

Avaliação do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edifício residencial, localizado no bairro Janga, na cidade de Paulista/PE.

Evaluation of harvesting the rainwater for non-potable purposes in residential building, located in the Janga district, at Paulista city /PE.

Evaluación del aprovechamiento del agua de lluvia para fines no potables en edificio residencial, localizado en el barrio Janga, en la ciudad de Paulista/PE.

Ana Paula de Lima Borges

Graduada em Engenharia Civil, Recife/PE, Brasil
anapl.borges@gmail.com

Micaella Raíssa Falcão de Moura

Doutoranda em Engenharia Civil, Recife/PE, Brasil.
micaellaraissa@hotmail.com

Alisson Caetano da Silva

Doutorando em Engenharia Civil, Recife/PE, Brasil.
alissoncaetanodasilva@hotmail.com

RESUMO

A água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida. Questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais importantes. As águas pluviais devidamente tratadas e livres de riscos à saúde de seus usuários podem ser utilizadas no consumo não potável em edificações. A captação, o armazenamento e a utilização de água de chuva em áreas urbanas podem impactar positivamente nos sistemas de drenagem urbana e no sistema público de abastecimento, reduzindo a demanda e o consumo de água potável. A eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva depende do tamanho do reservatório, da área de captação do telhado, da demanda a ser atendida e do regime pluviométrico da região. Um dos componentes de grande impacto deste sistema é o reservatório de água de chuva, cuja seleção por meio de dimensionamento é o objeto de estudo deste trabalho. Este trabalho apresenta um estudo comparativo entre os seis métodos de dimensionamento de reservatório de águas pluviais existentes na norma brasileira NBR 15.527/2007. Por meio dessa análise foi possível dimensionar o reservatório de armazenamento em relação ao volume de reservação de águas de chuva, visando otimizar a relação entre a disponibilidade da água pluvial e a demanda da mesma na edificação. Os resultados obtidos mostraram que o volume de armazenamento mais indicado é de 20 m³ para a edificação em estudo, satisfazendo percentual superior a 80% da demanda não potável da edificação, demonstrando a eficiência do sistema, sem torná-lo oneroso para execução.

PALAVRAS-CHAVE: Dimensionamento de reservatório; Eficiência; Reutilização da água da chuva.

ABSTRACT

Water is a limited and indispensable natural resource for life. Issues about the conservation and preservation of water resources are becoming more important. Properly treated rainwater can be used for non-potable use in buildings provided that its use does not pose a risk to the health of its users. The capture, storage and use of rainwater in urban areas can positively impact the urban drainage system because it reduces the volume of water inflow to the system, the public water supply system, and the demand and consumption of drinking water. The efficiency of the rainwater harvesting system is mainly due to the size of the reservoir, to the catchment area of the roof, and to the demand to be met and the pluviometric regime of the region. One of the components of the great impact of this system is the rainwater reservoir, which selection through sizing is one of the scopes of this work. This work applied and compared the six existing methods in the Brazilian standard NBR 15.527 / 2007. In order to allow the verification of the percentage of clear water used for non-potable purposes, which could be replaced by rainwater. The results of the analysis show that the most indicated storage volume is 20m³ for the building under study as long as the volume meets a percentage higher than 80% of the non-potable construction of the building, and so it demonstrates the efficiency of the system and not making it costly to execute.

KEYWORDS: Reservoir dimensioning; Efficiency; Reuse of Rainwater.

RESUMEN

El agua es un recurso natural limitado e indispensable para la vida. Cuestiones sobre conservación y preservación de los recursos hídricos que son cada vez más importantes. El agua de lluvia tratada adecuadamente y sin riesgos para sus usuarios se puede utilizar para consumo no potable en edificios. La recolección, el almacenamiento y el uso del agua de lluvia en las áreas urbanas pueden impactar positivamente el sistema de drenaje urbano y el sistema de suministro público, registrar la demanda y consumir agua potable. La eficiencia del sistema de recolección de agua de lluvia depende del tamaño del embalse, el área de captación del techo, la demanda de un servicio residencial y de las precipitaciones de la región. Uno de los principales componentes de impacto de este sistema es el reservorio de agua de lluvia, cuya selección por dimensionamiento es el objeto de estudio de este trabajo. Este trabajo presenta un estudio comparativo entre los métodos de dimensionamiento de depósitos de agua de lluvia existentes en la norma brasileña NBR 15.527 / 2007. A través de este análisis fue posible dimensionar el depósito de almacenamiento en relación con el volumen del depósito de agua de lluvia, utilizando para optimizar La relación entre la disponibilidad de agua de lluvia y su demanda en el edificio. Los resultados muestran que el volumen de almacenamiento más indicado es de 20 m³ para un edificio en estudio, satisfaciendo más del 80% de la demanda no potable del edificio, lo que demuestra la eficiencia del sistema, sin probar el rendimiento de la ejecución.

