

**Figura 4** - Funcionamento simulado de um Filtro FV1.



Fonte: Acquaciclo (2014)

Em seu relato, Tomaz (2010) orienta que os pontos de acesso a essas águas, tais como: torneiras de jardins e torneiras de uso geral, sejam identificados com placa ou adesivos contendo a seguinte inscrição: “água não potável” e também com advertência visual destinada a crianças e pessoas que não saibam ler.

Segundo o autor, pesquisas realizadas no Japão demonstraram que com o uso da água de chuva e/ou água servida para fins não potáveis, conseguiu reduzir o consumo de 30% da água potável.

### 3. Metodologias

Com base nas informações obtidas na revisão da literatura, serão feitas descrições de cálculos mostrando a melhor forma de aproveitar a água proveniente de água da chuva.

#### 3.1 Cálculo de volume de água aproveitado

O volume total de aproveitamento da água da chuva está diretamente relacionado com a área do telhado usado para a captação e ao volume da precipitação, sendo ainda aplicado o coeficiente de *runoff* para determinar o escoamento superficial da água.

Segundo definição contida na NBR 15527/07, o coeficiente de *runoff* é o coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície, nela também define o escoamento inicial (*first flush*) como a água proveniente da área de captação suficiente para carregar poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos.

**Quadro 1** – Coeficiente de *runoff*.

| Coeficiente de runoff médios |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| MATERIAL                     | COEFICIENTE DE RUNOFF |
| Telhas cerâmicas             | 0,8 a 0,9             |
| Telhas esmaltadas            | 0,9 a 0,95            |
| Telhas corrugadas de metal   | 0,8 a 0,9             |
| Cimento amianto              | 0,8 a 0,9             |
| Plástico                     | 0,9 a 0,95            |

Fonte: Tomaz (2010)

No Quadro 1 é ilustrado os locais e os coeficientes de *runoff*. De acordo com a NBR 15527/07 o volume de água de chuva captado, é determinado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta$$

Onde:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta$  fator de captação é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Tomaz (2010) afirma que a eficiência média dos dispositivos dos first flush é de 0,85.

#### 4. Resultados e Discussões

Para se fazer estimativa sobre a demanda do consumo interno e externo, e a economia que pode ser obtida pelo uso de água de chuvas, Tomaz (2010) utilizou-se dos seguintes parâmetros (Quadro 2):

**Quadro 2** – Estimativas de demanda residencial de água.

| Uso interno                 | Unidades                   | Parâmetros |          |               |
|-----------------------------|----------------------------|------------|----------|---------------|
|                             |                            | Inferior   | Superior | Mais provável |
| Gasto mensal                | m <sup>3</sup> /pessoa/mês | 3          | 5        | 4             |
| Número pessoas na casa      | pessoa                     | 2          | 5        | 3,5           |
| Descarga na bacia           | Descarga/pessoa/dia        | 4          | 6        | 5             |
| Volume de descarga          | Litros/descarga            | 6,8        | 18       | 9             |
| Vazamento bacias sanitárias | Porcentagem                | 0          | 30       | 9             |
| Frequência de banho         | Banho/pessoa/dia           | 0          | 1        | 1             |
| Duração do banho            | Minutos                    | 5          | 15       | 7,3           |
| Vazão dos chuveiros         | Litros/segundo             | 0,08       | 0,30     | 0,15          |
| Uso da banheira             | Banho/pessoa/dia           | 0          | 0,2      | 0,1           |
| Volume de água              | Litros/banho               | 113        | 189      | 113           |
| Máquina de lavar pratos     | Carga/pessoa/dia           | 0,1        | 0,3      | 0,1           |
| Volume de água              | Litro/ciclo                | 18         | 70       | 18            |
| Máquina de lavar roupa      | Carga/pessoa/dia           | 0,2        | 0,37     | 0,37          |
| Volume de água              | Litro/ciclo                | 108        | 189      | 108           |
| Torneira da cozinha         | Minuto/pessoa/dia          | 0,5        | 4        | 4             |
| Vazão da torneira           | Litros/segundo             | 0,126      | 0,189    | 0,15          |
| Torneira de banheiro        | Minuto/pessoa/dia          | 0,5        | 4        | 4             |
| Vazão da torneira           | Litros/segundo             | 0,126      | 0,189    | 0,15          |

**Nota: foi considerada a pressão nas instalações de 40m.ca.**

Fonte: Tomaz (2010)

No Quadro 2 é descrito os locais e parâmetros para cálculos de estimativas de consumo de água residencial.

