UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CÁSSIO LUIZ FREIRE SANTOS

AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA UM FIM NÃO POTÁVEL: ESTUDO DE CASO PARA O CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE DA UFPE.

Caruaru, 2017

CÁSSIO LUIZ FREIRE SANTOS

AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA UM FIM NÃO POTÁVEL: ESTUDO DE CASO PARA O CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE DA UFPE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste – CAA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Recursos Hídricos
Orientador: Prof. Dr. Artur Paiva Coutinho

Caruaru, 2017

Catalogação na fonte:
Bibliotecária – Marcela Porfírio CRB/4 - 1878

S237a Santos, Cássio Luiz Freire.
Avaliação dos métodos de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva para um fim não potável : estudo de caso para o Centro Acadêmico do Agreste da UFPE. / Cássio Luiz Freire Santos. – 2017.
40f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Artur Paiva Coutinho.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências.

1. Água – Capitação. 2. Águas pluviais. 3. Reservatórios. 4. Cisternas. I. Coutinho, Artur Paiva (Orientador). II. Título.

620 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2017-387)

CÁSSIO LUIZ FREIRE SANTOS

AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA UM FIM NÃO POTÁVEL: ESTUDO DE CASO PARA O CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE DA UFPE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco para a obtenção do grau/título de bacharel/licenciado em Engenharia Civil.

Aprovado em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Profº. Dr. Artur Paiva Coutinho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profº. Dr. Edevaldo Miguel Alves (Avaliador I)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profº. Msc. José Angelim da Silva Neto (Avaliador II)
Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profº. Msc. Severino Martins dos Santos Neto (Avaliador III)
Universidade Federal de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais Clodoaldo e Simone por terem me apoiado em todas as minhas escolhas, além de me proporcionarem amor, cuidado e educação, sempre pensando no meu bem-estar.

A minha Noiva Isabela Andrade por estar sempre ao meu lado, me ajudando e incentivando quando preciso.

A meu Avô Luiz Soares, por sempre estar ao meu lado, torcendo e dando conselhos nas minhas decisões.

A Meus familiares e amigos que sempre me apoiaram nesta caminhada e que contribuíram para a minha formação, tanto pessoal, quanto profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado força e saúde para superar as dificuldades que enfrentei para chegar aqui.

Agradeço aos meus pais, Clodoaldo e Simone, que sempre me apoiaram em todas as fases da minha vida, dedicando-se para me proporcionar sempre o melhor.

A meu irmão Clodoaldo Filho, por sua companhia nas horas boas e ruins, sempre dando força nas minhas decisões. E a toda minha família como avós, tios, tias, primos e primas que contribuíram para minha formação.

A minha noiva Isabela Andrade, por me proporcionar momentos incríveis e alegres mesmo quando estava com baixo astral. Por me apoiar em todas as decisões pessoais e profissionais. E por conceber o meu maior tesouro, minha filha Sofia.

Agradeço aos Professores do curso de Engenharia Civil/UFPE-CAA, pelos ensinamentos, e principalmente ao meu orientador Profº Dr. Artur Paiva Coutinho, sempre me ajudando e orientando no meu progresso acadêmico.

Ao Profº Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva e Profº Saulo de Tarso Marques Bezerra, por serem ótimos profissionais e que me inspiraram, de modo que continuasse a minha jornada acadêmica.

Agradeço também aos meus amigos e colegas da universidade que sempre torceram por mim e me apoiaram no decorrer da vida acadêmica.

Agradeço em especial a Geymison Erick, Adélio José, Anderson Borba, José Weslen, Vagner Oliveira e Marcelo Correia pelo apoio, incentivo e amizade que criamos no decorrer dos quase 7 anos de universidade.

Enfim, muito obrigado a todos que me apoiaram diretamente e indiretamente nesta jornada!

RESUMO

A escassez de água potável, é um dos fatores que mais motivam pesquisas direcionadas ao uso da água de forma racional. Uma das etapas de aproveitamento de água é o armazenamento. O volume do armazenamento tem grande influência no custo final de um sistema de captação de agua. Assim o presente trabalho apresenta um estudo para o dimensionamento de um reservatório, aplicado em uma das edificações do centro acadêmico do agreste. Para a realização deste estudo, foram aplicados métodos contemplados na NBR 15527/07 (Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos). Foram aplicados os métodos de Rippl, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano. Com todos os métodos calculados e estudados, teve-se um valor máximo de reservatório para demanda de 100 % de 91,75 m³. Este volume foi obtido através do método de Azevedo Neto. O método de Azevedo Neto demostrou uma grande variação de volumes com um mínimo de 51,33m³ e um máximo de 148,93 m³. Ainda para 100% da demanda, foi obtido um valor mínimo de 11,79 m³ para o volume de reservatório, este calculado pelo método prático australiano. O método de Rippl não pôde ser calculado para 100% e 40% da demanda. Para 20% da demanda, a aplicação do método de Rippl resultou num volume de 28 m³. Para 100% da demanda o método prático alemão forneceu um volume de 20,85 m³. O reservatório com este tamanho, pode ser consideravelmente bom, ajudando a suprir a necessidade do Bloco K. O método prático australiano, foi calculado para 4 porcentagens de demandas diferentes. Porem os resultados apresentaram baixa confiabilidade. O método prático inglês apresentou um volume de 18,2 m³. Os métodos pratico alemão e pratico inglês apresentaram valores bastante próximos.

Palavras-chave: conservação da água. dimensionamento de reservatório. captação de água de chuva. cisternas.

ABSTRACT

The potable water scarcity is one of most motivating factors in directed research regarding rational water usage. One of the stages of water reuse is the storage. The water storage volume has great influence on the final cost of a water collection system. This research presents a study for the design of a reservoir, applied in one of the buildings at Centro Acadêmico do Agreste. For the accomplishment of this research, the Brazilian Standard NBR 15527/07 (Rainwater – Use of rooftops in urban areas for non-potable purposes – Requirements) was consulted in order to use the presented methods. The methods of Rippl, Azevedo Neto, German Practice, English Practice and Australian Practice were studied. With all the methods calculated and studied, a maximum reservoir value was obtained for 100% demand of 91.75 m³. This volume was obtained through the method of Azevedo Neto. The Azevedo Neto method showed a large volume variation with a minimum of 51,33 m³ and a maximum of 148,93 m³. Also for 100% of the demand, a minimum value of 11.79 m³ was obtained for the reservoir volume, this calculated by the Australian practical method. Rippl's method could not be calculated for 100% and 40% of demand. For 20% of the demand, the application of the Rippl method resulted in a volume of 28 m³. For 100% of the demand the German practical method provided a volume of 20.85 m³. The reservoir of this size can be considerably good, helping to meet the need for Block K. The Australian practical method has been calculated for 4 percentages of different demands. However, the results found presented low reliability. The practical English method presented a volume of 18.2 m³. The methods German practiced and English practiced presented very close values.