Palabras clave: Dimensionamiento de cisterna; Eficiencia; Reutilización de agua de lluvia

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desenfreado dos centros urbanos e a elevação do padrão de vida da humanidade têm elevado o consumo de água potável em proporções insustentáveis. Além disso, as mudanças climáticas e a poluição dos mananciais têm feito com que haja água em abundância em determinadas regiões e escassez de água em outras (SCHEWE et al., 2014). Segundo Keeler e Burke (2010), a utilização dos recursos naturais pelo homem na atualidade ultrapassa a capacidade de regeneração do planeta.

Os principais motivadores que induzem ao aumento do consumo de água são o aumento da demanda e o crescimento desordenado e intensificado da população, em especial nos grandes centros urbanos. De mesmo modo, as alterações climáticas contribuem para a modificação do ciclo hidrológico e para a poluição das reservas hídricas (DALSERNTER, 2016).

Conforme Campos e Azevedo (2013), pesquisas da Organização das Nações Unidas (ONU) mostram que, até 2025, há probabilidade de que dois terços da população do planeta passem por escassez moderada ou grave de água, caso sejam conservados os hábitos de consumo e os elevados padrões de poluição.

Outro fator agravante é o desequilíbrio geográfico que existe entre a oferta de água e a sua necessidade, o que acaba ocasionando as crises de abastecimento em determinadas regiões. Conforme Tomaz (2010), a Região Sudeste do Brasil é a que apresenta o maior índice populacional do país e, no entanto dispõe apenas de 6,0% dos recursos hídricos. Já a Região Norte concentra 68,5% dos recursos hídricos e apresenta uma pequena parcela da população total do país.

A divulgação de informações relacionadas ao risco de desprovimento de água tem melhorado a compreensão e, conseqüentemente, a conscientização da população com relação à importância do uso desse recurso. O aumento do consumo descontrolado gera a necessidade de busca por alternativas para minimização dos custos e a urgência da criação de alternativas de sua reutilização (MAY, 2004).

Segundo MAY (2004) a implementação de dispositivos de captação da água de chuva pode proporcionar uma variedade de benefícios sociais e ecológicos, tanto em relação ao fornecimento de água, como também relacionado ao tratamento e distribuição e à gestão de águas pluviais. A exploração da água da chuva possui muitos benefícios, como a capacidade de reduzir a utilização de água potável provida pela concessionária local, de minorar ameaças de enchentes e de colaborar com a conservação do meio ambiente, diminuindo a falta dos recursos hídricos.

Segundo Tomaz (2010), pesquisas demonstram que a captação de água da chuva reduz em 30% o consumo de água potável oriunda do sistema de abastecimento. Dalsenter (2016) descreve que o aproveitamento de água da chuva, além de proporcionar uma redução de água potável, pode também auxiliar na minimização de enchentes causadas por chuvas com grande volume pluviométrico em pequeno intervalo de tempo nos grandes centros urbanos. Dado que o solo dos centros urbanos é impermeável, em dias de grandes chuvas, não há o processo de

infiltração de água e o sistema de drenagem é ineficiente para atender à demanda, o que ocasiona os alagamentos. Com o sistema de captação, uma parte da água da chuva será captada e armazenada, minimizando o volume necessário a ser atendido pelo sistema de drenagem.

Considerando o exposto, o presente estudo consiste no dimensionamento do reservatório ideal para uma edificação multifamiliar composta por dois pavimentos, com 8 unidades privativas, localizado no município de Paulista, bairro Janga, estado de Pernambuco. Seguindo as metodologias previstas na NBR 15.527 (2007). Além disso, pretende-se demonstrar a eficiência do sistema de aproveitamento de água pluvial, de modo a atrair o interesse por parte da população para utilização do sistema de aproveitamento.