Considerando que o volume da bacia sanitária é de aproximadamente 09 litros/descarga, Tomaz (2010) afirma que uma família de 05 pessoas gasta em média 6,75 m<sup>3</sup> de água

tratada/mês apenas com a bacia sanitária. Haja vista que cada pessoa utiliza em média 05 vezes/dia este aparelho.

**Quadro 3** – Estimativas de demanda residencial de água potável para uso externo.

| Uso externo                     | Unidades                  | Valores   |
|---------------------------------|---------------------------|-----------|
| Casas com piscina               | Porcentagem               | 0,1       |
| Gramado ou jardim               | Litros/dia/m <sup>2</sup> | 2         |
| Lavagem de carros               | litros/lavagem/carro      | 150       |
| Lavagem de carros: frequência   | Lavagem/mês               | 4         |
| Mangueira. de jardim 1/2"x20m.  | Litros/dia                | 50        |
| Manutenção de piscina           | litros/dia/m <sup>2</sup> | 3         |
| Perdas p/ evaporação em piscina | Litros/dia/m <sup>2</sup> | 5,75      |
| Reenchimento de piscinas        | anos                      | 10        |
| Tamanho da casa                 | m <sup>2</sup>            | 30 a 450  |
| Tamanho do lote                 | m <sup>2</sup>            | 125 a 750 |

Fonte: Tomaz (2010)

Para lavagem de carros, como ilustrado no Quadro 3, Tomaz (2010) considera que seja consumido aproximadamente 0,6 m<sup>3</sup> de água tratada/mês por veículo, considerando uma frequência de 04 lavagens/mês e o uso de 150 litros por lavagem.

De acordo com Silva J. (2018?), a economia de água tratada que pode ser obtida por uma família de 04 pessoas, caso a mesma utilize uma fonte alternativa de aproveitamento de água de chuva, para uso em atividades que não exijam potabilidade é de 11.732 litros/mês. Conforme apresentado no Quadro 4.

**Quadro 4** – Volume médio de água que pode ser economizada em uma residência

| Consumo             | Cálculo   | Resultado                  |
|---------------------|---|----------------------------|
| Vaso sanitário      | (4 pessoas) x (5 descargas) x (9 litros) x (1.08 vazamento) x (30 dias) | 5832 litros                |
| Área de jardim      | (200 m <sup>2</sup> ) x (2 l/dia/m <sup>2</sup> ) x (12 vezes/mês)      | 4800 litros                |
| Lavagem de carro    | (1 carro) x (4 vezes/mês) x (150 litros/lavagem)                        | 600 litros                 |
| Mangueira de jardim | (50 litros/dias) x (supondo 10 dias)                                    | 500 litros                 |
|                     |   | <b>Total: 11732 Litros</b> |

Fonte: Silva, J. (2018?)

Nessa ilustração Silva J. (2018) apresenta como referência uma residência unifamiliar, com área construída de 300 m<sup>2</sup>, situada em um terreno com 600 m<sup>2</sup>, um automóvel e área de

jardim de 200 m<sup>2</sup>, com 12 regas ao mês. A bacia sanitária apresentada consome 09 litros/descargas e foi considerado um vazamento de 8% após o acionamento da válvula.

Rupp, *et al* (2011), relata que através de experimentos na região Sul do Brasil, fora possível obter uma economia simultânea de água potável de 34,5% na utilização de água de chuva em duas residências localizadas na cidade de Palhoça/SC, e economia de 40,66%, utilizando o mesmo sistema em um conjunto habitacional de três blocos, na mesma cidade.

#### 4.1 Exemplo na cidade de Teófilo Otoni/MG

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando as médias de precipitação acumulada de 1981 a 2010, a cidade de Teófilo Otoni/MG possui média anual de 1064,5 mm de chuva (Figura 5).