Keywords: Rainwater usage. Reservoir design. Rainwater collection system. Rainwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de Aproveitamento de água de chuva..... 17
Figura 2: Série temporal da precipitação total anual, posto Caruaru-PE (24) 21
Figura 3 - Vista em planta da cobertura de telhas cerâmicas do bloco K do CAA 23
Figura 4 - Área de captação de uma superfície de acordo com a NBR 10844/89 24
Figura 5 - Gráfico Boxplot, volumes anuais de reservatorio(2010 – 2015), método de Azevedo Neto. 30
Figura 6 - Gráfico Boxplot, volumes anuais de reservatorio(2010 – 2015), método Prático Inglês. 32
Figura 7 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 100% da demanda 33
Figura 8 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 40% da demanda 33
Figura 9 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 30% da demanda 34
Figura 10 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 20% da demanda 34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Volume de água pluvial, demanda de água potável e potencial de economia de água potável nas regiões brasileiras. 16

Quadro 2 : Níveis de atendimento com água potável dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2015, segundo região geográfica e Brasil. 19

Quadro 3 : Valores do consumo médio per capita de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2015, segundo estado e região geográfica. 19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Disponibilidade hídrica das oito grandes bacias hidrográficas brasileira. 18
Tabela 2: Análise da aplicabilidade do método de Rippl para o bloco K. 29
Tabela 3: Volumes necessário para o reservatório segundo o método Azevedo Neto. 30
Tabela 4: Análise de sensibilidade utilizando 100%, 40%, 20% e 10% da demanda total estimada para o bloco k..... 31
Tabela 5 : Aplicação do método Prático Inglês 31
Tabela 6: Resumo de todos os métodos previstos na NBR 35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12

1.1. Objetivos 14

2. REFERENCIAL TEÓRICO 15

2.1. Aproveitamento da água pluvial 15

2.2. Concepção de um sistema de captação de água de chuva 16

2.3. Consumo de agua potável no brasil 17

2.4. Precipitação 20

2.5. Reservatório de água pluvial 22

3. METODOLOGIA 23

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 28

5. CONCLUSÕES 36

REFERÊNCIAS 38

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui em torno de 14% das reservas de água doce do mundo, tendo apenas uma representação de 2,8% da população mundial, vislumbra-se uma abundância hídrica (ROCHA, 2009). Embora possua uma grande quantidade, essa disponibilidade hídrica por sua vez, está mal distribuída em seu território. Tundisi (2008) relata que um residente da Amazônia tem 700.000 m³ de água disponível no ano, enquanto um residente da região metropolitana de São Paulo possui 280 m³.

De acordo com Ghisi (2006a), quando se analisa a distribuição populacional e disponibilidade hídrica por área de cada região do Brasil, observa-se que a Região Nordeste é a região com menor disponibilidade hídrica. Seguindo o mesmo contexto, Pernambuco é o estado de menor disponibilidade hídrica do Brasil.

No nordeste brasileiro a disponibilidade hídrica é um grave problema devido à irregularidade temporal e espacial das precipitações. Ao longo do ano, apenas em um período curto ocorrem precipitações, e são observados longos períodos sem precipitação. A gravidade deste cenário se acentua ao considerar a alta taxa de evapotranspiração que é característica do clima semiárido da região.

A situação desta região se agrava ainda mais, por ter uma base hidrogeológica de origem cristalina, que não favorece a infiltração, e sim o escoamento superficial. O efeito disso, é que nos poucos períodos de chuvosos, se observam problemas de drenagem nos centros urbanos. Caruaru e Toritama são exemplos de cidades que sofrem quase que anualmente com problemas de alagamentos nas áreas urbanas, principalmente quando associados as cheias dos rios.

Inúmeras vezes o Homem trata a água como um elemento inesgotável, utilizando de maneira erronia e sem o racionamento. O crescimento populacional associado a pouca popularidade de técnicas que promovem a utilização racional da água resultou numa crise hídrica que é comumente observada nos grandes centros urbanos. Segundo Maia Neto (1997) o consumo mundial de água dobra

a cada 20 anos, isso evidencia o aumento de conflitos de uso dos recursos hídricos.

Nesse contexto, torna-se necessário a existência de técnicas que viabilizem a conservação da água. A conscientização da população é de extrema importância para evitar ou diminuir o desperdício e promover o uso de forma adequada. Atualmente, propostas de aproveitamento e reuso da água são conhecidas como procedimentos que aumentam a conservação da água no meio urbano.

O reuso da água, é a utilização dessa substancia por duas ou mais vezes ou seja, é o processo que a água passa para ser utilizada novamente, podendo ou não haver tratamento nesse processo. Este reuso ajudaria a evitar o consumo de água limpa em atividades menos exigentes, como lavagens de calçadas, descargas sanitárias, irrigação de jardins, etc. Deste modo seria preservado o uso exclusivo da agua potável, em necessidades que exigem sua pureza e consumo humano.

De acordo com Goldenfum (2005), a utilização e os sistemas de captação de água da chuva surgem como meio de conservação da água e como alternativa para enfrentar a carência hídrica. A utilização da água da chuva é feita pela captação da precipitação, esta incidente no telhado, e posteriormente é armazenada em reservatórios ou cisternas (Silva e Tassi, 2005).

É de suma importância o dimensionamento de reservatórios (cisternas), para a implantação de um sistema de captação, pois este tem influência direta nos custos da implantação de um sistema desses (Coelho Filho, 2005). No entanto é observado que em muitos casos esse dimensionamento não é levado em conta, e se adota um volume de reservatório sem nenhum critério.

O campus do Agreste, Centro Acadêmico do Agreste (CAA), da Universidade Federal de Pernambuco, localizado em Caruaru, está situado numa área considerada até então como zona rural e sofre com o sistema de abastecimento de água, pois ainda não abastecida pelo sistema público. O espaço do campus foi inaugurado em 2009, mas ainda se encontra em plena expansão. A proposta do trabalho é estudar os métodos de dimensionamento de reservatórios de água de chuva, que melhor se adequem a região.

Para analisar qual o melhor método de dimensionamento será necessário estudar o histórico pluviométrico da região no intervalo de 2010 a 2015. De posse

do regime pluviométrico, será possível realizar um balanço hídrico de volume a ser captado, e assim, analisar os dados e obter o melhor método para dimensionamento para região.

1.1. Objetivos

O objetivo geral é fazer o estudo comparativo dos diferentes métodos apresentados na NBR – 15527 2007 (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) de modo a escolher o que melhor se adequa ao Centro Acadêmico do Agreste, tomando como base o histórico pluviométrico de Caruaru-PE.

Os objetivos específicos são:

- Analisar um breve estudo hidrológico da cidade de Caruaru-PE;
- Apresentar os métodos listados na NBR 15527 (2007);

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De forma a se ter um melhor entendimento, é importante o conhecimento de alguns fatores e características que possam influenciar no sistema de estudo. Tais como questões de hidrologia e ciclo hidrológico, uso da água, informações sobre chuvas e métodos de dimensionamento de reservatório. Estes, serão abordados a seguir.

2.1. Aproveitamento da água pluvial

O aproveitamento da água da chuva, tem por objetivo a redução do consumo de água potável de forma a gerar uma economia para o usuário e uma certa preservação dos recursos hídricos.

A água fluvial também serve como uma opção para o abastecimento, no entanto deve-se coletar esta água antes que ela entre em contato com substancias contaminantes e deve ser armazenada em reservatórios para o uso doméstico (COHIM e KIPERSTOK, 2008). A captação da água das chuvas é considerada uma fonte alternativa, que reduz a demanda dos sistemas de abastecimento. Mas para isso, são necessários estudos para se implantar um sistema de captação (coleta, direcionamento e reservatório) e sobre a viabilidade da implantação.

A água de chuva apresenta-se como uma alternativa que pode fornecer de maneira confiável volumes que podem suprir parcialmente ou totalmente uma demanda. Para isso o sistema de coleta deve ser construído e mantido de forma adequada, e a água deve ser tratada adequadamente, conforme legislação em vigor (GOLDENFUM, 2006).