2 METODOLOGIA

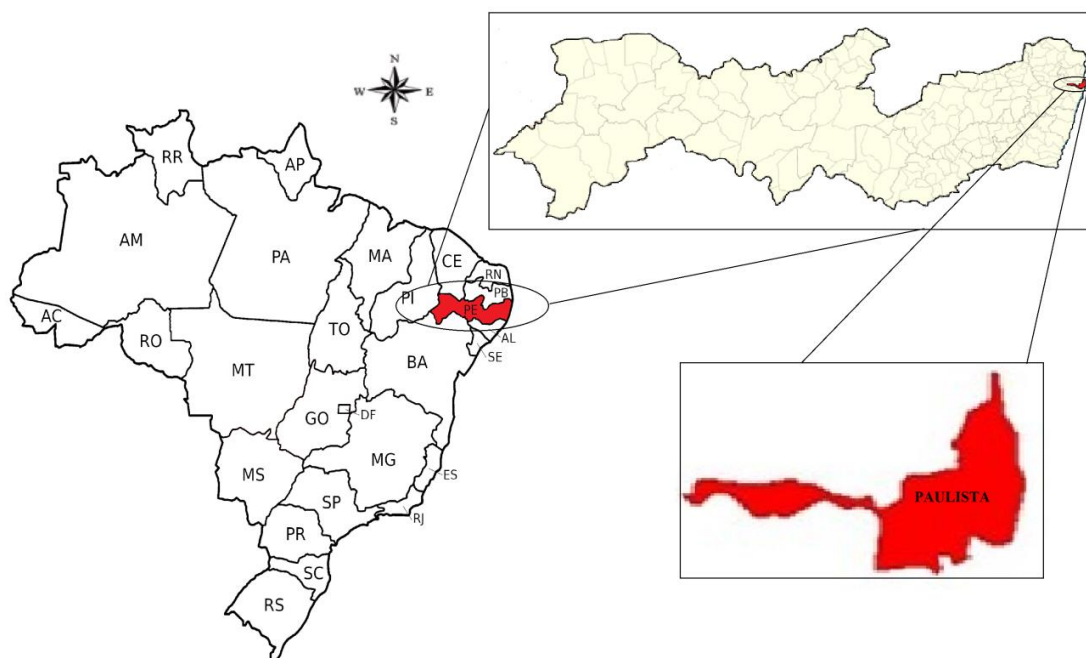
O procedimento metodológico deste trabalho consistiu no estudo do dimensionamento de um reservatório para armazenamento de água pluvial em uma edificação de tipologia multifamiliar já construída. As diretrizes de dimensionamento utilizadas foram as especificadas na NBR 15.527/2007, que consiste em 6 métodos, nos quais ela afirma que o dimensionamento pode variar de região para região (em função da pluviosidade característica) e dos objetivos finais de implantação do sistema.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A edificação em estudo está inserida no Município de Paulista, Região Metropolitana do Recife (RMR), Pernambuco – Brasil, conforme a Figura 1. O município se estende por 97,4 km², é vizinho dos municípios de Olinda, Abreu e Lima e Recife. Paulista se situa a 8 km ao Norte-Oeste de Olinda. Localizada nas coordenadas geográficas de latitude 07°56'24"S e longitude 34°52'20" O, a uma altitude de 16 metros. Distante 12,8 km da capital do Estado de Pernambuco.

Destaca-se a relevância deste estudo no município em questão, tendo em vista sua vulnerabilidade em termos de infraestrutura urbana (IPEA, 2015).

Figura 1: Mapa do Brasil, mapa do Estado de Pernambuco. Em destaque o município de Paulista.



Fonte: Prefeitura do Paulista com adaptações dos autores, 2019.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO E LEVANTAMENTO DE DADOS

A fim de caracterizar o objeto de estudo deste trabalho foram realizadas visitas ao local para levantamento arquitetônico do imóvel e elaboração do projeto básico do sistema de reaproveitamento das águas pluviais. A partir do levantamento arquitetônico foram levantados dados referentes ao número máximo de usuários da edificação e as atividades consumidoras de água potável a serem substituídas por água não potável.

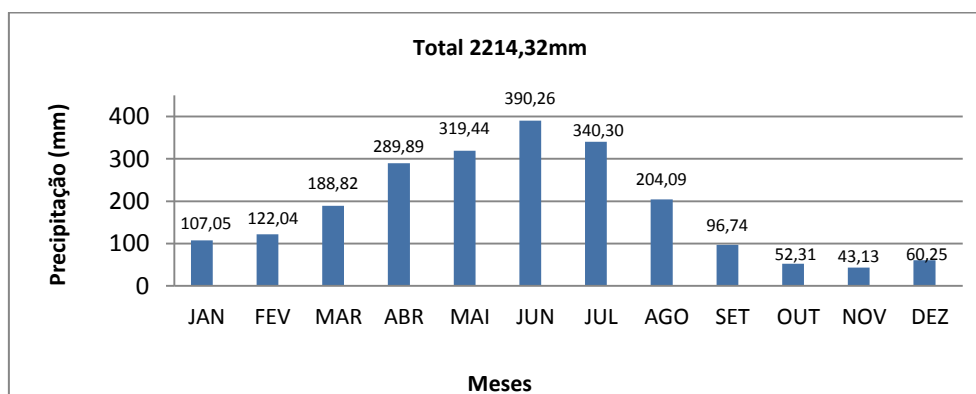
Os dados pluviométricos necessários para determinação da área de captação do sistema e do reservatório de armazenamento foram obtidos a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INMET, 2019), localizada no bairro do Curado (Código 82900) devido à proximidade com a área em estudo, e por ter uma boa disponibilidade de dados.