**Figura 5** – Gráfico de precipitação anual de chuvas – Teófilo Otoni/MG.

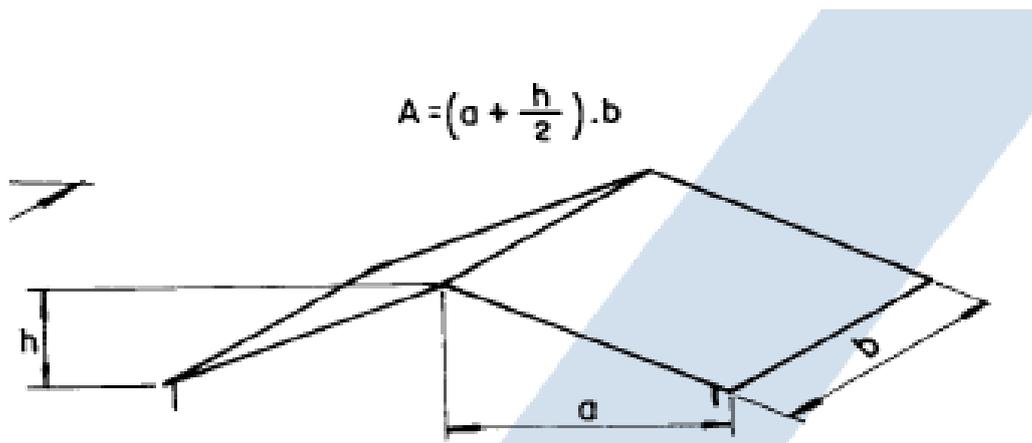


Fonte: INMET

Na Figura 5 é ilustrado a pluviosidade média no município de Teófilo Otoni.

Considerando que uma residência popular possui em média de 70 a 80m<sup>2</sup>, sendo para efeito de simulação adotado um telhado de 8x9m, totalizando 72m<sup>2</sup>, com telhado cerâmico e inclinação de 30%, obtém-se o esperado de acordo com a Figura 6:

**Figura 6** – Esquema de telhado.



Fonte: Tomaz (2010).

$$a = 4\text{m}$$

$$b = 9\text{m}$$

$$I = 30\% : 4\text{m} \times 0,3 = h = 1,2\text{ m}$$

$$A = (4 + 1,2/2) \times 9 = 41,4\text{m}^2$$

Como foi adotado um exemplo de 2 águas, totaliza-se 82,4 m<sup>2</sup> de área total da cobertura.

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

$$V = 1064,5 \times 82,4 \times 0,8 \times 0,85$$

$$V = 59.646,064 \text{ litros}$$

A partir desses dados, utilizando a fórmula contida na NBR 15527/07, chega-se ao volume de 59,65 m<sup>3</sup>, em um período de 12 meses, conforme modelo adotado.

Em estudos realizados por Salomão, *et al* (2019) para verificar a economia obtida através da captação e utilização da água de chuva a fim de reduzir o uso de água potável na Universidade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni/MG, utilizando uma área total de 2266 m<sup>2</sup>, correspondente a cobertura dos 02 blocos da referida unidade, constatou-se que é possível alcançar uma economia de 76,23% caso utilize o volume captado para descargas de banheiro e limpeza geral da faculdade.

Para o estudo apresentado, Salomão, *et al* (2019) utilizou dados pluviométricos registrados na região de Teófilo Otoni/MG entre os anos de 1945 a 2016, onde fora constatado

uma média anual de 991,50 mm. Nesse período foi verificado que houve 10 anos com média abaixo de 700mm (14%), 40 anos com média entre 700 e 1100mm (58%) e 20 anos com média acima de 1100mm (28%). O Quadro 5, apresenta a média pluviométrica mensal e anual registrada.

**Quadro 5** – Média pluviométrica registrada no período de 70 anos na região de Teófilo Otoni/MG.

| MES<br>ES                 | JA<br>N    | FE<br>V   | MA<br>R    | AB<br>R   | M<br>A<br>I | JU<br>N   | JU<br>L   | AG<br>O   | SE<br>T   | OU<br>T   | NO<br>V    | DE<br>Z    | TOT<br>AL  |
|---------------------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Mé<br>di<br>a<br><br>(mm) | 144,<br>70 | 87,<br>90 | 110,<br>40 | 68,<br>60 | 36,<br>40   | 29,<br>30 | 32,<br>00 | 22,<br>40 | 29,<br>30 | 85,<br>50 | 169,<br>60 | 175,<br>40 | 991,5<br>0 |

Fonte: Salomão, P.E.A (2019)

No Quadro 5 é ilustrado os dados pluviométricos da cidade de Teófilo Otoni nos últimos 70 anos nos 12 meses do ano.

May (2009) considera o sistema de captação de águas de chuvas extremamente relevante, pois além de reduzir o número de inundações, a mesma apresenta uma enorme economia de água potável, podendo ser utilizada em lavagens de veículos, regas de jardins, vasos sanitários, sistemas de combate a incêndio e outras atividades que não exijam potabilidade (Catulé *et al.* 2018).

Após instalação, o sistema de aproveitamento de água de chuvas exige apenas cuidados operacionais periódicos, a fim de eliminar sujidades que comprometam o seu funcionamento e a qualidade da água captada.

Dos Santos e Ricciardi (2013) ressaltam que além das vantagens econômicas, o sistema de aproveitamento de água da chuva, contribui na redução do consumo e uso adequado da água potável tratada, e minimiza o escoamento do alto volume de água nas redes pluviais urbanas durante os períodos de chuvas, evitando sobrecarga e alagamento em áreas onde as tubulações não conseguem absorver todo o volume despejado, reduzindo o número de inundações e extensões de prejuízos.