De acordo com Gnadlinger (2000), os sistemas de coleta de água de chuva são utilizados em diversas épocas da sociedade. Evidências históricas relatam que povos como os Maias, Astecas e Incas faziam uso do aproveitamento de água de chuva.

Andrade Neto (2004) cita que, mesmo a capitação de água de chuva seja milenar, ela é tida como uma tecnologia moderna desde que associada a conceitos de segurança e técnicas construtivas.

A água captada, pode ser utilizada para vários fins não potáveis, como: lavagem de carros e calçadas, irrigação de jardins, descargas de vasos sanitárias e sistemas de controle de incêndio. (MAY e PRADO, 2004)

Por Marinoski (2007), o sistema de captação de água, consiste basicamente pela água coletada no telhado e condução da mesma pelos condutores verticais e horizontais até o reservatório. Ainda, segundo Marinoski (2007), a viabilidade da concepção de um sistema de captação de água de chuva depende primordialmente da precipitação, área de captação e demanda de água.

Ghisi (2006a) estimou nas cinco regiões brasileiras, o potencial de economia de água potável, alcançado através da utilização de um sistema de captação de água de pluvial. O Quadro 1 a seguir ilustra os volumes de água pluvial, a demanda de água potável e o potencial de economia de água potável para as regiões do Brasil.

Quadro 1: Volume de água pluvial, demanda de água potável e potencial de economia de água potável nas regiões brasileiras.

REGIÃO	VOLUME DE ÁGUA PLUVIAL (m³ *per capita*/ano)	DEMANDA DE ÁGUA POTÁVEL		POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL (%)
		Litros/*per capita*/dia	m³/*per capita*/ano	
Norte	38,42	88,00	32,12	100,00
Nordeste	21,46	97,00	35,41	61,00
Sudeste	27,95	158,00	57,67	48,00
Sul	35,00	117,00	42,71	82,00
Centro-Oeste	32,61	120,00	43,80	74,00

Fonte: Ghisi (2006a)

2.2. Concepção de um sistema de captação de água de chuva

O sistema de captação de água de chuva, tem sua funcionalidade composta basicamente pela coleta da água que cai sobre os telhados. Após a coleta, ela é conduzida através das calhas, condutores horizontais e verticais até o local de armazenamento (reservatórios). Eventualmente, com o objetivo de melhorar a qualidade da água, pode se fazer uso de equipamentos de filtragem e descartes de impurezas. Em alguns sistemas, ainda é possível se ter um

dispositivo de descarte das primeiras águas, possibilitando uma melhor qualidade da água captada. Um exemplo sistema de captação de água de chuva é apresentado na Figura 1.

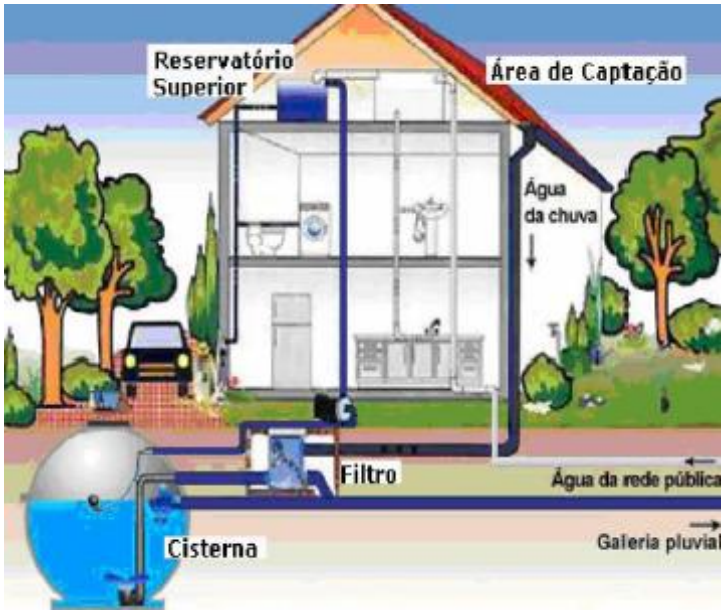


Figura 1 - Sistema de Aproveitamento de água de chuva

May (2004) cita que o reservatório do sistema de captação é o componente mais caro do sistema. Desse modo, procura-se, fazer um dimensionamento do mesmo, de forma a determinar a capacidade volumétrica que melhor se adequa ao local que será implantado o sistema, diminuído o custo de construção. De acordo com Cavalho *et al* (2007), dependendo do método escolhido para dimensionamento do reservatório, pode-se chegar a valores muito altos da capacidade do reservatório, tanto por razoes econômicas quanto por razões físicas.

Para May (2004) o problema do dimensionamento correto do volume necessário para o reservatório está associado a incertezas na estimativa da demanda. Visto que não é fácil encontrar esta demanda com um alto grau de confiabilidade.

2.3. Consumo de agua potável no brasil

A disponibilidade hídrica do Brasil representa 50% do total da América do Sul e 11% dos recursos mundiais. No entanto, a distribuição água no Brasil não

é uniforme, destaca-se o excesso na Amazônia, enquanto que a região Nordeste sofre com a falta (TUCCI 2001).

De acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, o Brasil possui oito grandes Bacias Hidrográficas. A tabela 1 mostra as grandes bacias hidrográficas brasileira, a área de drenagem e a percentagem da disponibilidade hídrica no Brasil.

Tabela 1: Disponibilidade hídrica das oito grandes bacias hidrográficas brasileira.

Bacia	**Área de drenagem Km²**	**Disponibilidade %**
Amazônica	6.112.000	71,1
Tocantins	757.000	7,0
Atl. Norte	242.000	3,6
Atl. Nordeste	787.000	1,9
S. Francisco	634.000	1,7
Atl. Leste (1)	242.000	0,4
Atl. Leste (2)	303.000	2,2
Paraná	877.000	6,5
Paraguai	388.000	0,8
Uruguai	178.000	2,5
Atl. Sul	224.000	2,5
TOTAL	10.724.000	
BRASIL	8.512.000	100

(adaptado de ANEEL, 1997)

A cidade de Caruaru está inserida na Bacia Atlântico Nordeste, no qual a tabela 1 mostra que está entre as bacias com menos disponibilidade hídrica, ficando à frente apenas da bacia do Paraguai e do S. Francisco.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), divulga anualmente informações e indicadores a respeito dos serviços de água e esgoto do país (Tabela 2). Segundo o diagnóstico dos serviços de água e esgoto elaborado pelo SNIS (2015), 83,3% da população total e 93,1% da população urbana são abastecidos com água potável.

Quadro 2 : Níveis de atendimento com água potável dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2015, segundo região geográfica e Brasil.

Regiões	Índice de Atendimento (%)	
	Água	
	TOTAL	URBANA
Norte	56,90	69,20
Nordeste	73,40	89,60
Sudeste	91,20	96,10
Sul	89,40	98,10
Centro-Oeste	89,60	97,40
Brasil	**83,30**	**93,10**

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2015).

No quadro 3 está ilustrado o consumo médio *per capita* de água, definido pelo SNIS, como o volume de água consumido menos o volume de água exportado, dividido pela média da população atendida com abastecimento de água de 2014 a 2015. De forma mais sucinta, é a média diária do consumo de água por pessoa. No quadro 3, podemos ver que o consumo médio *per capita* do brasileiro em 2015 é de 154,0 L/hab.dia (SNIS, 2015).