2.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A Região Metropolitana de Recife, por estar localizada no litoral do Brasil, é caracterizada por uma boa oferta de chuvas, quando verificado o volume total anual de precipitação. No entanto, sua distribuição temporal é bastante irregular, concentrada em poucos meses do ano. O período dos dados utilizados no estudo foi de 1988 a 2018, totalizando 30 anos, na Figura 2 é possível observar as médias mensais. A precipitação média mensal no período para o

respectivo posto é de 184,53 mm. Destaca-se a existência de quatro meses de estiagem, compreendidos entre setembro e dezembro.

Figura 2: Médias mensais pluviométricas em (mm) da estação Curado (1988-2018).



Fonte: Adaptado de INMET, 2019.

2.4 CAPTAÇÃO E MANEJO DA ÁGUA DE CHUVA

Para a instalação e elaboração de um sistema de coleta de água pluvial para fins não potáveis é necessário a realização da coleta de dados a fim de precisar um modelo de sistema de captação e uso da água pluvial que demonstre, não apenas economia, mas também aplicabilidade e longevidade para ser executado (BELO, NASCIMENTO, 2010).

Segundo Dornelles (2012) o principal ponto que influencia para tornar viável financeiramente o sistema de aproveitamento de água de chuva é a capacidade de reservação de água.

Os sistemas de coleta de águas pluviais para fins não potáveis possuem a seguinte ação: captação, transporte, reservação e consumo. Segundo Tomaz (2010), a irrigação de jardins, a descarga de vasos sanitários, a lavagem de veículos, a lavagem de garagens e quintais, o resfriamento de sistemas de ar condicionado e os sistemas de prevenção de combate contra incêndio são as principais aplicabilidades da água captada.

A captação da água pode ser realizada através de telhados, coberturas e marquises; é necessário, para isso, a utilização de técnicas para operação desse sistema como o escoamento de excedente da água da chuva proveniente das chuvas superabundantes, assim como é recomendada a eliminação da água da primeira chuva, devido ao acúmulo de impurezas preexistente nos telhados (FENDRISH, OLIYNIK, 2002). A captação da água da chuva pode ser realizada em telhados inclinados e ou planos, ou em áreas impermeáveis, onde não ocorra a circulação de pessoas ou veículos (TOMAZ, 2010).

Para Tomaz (2010), normalmente a coleta ocorre através das coberturas de residências, podendo ser de telhas de cerâmica, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, entre outros. Segundo May (2004) e Prado e Muller (2007), é indispensável a instalação de condutores verticais e horizontais para a captação da água, que são as tubulações e as calhas do sistema que transportam a água pluvial até o reservatório. As calhas podem ser fabricadas em chapas

galvanizadas, alumínio e PVC e as características de resistência e aplicabilidade quanto ao material de fabricação das calhas devem ser analisadas, pois devem ser fabricadas com materiais que resistam à corrosão e que não sejam afetadas por mudanças térmicas, assim como, é imprescindível que sejam lisas, leves e rígidas, e que tenham longa durabilidade (TOMAZ, 2011). A ABNT NBR 15.527/2007 recomenda que, as calhas e condutores atendam à ABNT NBR 10844/1989.

De acordo com Tomaz (2011), o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Dessa forma, o tipo de material da cobertura influencia na parcela de perda volumétrica de água captada. Materiais porosos como telhas de fibrocimento, concreto e cerâmica apresentam maiores perdas, já telhados metálicos são as mais eficientes. Dornelles (2012) defende que a perda que ocorre na superfície da cobertura é oriunda da saturação do material e da evaporação, consistindo em uma perda praticamente constante, sendo significativa apenas para as menores precipitações.

2.4.1 Área de contribuição do telhado

As áreas de contribuição adotadas para dimensionamento dos condutores e das calhas são aquelas que interceptam a água da chuva, como a seguir: a área de cobertura com os incrementos devido à inclinação e as áreas de parede tendo em vista que a ação do vento ocasiona um ângulo de inclinação na chuva (NOBREGA, 2007).

Para o cálculo das áreas de contribuição foram utilizadas as fórmulas apresentadas na norma NBR 10.844/1989. Área total de contribuição possui total de 282,32 m².

