



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Lucca Pedrosa Falluh Hanna

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO, UM
ESTUDO DE CASO.

PALMAS
2018

Lucca Pedrosa Falluh Hanna

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO, UM
ESTUDO DE CASO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).
Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

PALMAS
2018

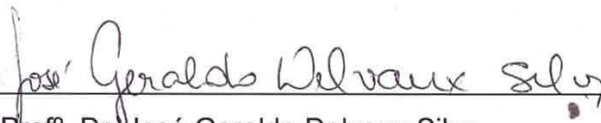
Lucca Pedrosa Falluh Hanna

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO, UM
ESTUDO DE CASO

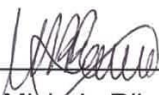
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2
elaborado e apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).
Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Aprovado em: 16 / 11 / 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Michele Ribeiro Ramos
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Carlos Spartacus Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas

PALMAS

2018

RESUMO

Com o problema de escassez de água aumentando cada vez mais com o passar do tempo, tornou-se mais imprescindível que nunca a busca por novas formas de reaproveitamento, armazenamento e captação de água da chuva, fazendo assim com que se minimize o desperdício e proporcionalmente conversando esse bem tão precioso que é a água; Este trabalho tem como objetivos: pesquisar a intensidade pluviométrica anual na região de Palmas-TO; determinar o melhor método de dimensionamento de reservatório de água pluvial para a localidade estudada e dimensionar o mesmo; calcular o custo de implantação desse sistema de reaproveitamento e verificar a viabilidade dessa instalação no edifício Bellágio em Palmas-TO; Buscou-se junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) os dados históricos da cidade de Palmas, desde o ano de 1993 até o ano de 2018, tendo uma maior precisão nas médias de chuvas mensais. Após ser caracterizada a edificação, verificou os aparelhos sanitários que poderiam ser substituídos de água potável para a água não potável, onde possibilitou a quantificação das demandas a serem atendidas pela água de chuva e por fim, para o dimensionamento do reservatório, onde se constatou que o método mais indicado para a região, foi o Método Prático Australiano. Concluída essa parte, realizou-se um levantamento dos custos de implantação do sistema e um estudo sobre a viabilidade ou não dessa instalação; A região estudada foi caracterizada com um alto nível de precipitação, em torno de 1784,49 mm de média anual, porém com uma má distribuição das chuvas, tendo meses com praticamente nenhum índice de precipitação. O aparelho sanitário escolhido para ser substituído por água não potável foi o vaso sanitário, pois o mesmo possui um consumo significativo em relação a outros aparelhos e ao total consumido em residências, com aproximadamente 30% do consumo total de água potável do prédio. Com o dimensionamento do reservatório observou-se que seria necessário um volume de 200 m³ para suprir a demanda mensal de água não potável; Palavras chave: índice pluviométrico de Palmas-TO, reaproveitamento de água da chuva e método prático australiano.

ABSTRACT

As the water shortage is becoming a more severe issue every day, it has become indispensable the search for new ways of reusing, storing, and capturing rain water, minimizing the waste and proportionally conserving this much precious resource; This project has the purpose of: research the annual rainfall intensity in the Palmas – TO region; determine the best rainwater reservoir dimensioning method for the studied location, and the dimensions themselves; calculate the implementation cost of this reutilization system and verify its applicability to the Bellagio condominium, in Palmas – TO; Research was made along with the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP) for the historical data, between the years of 1993 and 2018, of the monthly rainfall average in the city of Palmas – TO. After characterizing the building, it was verified which of the sanitary appliances that could have potable water swapped for non-potable water, therefore being able to quantify the demand for rainwater, and lastly being able to dimension the reservoir, which was concluded that would be best defined in this region by the Practical Australian Method. Concluded this part, a system implementation cost estimation and a study on the viability of this installation were conducted; The studied region was characterized with a high precipitation level, with an annual average of about 1,784.49 millimeters, however with a poor distribution, to the point where there were months with no precipitation registered. The sanitary appliance chosen to have its water replaced by non-potable water was the toilet, due to the fact that it has a significant consumption when compared with the other appliances, as well as the total picture, with about 30% of the building consumption coming from it. With the dimensioning of the reservoir, it was observed that a volume of 200 cubic meters would be necessary to supply the monthly demand of non-potable water; Key words: pluviometric index of Palmas-TO, reuse of rainwater and Australian practical method.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS	11
1.1.1. Objetivo Geral	11
1.1.2. Objetivos Específicos	11
1.2. JUSTIFICATIVA	12
1.3. PROBLEMA	12
1.4. HIPÓTESE	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. RECURSOS HÍDRICOS NO PLANETA	14
2.2. RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	16
2.3. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL	19
2.3.1. Aplicações.....	19
2.3.2. Vantagens.....	21
2.3.3. Desvantagens	22
2.4. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL AO LONGO DA HISTÓRIA.....	22
2.5. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL.....	24
2.6. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO TOCANTINS	25
2.7. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	26
2.7.1. Área de Captação	29
2.7.2. Tratamento da Água da Chuva.....	30
2.7.3. Calhas e Condutores.....	30
2.7.4. Bombas.....	30
2.7.5. Reservatórios	31
2.8. DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS	32
2.8.1. Método de Rippl	33
2.8.2. Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto	34
2.8.3. Método Prático Alemão.....	34
2.8.4. Método Prático Inglês	35
2.8.5. Método Prático Australiano	35
2.8.6. Programa Computacional Netuno.....	36
3. METODOLOGIA	37
3.1. DA LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	37
3.2. OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS	38
3.3. DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO	38