Quadro 3 : Valores do consumo médio per capita de água dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2015, segundo estado e região geográfica.

ESTADOS / REGIÕES	(l/hab.dia)
Acre	169,1
Amazonas	171,8
Amapá	163,0
Pará	141,6
Rondônia	179,1
Roraima	163,2

Tocantins	130,5
NORTE	154,3
Alagoas	98,6
Bahia	117,0
Ceará	130,2
Maranhão	125,1
Paraíba	110,4
Pernambuco	100,7
Piauí	135,4
Rio Grande do Norte	116,3
Sergipe	118,8
NORDESTE	116,1
Espirito Santo	178,6
Minas Gerais	148,8
Rio de Janeiro	254,6
São Paulo	159,2
SUDESTE	176,0
Paraná	138,4
Rio Grande do Sul	159,6
Santa Catarina	148,8
SUL	148,7
Distrito Federal	153,7
Goiás	136,3
Mato Grosso do Sul	156,0
Mato Grosso	163,5
CENTRO-OESTE	148,8
BRASIL	154,0

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2015).

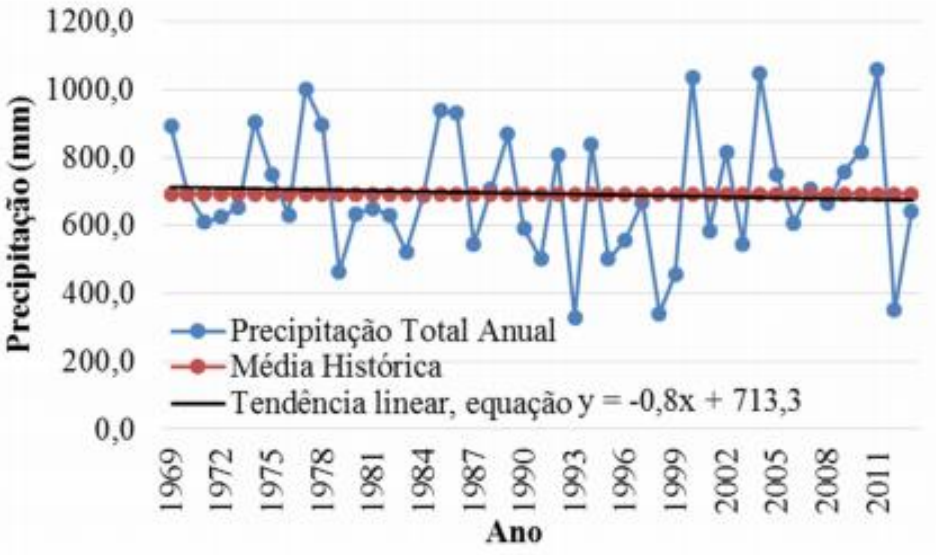
2.4. Precipitação

A distribuição da precipitação da chuva e a quantidade de água precipitada, influenciam diretamente no sistema de captação de chuva,

principalmente no dimensionamento do reservatório. Como já visto anteriormente, o dimensionamento do reservatório é um fator decisivo para saber a viabilidade da implantação do sistema, pois o custo mais alto, talvez, seja proveniente da construção de uma cisterna.

Os métodos de dimensionamento proposto pela NBR 15527/07, considera para o cálculo dos volumes, a duração de períodos de chuvas ou períodos secos e a quantidade de precipitações. De acordo com Rocha (2009), os dados de entradas utilizados para o cálculo dos volumes, são baseados em intervalos de tempo horário, diário, mensal ou anual, em função da disponibilidade de cada método.

As precipitações medias anuais na cidade de Caruaru no período de 1969 a 2013 estão demonstradas na Figura 2. Estes dados foram obtidos na estação Caruaru-PE (24). De acordo com os dados se obtém uma precipitação anual média para a cidade de Caruaru de 694,7 mm/ano.



Fonte: Silva *et al.* (2015)

Figura 2: Série temporal da precipitação total anual, posto Caruaru-PE (24)

De acordo com Silva *et al.* (2015), o período chuvoso da cidade de Caruaru está compreendido entre os meses de fevereiro e julho, sendo o mês

de julho o mês com a maior precipitação do ano, e o mês de novembro o mais seco.

2.5. Reservatório de água pluvial

O armazenamento da água pluvial captada, deve ser feito em reservatórios, para evitarem possíveis problemas de contaminação e estanqueidade. Podendo esses tanques ser construídos com diversos tipos de materiais, como concreto, aço, madeira, fibra de vidro, etc., o que vai ser decisivo para a sua construção é o uso, capacidade e custo. (FERREIRA, 2005).

O dimensionamento do reservatório, é um fator indispensável para se ter um menor custo. Este dimensionamento depende primeiramente da quantidade de água potável que se deseja economizar, substituindo-a por água pluvial. Ghisi (2006b), diz que outros fatores como a precipitação pluviométrica da região, a área de captação e a demanda de água potável e pluvial, são variáveis essenciais para o cálculo do volume do tanque, além de perdas.

No processo de captação e armazenamento da água ocorrem perdas. A água em contato com área de captação, parte dela pode ser absorvida e parte evaporada, isto será em função do tipo de material da cobertura e da região. Para se ter uma melhor qualidade da água capitada é imprescindível que as primeiras aguas de cada precipitação seja descartado, procedimento a qual é chamado de *First Flush*. (HEBERSON *et al*. 2009). O *First Flush*, não será incluído, visto que é um procedimento mais complexo.

A NBR 15527 (2007) que trata de sistemas e requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis apresenta seis metodologias diferentes para o dimensionamento do reservatório de armazenamento. No entanto, no presente trabalho será apresentado cinco métodos.

3. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados pluviométricos, obtidos pelo website da Agencia Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Foram selecionadas as precipitações totais mensais do período compreendido de janeiro de 2010 a dezembro de 2015, ou seja, cinco anos de precipitações mensais para a estação pluviométrica de código 24 – posto Caruaru (IPA).

A estação estudada, Caruaru (IPA), está localizada a 138 km de distância do Recife, numa altitude de 545m, na latitude 8º18’18” e na longitude 35º57’54”.

Para o estudo comparativo dos métodos de dimensionamento de reservatórios de agua da chuva, escolheu-se um dos blocos presente no centro acadêmico. Escolhendo o bloco K, obteve-se alguns parâmetros essenciais para dar continuidade ao trabalho. Os parâmetros obtidos foram a área de cobertura e demanda hídrica do edifício.

As dimensões em metros da cobertura de telhas cerâmicas do bloco K são demonstradas na Figura 3.