2.5 CÁLCULO DA DEMANDA NÃO POTÁVEL A SER SUPRIDA

O número de moradores interfere diretamente no consumo de água, e é por isso que esta variável também foi avaliada. O edifício multifamiliar em estudo possui 8 (oito) unidades privativas, cada unidade com 2 (dois) quartos sociais. Variáveis do tipo área de jardim, número de descargas diárias por pessoa também foram avaliadas. De acordo com Creder (2006), para residências e apartamentos devem ser considerado 2 (dois) habitantes por dormitório.

O resumo da demanda não potáveis pode ser verificado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Demanda não potável a ser suprida para uso interno e para uso externo.

Uso interno / externo	Consumo em m ³ /mês
Bacia sanitária	35,23
Gramado ou jardim	0,16
Total	35,39

Fonte: Autores (2019).

2.6 SELEÇÃO DO RESERVATÓRIO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Conforme Thomas (2001), o item mais oneroso do sistema de utilização de água de chuva é o reservatório que deve ser dimensionado criteriosamente. Ele representa uma variação entre

50% e 85% do custo total do sistema de captação de chuva. Assim, sua escolha possui grande influência na viabilidade financeira do sistema.

Um reservatório para aproveitamento de água pluvial não pode permanecer por um longo período ocioso (AMORIM, 2008), bem como não pode provocar o desperdício de água pluvial em detrimento ao atendimento da demanda necessária. Porém, a norma NBR 15.527/2007 (ABNT, 2007), que mostra as diretrizes de projeto e dimensionamento de um reservatório para captação de água de chuva, não afirma que tempo de ociosidade seria esse, pois o dimensionamento pode variar de região para região (em função da pluviosidade característica), e dos objetivos finais de implantação do sistema.

Os métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais partem da suposição de que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda e que nem sempre será possível armazenar toda a água pluvial precipitada, seja por questões físicas ou econômicas. Isso significa que o volume do reservatório deve estar equilibrado nesses dois fatores limitantes. Para dimensionamento do reservatório, a NBR 15.527 recomenda seis métodos diferentes, descritos abaixo:

2.6.1 Método de Rippl

O Método de Rippl consiste na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registrada considerando que nem toda a água precipitada seja coletada. Tal volume é então correlacionado ao consumo mensal da edificação que pode ser constante ou variável (AMORIM, PEREIRA, 2008). Para Tomaz (2010) o método fornece o valor máximo do volume do reservatório sendo muito utilizado em regiões onde há variações grandes entre as precipitações médias mensais. Geralmente, o método proporciona um superdimensionamento do reservatório, mas é indicada a sua utilização para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de água da chuva. Para os cálculos dos volumes aproveitáveis de água pluvial utilizamos a Equação 1 e os resultados podem ser verificados na Tabela 2.

$$Q(t) = P(t) \times A \times C \quad (1)$$

Utilizar os seguintes dados para dimensionamento:

$P(t)$ = Precipitação no tempo t (mm);

C = coeficiente de escoamento superficial, no presente estudo adotou-se 0,85;

A = Área de captação (m^2).

2.6.2 Método da Simulação

Esse método baseia-se na determinação do percentual de consumo que será atendido em função de um tamanho de reservatório previamente definido. Trata-se de um método de tentativas e erros com a finalidade de acompanhar a eficiência do volume do reservatório para o sistema de captação o qual visa evitar gastos excessivos, como também a ineficiência na economia de água (TOMAZ, 2010). Inicia-se o dimensionamento do reservatório de chuva

calculando o volume de água pluvial no tempo t e o volume de água pluvial no reservatório no tempo t , através da Equação 2 que deve ser aplicada para cada mês do ano, a NBR 15.527/2007 ressalta que a evaporação da água não deve ser levada em conta. Os resultados podem ser verificados na Tabela 3

$$Q(t) = C \times P \times A \quad (2)$$

Utilizar os seguintes dados para dimensionamento:

$Q(t)$ = é o volume de água pluvial no tempo t (L);

C = é o coeficiente de escoamento superficial, no presente estudo adotou-se 0,85;

P = é a precipitação média no tempo t (mm);

A = é a área de captação em projeção no terreno (m^2);

2.6.3 Método de Azevedo Neto

O método de Azevedo Neto é diferente dos demais, pois leva em conta a precipitação média anual e os meses de pouca precipitação ou seca. A NBR 15527(ABNT, 2007) não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva. Então, foram considerados quatro meses de pouca ou nenhuma chuva, pois em 4 meses do ano a precipitação média mensal é insuficiente para atender o mínimo de 80% da demanda. Para o dimensionamento utilizamos a Equação 3 e os resultados podem ser verificados na Tabela 4.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (3)$$

Utilizar os seguintes dados para dimensionamento:

P = é o valor numérico da precipitação, representado em (mm);

T = é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = é o valor numérico da área de coleta em projeção, representado em (m^2);

V = é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, representado em (L).