Outro fator de suma importância é que esta alternativa contribui para que haja redução do consumo energético e da necessidade de construção de novas barragens, pois reduz

significativamente as exigências dos sistemas de abastecimento de água e de drenagens de águas pluviais, minimizando, sobretudo uma série de impactos ambientais.

## **5. Considerações Finais**

Por meio deste estudo, foi possível avaliar o potencial de economia de água tratada que pode ser obtido por meio da implantação de um sistema de captação, armazenamento e aproveitamento de água de chuva.

Este método demonstra-se eficaz e economicamente viável, gerando uma redução significativa do uso da água tratada; podendo ser utilizado tanto nas regiões de seca, como em locais de maior infraestrutura, a fim de reduzir custos e diminuir o consumo de água potável, evitando dessa maneira, que a mesma seja utilizada em situações em que sua potabilidade não seja necessária.

Apesar de ser recomendada apenas para fins não potáveis, tratamentos simples podem ser empregados para que a água de chuva seja utilizada em outras finalidades, porém é importante que sejam feitos estudos mais detalhados para analisar a qualidade hídrica e microbiológica da mesma.

Além das vantagens ambientais e econômicas que a implantação deste sistema pode trazer, tal medida favorece também o sistema de drenagem urbana, fazendo com que haja redução do volume escoado, amenizando impactos e ocorrência de enchentes ou inundações.

O custo de implantação do sistema é relativamente pequeno, se comparado com a redução gradativa nas tarifas de água e esgoto; o que justifica a sua viabilidade.

Fica como sugestão de trabalho futuros, cálculos mais aprofundados no aproveitamento de esgoto doméstico e industrial tratado.

## **Referências**

ANA. (2017). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. 2017*. Website da Agência Nacional de Águas (ANA). Acessado em março de 2020, de <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf>

ABNT. (2007). NBR 15.527. *Água de Chuva – Aproveitamento da água da chuva nas coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT Rio de Janeiro, 2007.

Brasil.(1997). *Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art, v. 21.*

\_\_\_\_\_. (2017). *Lei Federal nº 13.501 de 30 de outubro de 2017. Altera o art. 2o da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos*. Brasília, 30 out. 2017.

Gomes, M. A. F. (2011). *Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã. Embrapa Meio Ambiente, mar.*

Guterres, A. R., & Junior, S. D. M. *ÁGUA: RECURSO ABUNDANTE OU ESCASSO?*

Instituto Nacional de Meteorologia - Normais climatológicas do Brasil. Acessado em: 29 de fevereiro, 2020, de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>

May, S. (2009). *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Pena, R. F. A.. "Distribuição da água no mundo"; *Brasil Escola*. Acessado em 14 março, 2020, de <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>

Piterman, A., & Greco, R. M. (2005). A água seus caminhos e descaminhos entre os povos. *Revista APS*, 8(2), 151-164.

Proença, L. C., & Ghisi, E. (2009). Estimativa de usos finais de água em quatro edifícios de escritórios localizados em Florianópolis. *Ambiente Construído*, 9(3), 95-108.

Rebouças, A. (2015). *Uso inteligente da água*. Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda..

Rupp, R. F., Munarim, U., & Ghisi, E. (2011). Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. *Ambiente Construído*, 11(4), 47-64.

Salomão, P. E. A., de Almeida, T. G., Rhis, A. R., & Coelho, S. S. F. (2019). Reaproveitamento de água pluvial: estudo de caso na Universidade Presidente Antônio Carlos-Teófilo Otoni-MG. *Research, Society and Development*, 8(5), 32.

Santos, J. A., & Ricciardi, T. R. (2013). Estudo sobre o potencial de aproveitamento de água de chuva na faculdade de engenharia mecânica (FEM). *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, 9(1).

Catulé, P. F., Salomão, P. E. A., Cangussú, L., & de Carvalho, P. H. V. (2018). Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso de água da chuva no município de Teófilo Otoni-MG. *Research, Society and Development*, 7(11), 13.

São Paulo. (2014). *Lei Municipal nº 16.402, de 22 de março de 2016 disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no município de São Paulo*, de acordo com a lei nº 16.050, de 31 de julho.

Silva, A. D. S *et al.* (2007). Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. *Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

Tomaz, P. (2003). *Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis*. Navegar.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Pedro Emílio Amador Salomão – 20%

Sebastião Silva de Oliveira – 40%

Wálisson Alves Liesner – 40%