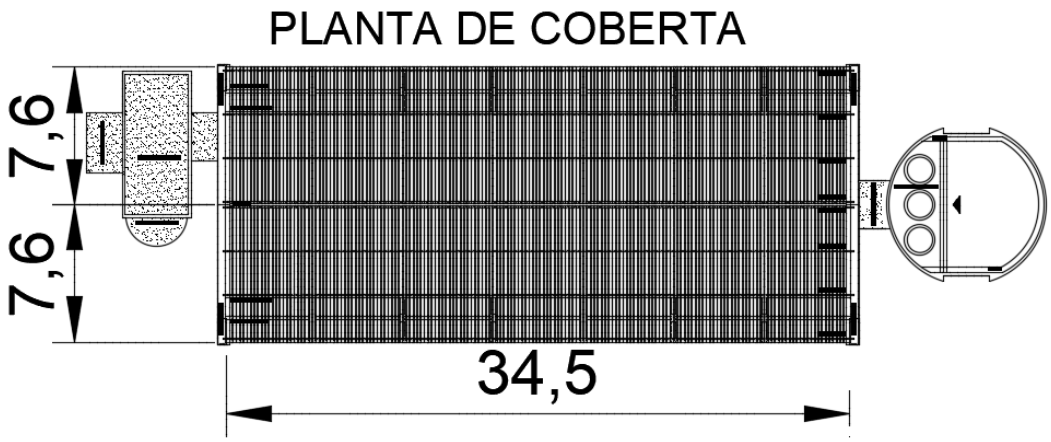


Figura 3 - Vista em planta da cobertura de telhas cerâmicas do bloco K do CAA

De acordo com a NBR 10844/89, a área de captação de uma superfície inclinada mostrada na figura3, é dada por:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right).b$$

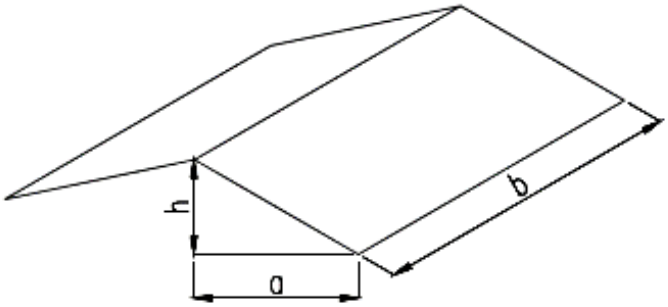


Figura 4 - Área de captação de uma superfície de acordo com a NBR 10844/89

O bloco K, em estudo, tem sua coberta composta por telhas cerâmicas tipo canal, com inclinação i=25%, assentadas sobre ripas de madeira e terças metálicas. Portanto, para se ter essa inclinação, o telhado possui uma altura h de 1,9m.

Então, calculando a área de captação para apenas um lado temos:

$$A = \left(7{,}6 + \frac{1{,}9}{2}\right) * 34{,}5$$

$$A = 290{,}64\ m^2$$

Logo, a área de captação total será: 2 *A = 2 * 290,64

$$AT = 581{,}28\ m^2$$

Para o cálculo da demanda hídrica, considerou-se que as águas pluviais a serem coletadas seriam utilizadas para descargas em bacia sanitária com caixa acoplada de 6 litros. O bloco K, é composto por 24 salas de professores no terceiro pavimento, supondo que nos demais pavimentos (térreo mais 1º e 2º andar), também seja composto por salas de professores, e que em cada sala temos 3 professores, teremos assim um total de 288 pessoas por dia no bloco. Estimando-se que cada professor utilize a descarga do banheiro 3 vezes,

teremos uma demanda diária de água de 5,18 m³/dia, ou 155,52 m³ de água de chuva por mês.

Para determinar o volume do reservatório de água de chuva, foram utilizados o método de Rippl, o método Azevedo Neto, o método Prático Alemão, o método Prático Inglês e o método Prático Australiano, todos apresentados pela NBR 15527/2007, que aborda os requisitos para aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas, para fins não potáveis. Adiante são descritos esses métodos:

Método de Rippl (NBR 15527/2007)

A utilização desse método, requer as series históricas de precipitações mensais ou diárias. Para determinar o volume do reservatório deve-se obedecer que $\sum D\ (t) < \sum Q\ (t)$, e utilizar as seguintes expressões:

- $V = \sum S\ (t)$, somente para os valores S (t) > 0;
- $S(t) = D(t) - Q(t)$;
- $Q(t) = C * P * A$;

Onde:

- D (t) = demanda ou consumo no tempo t;
- Q (t) = volume de chuva aproveitável no tempo t;
- V = volume do reservatório;
- S (t) = volume de água no reservatório no tempo t;
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- P = precipitação da chuva no tempo (t);
- A = área de captação.

Método Azevedo Neto (NBR 15527/2007)

O volume do reservatório pode ser determinado a partir da seguinte equação:

$V = 0{,}042 * P * A * T$;

Onde:

- V = Valor numérico do volume de água aproveitável ou volume do reservatório, expresso em litros (L);
- P = Valor numérico de precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);
- A = Valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);
- T = Valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

Método Prático Alemão (NBR 15527/2007)

É um método empírico, que admite como volume do reservatório 6% do menor valor entre V e D.

- $V_{adotado}$ = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) * 0,06 (6%)
- $V_{adotado}$ = min (V; D) * 0,06; onde:
- V = Valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);
- D = Valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);
- Vadotado = Valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

Método Prático Inglês (NBR 15527/2007)

O volume do reservatório é obtido a partir da seguinte equação:

- V = 0,05 * P * A;

Onde:

- V = Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L);
- P = Valor numérico da precipitação média anual, expressa em litros (L);
- A = Valor numérico da área de captação de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²).

Método Prático Australiano (NBR 15527/2007)

O volume de chuva é determinado a partir da equação:

- $Q = A * C * (P - I)$;

Onde:

- C = coeficiente de escoamento superficial;
- P = Precipitação média mensal;
- I = Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;
- A = área de coleta;
- Q = Volume mensal produzido pela chuva.

Por meio de tentativas é obtido o volume do reservatório, e para o primeiro mês deve considerar o reservatório vazio.

- $V_{(T)} = V_{(T-1)} + Q_{(t)} - D_{(T)}$;

Onde:

- V (t) = Volume de água que está no tanque no fim do mês t;
- V (t-1) = Volume de água que está no tanque no início do mês t;
- Q (t) = Volume mensal produzido pela chuva no mês t;
- D (t) = Demanda mensal;
- Quando $((V_{(T-1)} + Q_{(T)} - D_{(T)}) < 0$, então p V (t) = 0.

Para a confiança:

- $P_r = N_r \,/\, N$,

Onde:

- Pr = Falha;
- Nr = número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, ou seja, quando Vt = 0;
- N = número de meses considerado;
- Confiança = (1 – Pr);

Valores de confiança devem estar compreendidos entre 90% e 99%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise do método de Rippl, assim como o método prático australiano, foram calculadas as precipitações médias mensais, para o período de janeiro de 2010 até dezembro de 2015, referente a estação de código 24 – posto Caruaru (IPA). Já os métodos de Azevedo Neto, Prático Alemão e Prático inglês, foram determinados os valores das precipitações médias anuais, durante o mesmo período (2010-2015).

Método de Rippl

Adotado um coeficiente de escoamento de 0,80, que representa as características médias de um telhado padrão (cerâmico), e de posse das precipitações médias mensais, da área de coleta e do volume médio mensal de demanda, foi feita uma análise para 10%, 20%, 40% e 100% da demanda. Na Tabela 2 é possível observar que apenas para 20% e 10% da demanda total é possível estimar o volume de reservatório pelo referido método. No entanto para a demanda de 10% o volume estimado do reservatório é muito pequeno, de apenas 0,250 m^3. Assim a estimativa para 10% da demanda pode ser logo descartada.

Tabela 2: Análise da aplicabilidade do método de Rippl para o bloco K.