1/1000 = conversão de unidade mm para m.

2.6.4 Método Prático Alemão

Neste método, o volume do reservatório de água pluvial será, simplesmente, o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável conforme Equação 4. Os resultados podem ser verificados na Tabela 5.

$$\text{Vadotado} = \text{mínimo} \begin{cases} V \times 0,06 \\ D \times 0,06 \end{cases} \quad (4)$$

Utilizar os seguintes dados para dimensionamento:

Vadotado = é o valor do reservatório, representado em (L).

D = é a demanda anual da água não potável, representada em (L).

V = é o volume da água pluvial anual, representada em (L).

2.6.5 Método Prático Inglês

Para o dimensionamento do reservatório de água pluvial pelo método Prático Inglês, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), deve-se utilizar a Equação 5. Foi considerada a precipitação média anual de 2214,32mm, conforme os dados pluviométricos da estação monitorada pelo INMET, e área de captação de 282,32m². O resultado pode ser verificado na Tabela 6.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (5)$$

Utilizar os seguintes dados para dimensionamento:

V = é o volume da água pluvial ou volume do reservatório de água pluvial, representada em (L);

P = é a precipitação média anual, representada em (mm);

A = é a área de captação em projeção no terreno (m²).

2.6.6 Método Prático Australiano

No último método sugerido pela NBR 15527/2007, primeiramente, calcula-se o volume de água pluvial por meio da Equação 6. Também se faz necessário a diminuição de 2 mm de chuva das precipitações mensais podendo ser verificado na Tabela 7.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (6)$$

Utilizar os seguintes dados para dimensionamento:

Q = é o volume mensal de água pluvial, representada em (L);

P = é a precipitação média anual, representada em (mm);

A = é a área de captação em projeção no terreno (m²);

I = é a interceptação da água que molha as superfícies e as perdas por evaporação (segundo recomendação da NBR 15527/2007), que é de 2 mm.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas através da Equação 7 (em que para o primeiro mês se considera o reservatório vazio) até que seja alcançado um valor dentro de um intervalo de confiança de 90% a 99% conforme recomendação da NBR 15527/2007.

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t) \quad (7)$$

Utilizar os seguintes dados para dimensionamento:

V(t) = é o volume de água pluvial que está no reservatório no fim do mês t, em (L);

V(t-1) = é o volume de água pluvial que está no reservatório no início do mês t, em (L);

Q(t) = é o volume de água pluvial no mês t, em (L);

Quando $(V(t-1) + Q(t) - D(t)) < 0$, então $V(t) = 0$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Método de Rippl

É notável que entre os meses de setembro a fevereiro ocorre baixa disponibilidade de água pluvial aproveitável sendo inferior a demanda mensal. Entre os meses de março a agosto, o volume aproveitável de chuva atende à demanda como demonstrado na Tabela 2. Por meio da Equação 1 o volume indicado para o reservatório de 203,48m³.

Tabela 2: Dimensionamento de reservatório por método de Rippl.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume aproveitável de chuva mensal (m ³)	Diferença entre demanda mensal e volume aproveitável de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)
Jan	107,05	35,39	282,32	25,69	-9,70	
Fev	122,04	35,39	282,32	29,29	-6,10	
Mar	188,82	35,39	282,32	45,31	9,92	9,92
Abr	289,89	35,39	282,32	69,57	34,18	44,10
Mai	319,44	35,39	282,32	76,66	41,27	85,36
Jun	390,26	35,39	282,32	93,65	58,26	143,63
Jul	340,3	35,39	282,32	81,66	46,27	189,90
Ago	204,09	35,39	282,32	48,98	13,59	203,48
Set	96,74	35,39	282,32	23,21	-12,18	
Out	52,31	35,39	282,32	12,55	-22,84	
Nov	43,13	35,39	282,32	10,35	-25,04	
Dez	60,25	35,39	282,32	14,46	-20,93	
Total	2214,32	424,68		531,37		

Fonte: Autores (2019).

3.2 Método da Simulação

Observando os dados contidos na Tabela 3 referente ao uso de água potável, é possível verificar que o reservatório de 40m³ permite menor suprimento de água potável, porém o reservatório de 20m³ demonstra eficiência mais expressiva ao atendimento da demanda relacionando com o tamanho deste.