3.4.	CONSUMO MENSAL DE ÁGUA POTÁVEL.....	40
3.5.	CONSUMO MENSAL DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	41
3.6.	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL	41
3.7.	DETERMINAÇÃO DO CONJUNTO MOTOBOMBA	44
3.7.1.	Cálculo da Potência da bomba	44
3.7.2.	Cálculo da Vazão.....	45
3.7.3.	Cálculo dos Diâmetros de Recalque e sucção	45
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1.	ÁREA DE CAPTAÇÃO	46
4.2.	DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO	46
4.3.	CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL	47
4.4.	DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	48
4.5.	VOLUME DO RESERVATÓRIO.....	49
4.6.	DETERMINAÇÃO DO CONJUNTO MOTOBOMBA.....	52
4.7.	ESTUDO DE VIABILIDADE DO SISTEMA.....	54
4.7.1.	Orçamento Preliminar	54
4.7.2.	Economia do Sistema	56
5.	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estados físicos da água	14
Figura 2: Distribuição espacial e quantitativa da água no planeta.....	15
Figura 3: Percentagem de População Vs Percentagem de Água por Continente	15
Figura 4: Utilização para Irrigação de Lavouras.....	20
Figura 5: Utilização para Irrigação de Jardins	20
Figura 6: Utilização Como Reserva de Incêndio	20
Figura 7: Utilização Como Lavagem de Carros	21
Figura 8: Utilização Como Descarga de Bacia Sanitária.....	21
Figura 9: Pedra Moabita	23
Figura 10: Esquema de Cisterna Construída na Zona Rural.....	24
Figura 11: Bacia Tocantins-Araguaia.....	26
Figura 12: Sistema de Fluxo Total	27
Figura 13: Sistema com Derivação.....	27
Figura 14: Sistema com Volume Adicional de Retenção.....	28
Figura 15: Sistema com Infiltração no Solo.....	28
Figura 16: Fórmulas para Determinação da Área Útil	29
Figura 17: Reservatório em PVC	31
Figura 18: Reservatório em Alvenaria.....	32
Figura 19: Reservatório em Aço	32
Figura 20: Quadra 504 Sul	37
Figura 21: Residencial Bellágio	38
Figura 22: Cobertura do Bloco em Estudo	39
Figura 23: Cobertura do Bloco em Estudo	40
Figura 24: Cobertura da Garagem.....	40
Figura 25: Cobertura da Garagem.....	41
Figura 26: Uso Final da Água Residencial	42
Figura 27: Dados de Precipitação de Palmas 1998 a 2018	47
Figura 28: Média dos Dados Históricos de Palmas.....	48
Figura 29: Consumo do Ap. 1003	49
Figura 30: Comparação entre Consumo de H ₂ O Potável e não Potável	50
Figura 31: Método Prático Australiano – Dimensionamento	51
Figura 32: Tabela de custos de Palmas-TO.....	55

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, renovável e abundante que ocupa aproximadamente 70% da superfície do planeta terra. Entretanto, cerca de 97% dessa água está localizada nos oceanos, portanto é salgada e imprópria para o consumo. Fazendo assim com que apenas 3% da água no planeta, seja doce e própria para consumo. Não bastando isso, desses 3%, 2,5% encontra-se em geleiras e calotas polares e dos 0,5% restantes a maior parte está presa em aquíferos subterrâneos dificultando o acesso humano (SAVEH, 2016).

O Brasil, mesmo sendo um país prodígio em água doce (12% do total do planeta), tem toda essa abundância mal distribuída, onde em regiões menos populosas tem menos água e regiões menos populosas tem mais água, a região Norte, por exemplo, que compreende 78% da água do país possui apenas 6% da sua população (UNIÁGUA, 2010).