Mês	Precipitação média mensal Jan/10 - Dez/15 (mm)	Área de Coleta (m²)		100%	40%	20%			10%		
			Q(t) -- (L)	D(t) -- (L)	D(t) -- (L)	D(t) -- (L)	S(t) -- (L)	**Volume (m³)**	D(t) -- (L)	S(t) -- (L)	**Volume (m³)**
Janeiro	47,48	581,28	23,46	77,76	31,10	15,55	-7,91	**28,49**	7,78	-15,68	**0,29**
Fevereiro	48,82	581,28	24,12	77,76	31,10	15,55	-8,57		7,78	-16,34	
Março	55,27	581,28	27,31	77,76	31,10	15,55	-11,75		7,78	-19,53	
Abril	77,93	581,28	38,51	77,76	31,10	15,55	-22,95		7,78	-30,73	
Maio	68,30	581,28	33,75	77,76	31,10	15,55	-18,19		7,78	-25,97	
Junho	103,93	581,28	51,35	77,76	31,10	15,55	-35,80		7,78	-43,58	
Julho	92,15	581,28	45,53	77,76	31,10	15,55	-29,98		7,78	-37,75	
Agosto	64,23	581,28	31,74	77,76	31,10	15,55	-16,18		7,78	-23,96	
Setembro	20,58	581,28	10,17	77,76	31,10	15,55	5,38		7,78	-2,39	
Outubro	15,55	581,28	7,68	77,76	31,10	15,55	7,87		7,78	0,09	
Novembro	16,77	581,28	8,28	77,76	31,10	15,55	7,27		7,78	-0,51	
Dezembro	15,33	581,28	7,58	77,76	31,10	15,55	7,98		7,78	0,20	
			309,47	933,12	373,25	186,62			93,31		
				D(t) > Q(t)	**D(t) > Q(t)**	**OK**			**OK**		

Método Azevedo Neto

Para o cálculo do volume pelo método de Azevedo Neto, precisa-se da quantidade de meses secos na região. De acordo com Silva *et al.* (2015), as precipitações de chuvas estão concentradas durante os meses de fevereiro a julho. Com os dados da precipitação média anual (2010-2015), área de coleta e levando em consideração que a região estudada, possui 6 meses secos, pôde-se estimar o volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto. Na Tabela 3 é apresentado o volume de 91,75m³ para o reservatório. Foi calculado o volume de reservatório para cada precipitação anual de 2010 a 2015, de modo que por meio de um gráfico tipo boxplot, apresentado na figura 5, mostrasse a dispersão dos volumes do reservatório obtido anualmente.

Tabela 3: Volumes necessário para o reservatório segundo o método Azevedo Neto.

Método de Azevedo Neto				
Ano	Pméd anual (mm)	T (meses secos)	Área de coleta (m²)	Volume do reservatorio (m³)
2010	817,20	6,00	581,28	119,71
2011	1016,70	6,00	581,28	148,93
2012	350,40	6,00	581,28	51,33
2013	643,50	6,00	581,28	94,26
2014	529,90	6,00	581,28	77,62
2015	400,40	6,00	581,28	58,65
Média	626,35	6,00	581,28	**91,75**

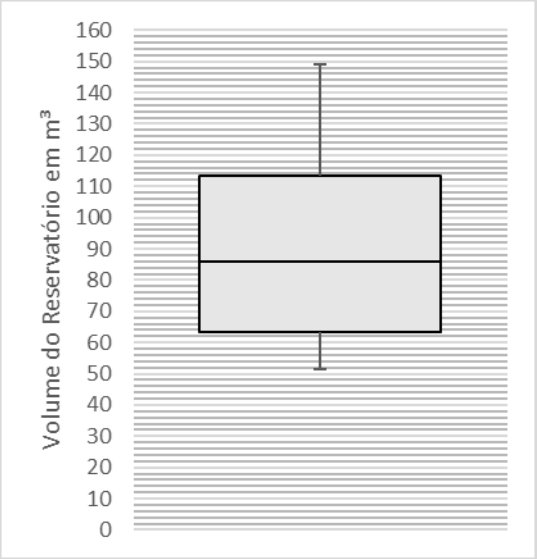


Figura 5 - Gráfico Boxplot, volumes anuais de reservatorio(2010 – 2015), método de Azevedo Neto.

Método Prático Alemão

Estimado o consumo anual de água para o Bloco k, e a precipitação média anual da região, o método prático alemão é dado por 6% do menor valor entre a oferta e a demanda. Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos para uma análise de sensibilidade utilizando 100%, 40%, 20% e 10% da demanda total estimada para o bloco k. Para 100% da demanda o valor médio do volume do reservatório é de 20,85m³. Para uma demanda de 40%, o valor médio do volume do reservatório é de 17,65m³ e para 10% da demanda o volume médio do reservatório necessário é de 5,6m³.

Tabela 4: Análise de sensibilidade utilizando 100%, 40%, 20% e 10% da demanda total estimada para o bloco k

Método Prático Alemão									
		100% demanda		40% demanda		20% demanda		10% demanda	
Ano	Precipitação anual (L)	Consumo Anual (L)	Volume do reservatorio (m³)	Consumo Anual (L)	Volume do reservatorio (m³)	Consumo Anual (L)	Volume do reservatorio (m³)	Consumo Anual (L)	Volume do reservatorio (m³)
2010	475022,0	933120	28,50	373248	22,39	186624	11,20	93312	5,60
2011	590987,4	933120	35,46	373248	22,39	186624	11,20	93312	5,60
2012	203680,5	933120	12,22	373248	12,22	186624	11,20	93312	5,60
2013	374053,7	933120	22,44	373248	22,39	186624	11,20	93312	5,60
2014	280794,0	933120	16,85	373248	16,85	186624	11,20	93312	5,60
2015	160320,2	933120	9,62	373248	9,62	186624	9,62	93312	5,60
Média			**20,85**		**17,65**		**10,93**		**5,60**

Método Prático Inglês

A aplicação do método Prático Inglês necessita das informações referentes a precipitação média anual e da área de coleta. Para a obtenção do resultado, foi feita a média aritmética das precipitações anuais de 2010 a 2015. A análise do método prático inglês tem seus resultados apresentados na Tabela 5. Este método apresentou um volume de reservatórios de 18,2 m³. Foi calculado o volume de reservatório para cada precipitação anual de 2010 a 2015. O gráfico tipo boxplot apresenta a dispersão dos volumes do reservatório obtido anualmente (Figura 6).

Tabela 5 : Aplicação do método Prático Inglês

Método Prático Ingles			
Ano	Pméd anual (mm)	Área de coleta (m²)	Volume do reservatorio (m³)
2010	817,2	581,28	23,75
2011	1016,7	581,28	29,55
2012	350,4	581,28	10,18
2013	643,5	581,28	18,70
2014	529,9	581,28	15,40
2015	400,4	581,28	11,64
Média	**626,4**	581,28	**18,20**

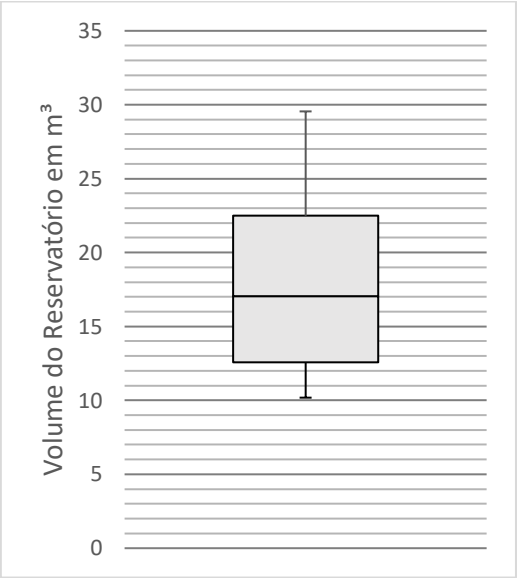


Figura 6 - Gráfico Boxplot, volumes anuais de reservatorio(2010 – 2015), método Prático Inglês.