Tabela 3: Eficiência em percentual dos reservatórios

Cenários	1	2	3
Volume (m ³)	20	30	40
Uso de água potável (m ³)	76,78	64	56,78
Overflow (m ³)	183,5	173,5	159,4
Demanda atendida pelo sistema (m ³)	347,86	357,86	371,96

Eficiência do sistema	81,91%	84,26%	87,55%
-----------------------	--------	--------	--------

Fonte: Autores (2019).

3.3 Método de Azevedo Neto

Ao se utilizar o Método de Azevedo Neto no dimensionamento de reservatórios para armazenamento de água pluvial, nota-se a importância da variável que mostra o número de meses com pouca chuva considerando que a maioria dos valores adotados aleatoriamente pode resultar em reservatórios maiores do que o tamanho ideal superdimensionando o sistema. O resultado obtido é semelhante ao encontrado por Amorim e Pereira (2008) ao adotarem um valor igual a 2 meses.

Tabela 4: Dimensionamento de reservatório pelo Método de Azevedo Neto, para o T= 4 meses

Precipitação (mm)	Área de captação (m ²)	T (mês)	V (m ³)
2214,32	282,32	1	26,26
2214,32	282,32	2	52,51
2214,32	282,32	3	78,77
2214,32	282,32	4	105,02

Fonte: Autores (2019).

3.4 Método Prático Alemão

Na NBR 15527 (ABNT, 2007) não consta informações técnicas para determinar o volume de água pluvial anual pelo método Prático Alemão, portanto, foi considerado o volume pluviométrico aproveitável encontrado na Equação 1. As demandas anuais de água não potável foram obtidas através dos valores de demanda de água pluvial da Tabela 1 multiplicando aqueles valores por 12 (número de meses referente a 1 ano). Os resultados podem ser verificados na Tabela 5.

Tabela 5: Dimensionamento de reservatório pelo Método Prático Alemão.

	Demanda	V (m ³)
Demanda anual	424,68	25,48
Precipitação anual	2214,32	132,86

Fonte: Autores (2019).

Volume mínimo dimensionado para o reservatório de acordo com o Método Prático Alemão é de 25,48m³. Para o dimensionamento foi utilizado o valor da demanda por ser menor que o valor numérico da precipitação anual, atendendo aos critérios da NBR 15.527/2007.

3.5 Método Prático Inglês

Tabela 6: Dimensionamento de reservatório pelo Método Prático Inglês.

Precipitação (mm)	Área de captação (m ²)	V (L)
2214,32	282,32	31257,34

Fonte: Autores (2019).

3.6 Método Prático Australiano

O volume do reservatório de aproveitamento de água de chuva pelo Método Prático Australiano será de 200,60m³. Nesse caso, conforme a Tabela 7, apenas durante dois meses do ano o reservatório estaria muito abaixo da sua capacidade. Resultado próximo ao resultado proposto pelo método de Rippl, de 203,47 m³.

Tabela 7: Dimensionamento de reservatório pelo Método Prático Australiano.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de Captação (m ²)	Coefficiente de Runoff - C	Intercepção (mm)	Volume mensal de água pluvial - Q (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Vt(m ³)
Jan	107,05	282,32	0,85	2,00	25,21	35,39	-10,18
Fev	122,04	282,32	0,85	2,00	28,81	35,39	-6,58
Mar	188,82	282,32	0,85	2,00	44,83	35,39	9,44
Abr	289,89	282,32	0,85	2,00	69,09	35,39	43,14
Mai	319,44	282,32	0,85	2,00	76,18	35,39	83,92
Jun	390,26	282,32	0,85	2,00	93,17	35,39	141,71
Jul	340,3	282,32	0,85	2,00	81,18	35,39	187,50
Ago	204,09	282,32	0,85	2,00	48,50	35,39	200,60
Set	96,74	282,32	0,85	2,00	22,73	35,39	187,95
Out	52,31	282,32	0,85	2,00	12,07	35,39	164,63
Nov	43,13	282,32	0,85	2,00	9,87	35,39	139,11
Dez	60,25	282,32	0,85	2,00	13,98	35,39	117,70
Total	2214,32						

Fonte: Autores (2019).

Na Tabela 8 são demonstrados os valores resumidos dos volumes dos reservatórios encontrados para cada método. Os reservatórios encontrados pelos métodos da Simulação, Prático Alemão e Prático Inglês possuem valores aproximados, permitindo a escolha do método da Simulação para elaboração do projeto e consequentemente implantação do sistema. A escolha do método foi em função da necessidade de um reservatório que pudesse suprir a demanda de água não potável para um percentual superior a 80% da demanda anual,

levando em consideração a área limitada disponível para instalação e os custos de implantação, a fim de não onerar a proposta do sistema.