Método Prático Australiano

Para este método, foi analisado 100%, 40%, 30% e 20% da demanda total. O cálculo do volume é realizado por tentativas, atribuindo um volume inicial no reservatório, até que sejam utilizados valores com confiança. Os resultados obtidos para um volume inicial de 10m³ variando a percentagem de demanda são demonstradas nas Figuras 7, 8, 9 e 10. Para a demanda de 40% e com o volume inicial de 10m³ tem-se um reservatório com volume final de 58,14m³ e uma confiança com cerca de 65%, sendo esta, inferior a recomendada.

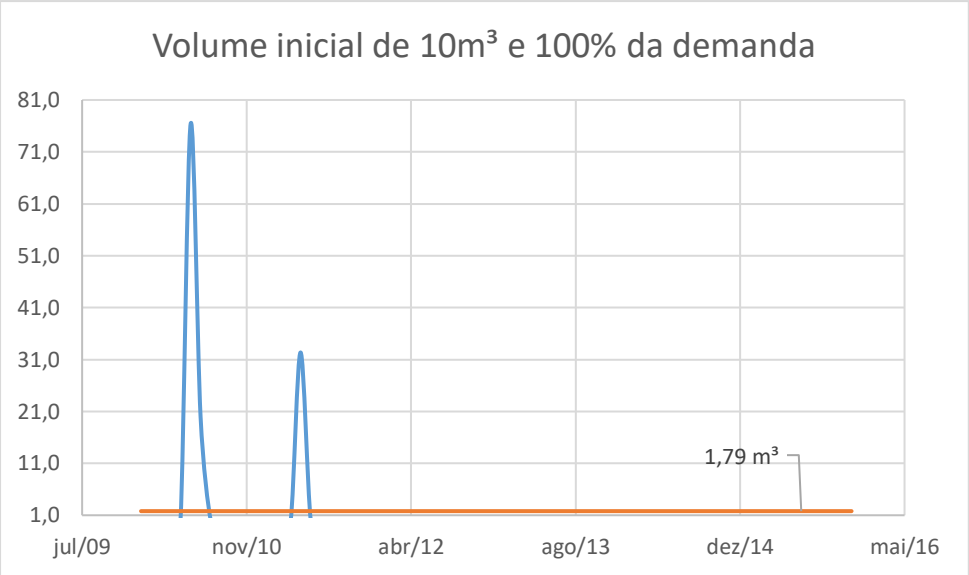


Figura 7 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 100% da demanda

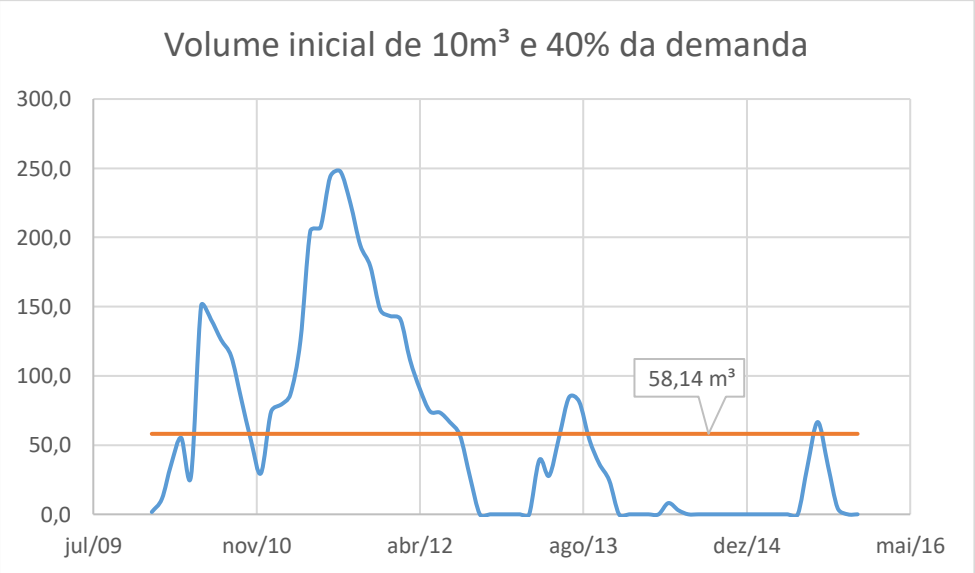


Figura 8 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 40% da demanda

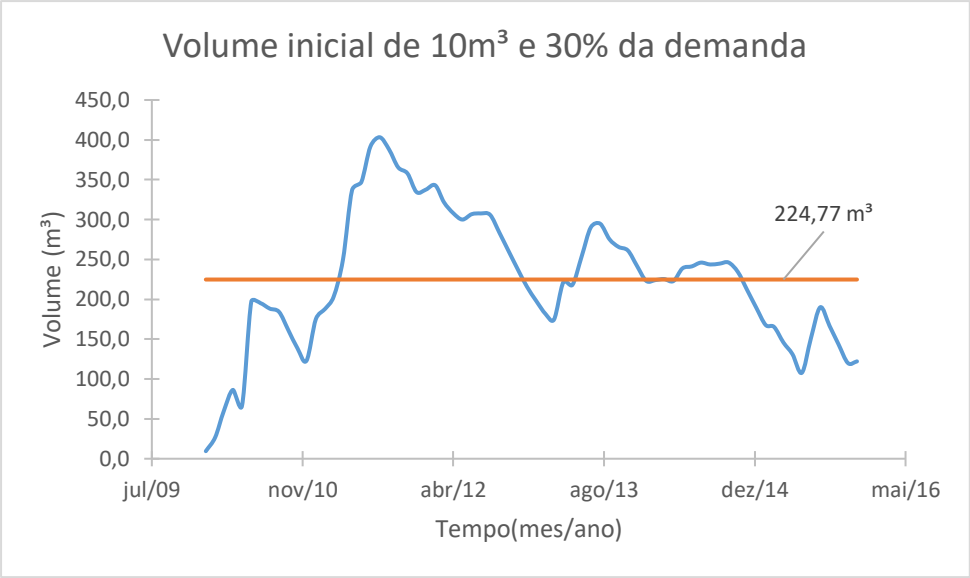


Figura 9 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 30% da demanda

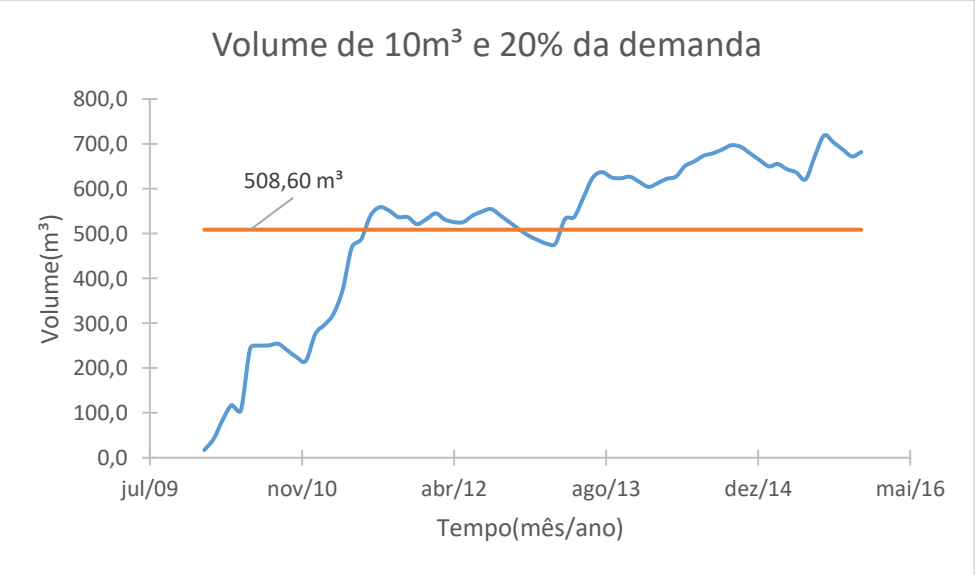


Figura 10 - Aplicação do Método Prático Australiano para um volume inicial de 10m³ e 20% da demanda

Um resumo de todos os métodos estudados é demonstrado na Tabela 6 onde são apresentados os volumes do reservatório.