Tabela 8: Resumo dos volumes do reservatório, segundo os métodos avaliados.

Métodos	Rippl	Simulação	Azevedo Neto	Prático Alemão	Prático Inglês	Prático Australiano
Volumes (m ³)	203,48	20	105,02	25,48	31,26	200,60

Fonte: Autores (2019).

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho estimou o potencial de economia de água potável obtido por meio da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para uso não potável em uma edificação multifamiliar, localizada na cidade de Paulista, Pernambuco, Brasil. Por meio do levantamento das demandas hídricas da edificação verificou-se um potencial de economia de água potável de 43%, correspondente à água utilizada para fins não potáveis como rega de jardim e descargas.

Desta forma, definiu-se que esse percentual de água potável, que corresponde a um volume de 35.390 litros/mês, poderia ser substituído por água pluvial. De posse da demanda não potável, e também com base nos dados pluviométricos e área de telhado levantado, estimou-se, por meio dos métodos de dimensionamento fornecidos pela NBR 15.527/2007 o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial e o seu respectivo potencial de economia de água potável. O dimensionamento apontou um volume de 20.000 litros como ideal, cujo potencial de atendimento da demanda não potável é equivalente a 81,91%.

Com base nos resultados apresentados pode se dizer que a implantação do sistema de captação de água de chuva para fins não potáveis proposto neste trabalho, demonstrou ser tecnicamente aplicável, tendo em vista que é eficaz no uso da água de chuva, gerando um potencial econômico considerável. Frente à escassez de recursos hídricos, especialmente considerando-se a intensificação desta problemática nos centros urbanos, tal sistema é de suma importância, devido a gama de aplicações possíveis para a água de chuva.

5 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Centro Universitário Estácio do Recife.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10884 – Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 – Água de chuva–Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12. Fortaleza, 2008.

BELO, S.; NASCIMENTO, T., 2010, **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Condomínio Vista Santana.** Projeto de Graduação, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Paulista.

KEELER, M., BURKE, B., 2010, **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Porto Alegre, Editora Bookman.

CAMPOS, M. M; AZEVEDO, F.R. 2013 **Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto.** Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Junior. Juiz de Fora. Edição I. p. 23-42. Disponível em: <http://portal.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf> Acesso em 31 de maio de 2019.

CREDER, H., 2006, **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** Editora LTC, 6ª edição. São Paulo.

DALSENTER, M. E. V., 2016, **Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis – SC.** Projeto de Graduação, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina

DORNELLES, F., 2012, **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

FENDRISH, R; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas Pluviais - 100 Maneiras Praticas.** 1ed.Curitiba: Livraria do CHain Editora, 2002.

INMET, INTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Médias mensais pluviométricas.** Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>.Acesso em: 01 de maio de 2019.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA. Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras. Brasil: Ipea, 2015.

MAY, S., 2004, **Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo, São Paulo.

MAY S.; PRADO R. T. A. 2004 **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo – SP.

NOBREGA, R. L. B., 2007, **Relatório de estágio supervisionado.** Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2007. Disponível em:< http://www.hidro.ufcg.edu.br/tcc_rodolfo.pdf> Acesso em: 15 junho de 2019.

PRADO, G.S., MULLER, M. S. K. **Como construir sistema de reaproveitamento para edifícios.** Revista Técnica, n.128, Editora PINI, São Paulo, SP. 77-80 p., 2007.

SCHEWE, J; HEINKE, J.; GERTEN, D.; HADDELAND, I.; ARNELL, N. W.; CLARK, D. B.; DANKERS, R.; EISNER, S.; FEKETE, B. M.; COLÓN-GONZÁLEZ, F. J.; GOSLING, S. N.; KIM, K.; LIU, X.; MASAKI, Y.; PORTMANN, F. T.; SATOH, Y.; STACKE, T.; TANG, Q.; WADA, Y.; WISSER, D.; ALBRECHT, T.; FRIELER, K.; PIONTEK, F.; WARSZAWSKI, L.; KABAT, P. **Multimodel assessment of water scarcity under climate change.** PNAS, v. 111, n. 9, 2014, pp. 3245-3250.

THOMAS, T., 2001. **Escolha de cisternas para captação de água de chuva no sertão.** In: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de água de Chuva no Semi-árido. Campina Grande. Petrolina: ABCMAC.

TOMAZ, P., **Aproveitamento de água da chuva.** Livro Digital, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov_aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>.Acesso em: 28 de março de 2019.

TOMAZ, P., **Aproveitamento de água de chuva - Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4. ed.. São Paulo: Navegar, 180 p., 2011.