Tabela 6: Resumo de todos os métodos previstos na NBR

Volume médio do Reservatório (m³)								
Estação	Métodos							
	Rippl		**Azevedo Neto**	**Prático Alemão**		**Prático Inglês**	**Prático Australiano**	
	Demanda			Demanda			Demanda	
Posto 24 - Caruaru (IPA)	100%	**D(t) > Q(t)**	**91,75**	100%	**20,85**	**18,20**	100%	**11,79**
	40%	**D(t) > Q(t)**		40%	**17,65**		40%	**58,14**
	20%	**28,49**		20%	**10,93**		30%	**224,77**
	10%	**0,29**		10%	**5,60**		20%	**508,60**

5. CONCLUSÕES

Com todos os métodos calculados e estudados, teve-se um valor máximo de reservatório para demanda de 100 % de 91,75 m³. Este volume foi obtido através do método de Azevedo Neto. O método de Azevedo Neto demostrou uma grande variação de volumes com um mínimo de 51,33m³ e um máximo de 148,93 m³. Ainda para 100% da demanda, foi obtido um valor mínimo de 11,79 m³ para o volume de reservatório, este calculado pelo método prático australiano.

O método de Rippl não pôde ser calculado para 100% e 40% da demanda. Para 10% da demanda, o volume do reservatório calculado pelo método de Rippl demonstrou-se inviável, visto que o volume encontrado de 0,29m³ é muito pequeno. Para 20% da demanda, a aplicação do método de Rippl resultou num volume de 28 m³.

Para 100% da demanda o método prático alemão forneceu um volume de 20,85 m³. O reservatório com este tamanho, pode ser consideravelmente bom, ajudando a suprir a necessidade do Bloco K.

O método prático australiano, foi calculado para 4 porcentagens de demandas diferentes. Para o cálculo é necessário já assumir um volume de reservatório de entrada, escolhido de 10m³. Analisando os dados obtidos, o tamanho do reservatório aumenta quanto menor for a demanda de água. Porem os valores não são de confiança. Fazendo com que esse método, para a região onde foi aplicado, seja o mais desfavorável. Se a demanda de água é menor, não é necessário um reservatório grande para armazenamento de água.

Com um volume de 18,2 m³, obtidos a partir dos cálculos do método de Prático Inglês, este também mostra ser um tamanho de reservatório consideravelmente bom. Por curiosidade e melhor analise, também pelo método Prático Inglês foi calculado os volumes do reservatório para cada precipitação anual de 2010 a 2015. Mostrou ter uma variação de volumes na faixa de 20m³. Sendo esta variação bem menor que a vista na análise dos dados de Azevedo Neto, da ordem de 100 m³.

Em uma análise final, é visto que os resultados obtidos através dos métodos pratico alemão e pratico inglês, são bem parecidos. Isto proporciona uma atração para a escolha do volume do reservatório. Embora o Método de Rippl, tenha resultados mais coerentes em estudos realizados nas mesorregiões

do estado de Pernambuco por Coutinho et al.2011, a utilização do volume do reservatório por volta dos 20 m³ é aceitável. Sendo assim, a escolha do volume está compreendida entre os valores encontrados pelos métodos pratico alemão e pratico inglês.

No entanto, para o estudo em questão o melhor método é o prático alemão, pois este leva em conta a precipitação e a demanda no período. Ao contrário do método prático inglês que utiliza apenas uma constante de 5% da precipitação do período, para o cálculo do volume do reservatório.

REFERÊNCIAS

ANEEL, 1997**. Atlas Hidrológico do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica.

ANDRADE NETO, C. O. de. (2004) **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais**. In: Anais do XI Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 2004. Natal: ABES/APESB/APRH.

Carvalho, G. S., Oliveira, S. C., & Moruzzi, R. B. (2007). **Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar**. In: X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, São Carlos, 10 p.

COELHO FILHO, J. M. **Análise de desempenho de reservatório de armazenamento de água de chuva no suprimento domiciliar e controle do escoamento nas cidades de Natal e Caicó**. 2005. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. (2008) **Racionalização e reuso de água intradomiciliar. Produção limpa e eco-saneamento***.* In: KIPERSTOK, Asher (Org.) *Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia*. Salvador.

COUTINHO, A.P; GUSMÃO, P.T.R; MONTENEGRO, S.M.G.L; ANTONINO, A.C.D; SILVA; F.B; CABRAL, J.J.S.P. **Comparação entre Diferentes Metodologias para Dimensionamento de Sistemas de Captação de Água de Chuva em Meso-regiões do Estado de Pernambuco/Brasil**.16p, in XIVth IWRA World Water Congress. 25-29, 2011 - VENUE: Porto de Galinhas/PE, Brazil

FERREIRA, D.F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis-SC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

GHISI, E. **Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil**. Building and Environment, v.41, n.11, 2006. (2006a).

GHISI, E. **Influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares.** 2006. 63p. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil como requisito parcial para participação em concurso público – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. (2006b).

HEBERSON, A. S.; MARCÓRIO I. A.; RIBEIRO. R.Z.; **Estudo de metodologias de dimensionamento de reservatório de aproveitamento de água de chuva.** Trabalho Final de Curso. Curso de graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

GOLDENFUM, J.A. **Reaproveitamento de Águas Pluviais**. UFRGS-RS. RS. 2006.

GNADLINGER, J. (2000) **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. Disponível em: irpaa.org.br/colheita/indexb.htm. Acesso em: Ago. 2017.

MAIA NETO, R.F. **Água para o desenvolvimento sustentável**. A Água em Revista, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2007.

MAY, S.; PRADO, R.T.A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, São Paulo – SP, **Anais** Cd Rom, 2004.

ROCHA, V.L. **Validação do Algoritmo do Programa Netuno Para Avaliação do Potencial de Economia de Água Potável e Dimensionamento de Reservatórios de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2009.

SILVA, A.R.V.; TASSI, R. (2005). **Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva:**

resultados preliminares. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa/PB. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

SILVA, T.F.; PAIVA, A.L.R.; SANTOS, S.M. (2015) **Análise estatística e tendências das precipitações no município de Caruaru-PE**. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília/DF. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

SNIS - Secretaria Nacional de Informações sobre Saneamento, **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto** – 2015. Anais. Brasília – DF. Governo Federal, 2015. p. 25, 34.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da Água no Brasi**l. Brasília: UNESCO, 2001; 2003.

TUNDISI, J.G. **Water Resouces in the future: Problems and Solutions**. Revista, Estudos Avançados, n.22, p.63, 2008.