Tendo isso em vista, a meta da atualidade é a busca por práticas que aprimorem o uso da água, como programas de conservação, baseados em medidas técnicas e em mudanças de comportamento, motivadas por incentivos que vão desde a educação ambiental até a regulamentação de leis e de estrutura tarifária (TOMAZ, 2003).

A captação e reutilização de água da chuva é um dos meios que estão sendo difundidos para economia de água, ela faz parte da estratégia global para a administração da qualidade da água proposta pelo programa das nações unidas para o meio ambiente e pela organização mundial da saúde (OMS, 2005).

Essa reutilização de água da chuva além de trazer benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva de fontes superficiais de abastecimento, reduz também o escoamento superficial, diminuindo assim os problemas com enchentes nas grandes cidades, buscando assim garantir a sustentabilidade urbana, que segundo Dixon, Butler e Fewkes (1999), só será possível através da mobilização da sociedade em busca do uso apropriado e com consciência da água.

A viabilidade do conjunto de coleta e reutilização de água pluvial depende basicamente de três fatores, que são: a precipitação na região, a área de coleta e a demanda. O reservatório é o componente mais importante desse sistema, sendo que o mesmo deve ser projetado para atender as necessidades do usuário e com o

índice pluviométrico local para assim dimensioná-lo corretamente sem inviabilizar economicamente o sistema.

Dentro desse contexto, essa pesquisa promoveu um estudo do potencial quantitativo de águas pluviais no município de Palmas-TO e, tendo como finalidade o uso dessa água da chuva para reutilização em fins não potáveis no edifício Bellágio.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Verificar a viabilidade da instalação de um sistema de reaproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, visando á redução do consumo e custo de água potável no edifício Bellágio no município de Palmas-TO.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Pesquisar a intensidade pluviométrica anual na região de Palmas - TO;
- Determinar o método a ser utilizado para dimensionamento de reservatórios;
- Dimensionar os reservatórios;
- Calcular o custo de instalação do sistema e verificar o período de retorno do mesmo para assim determinar sua viabilidade;
- Verificar a economia de água potável, ao se implantar o sistema de aproveitamento de água de chuva.

1.2. JUSTIFICATIVA

O Planejamento do sistema de aproveitamento de água da chuva é de suma importância para o meio ambiente, pois influencia de maneira bastante positiva na sociedade, uma vez que o mesmo tem por finalidade a economia e a preservação do bem mais precioso que dispomos, a água.

No que tange à sustentabilidade, o reuso de água da chuva é uma prática muito importante. Pois, mesmo a água sendo um recurso de abundância no nosso Estado, em determinadas épocas, ela é escassa, e nas estações de altos índices pluviométricos, esse fluído na maioria das vezes é desperdiçado, sendo despejado pelas calhas nas ruas, escoando até as bocas de lobo e assim, podendo provocar inúmeros problemas, como por exemplo, enchentes.

Outro grande fator de importância desse sistema é o fato de não desperdiçar água potável com fins que não a exigem, que faz com que haja uma redução do consumo de água da rede pública e conseqüentemente uma redução da tarifa de pagamento.

Por ser uma área que busca preservar o meio ambiente, pesquisadores tem cada vez mais buscado maneiras de aperfeiçoar esse sistema, e conscientizar a população de sua importância, para que assim mais pessoas a utilizem.

1.3. PROBLEMA

Atualmente, diversos países enfrentam problema com carência de água, seja por decorrência do desenvolvimento descontrolado das cidades, da poluição dos rios e lagos ou pelo aumento populacional e industrial, que por sua vez geram um crescimento na demanda de água potável, ocasionando a escassez desse recurso.

No Brasil não é diferente, vários estados enfrentam secas profundas há muitos anos, como os da região Nordeste por exemplo. Entretanto, com o passar dos anos, outras regiões passaram a sofrer com falta de água, tendo como exemplo a Sudeste e a Centro Oeste.

Tendo em vista esse problema, surge o questionamento, é economicamente viável a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis no edifício Bellágio em Palmas-TO?

1.4. HIPÓTESE

Em virtude dos elevados índices pluviométricos no município de Palmas-TO, é viável a sua implantação, visto que, prioriza a água fornecida pela companhia de abastecimento para fins que apenas exigem esse tipo de recurso, gerando assim uma economia na quantidade de água e proporcionalmente na conta a ser paga.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. RECURSOS HÍDRICOS NO PLANETA

Água é uma substância composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H₂O), ela é imprescindível para a vida humana, sendo de forma direta ou indireta. Sabe-se que cerca de 70% do corpo humano é composto por ela. A água pode ser encontrada em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso conforme apresentado na (Figura 01), sendo o líquido encontrado em maior quantidade que os demais, uma vez que, se encontra em rios, lagos e oceanos, planeta a fora (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005).

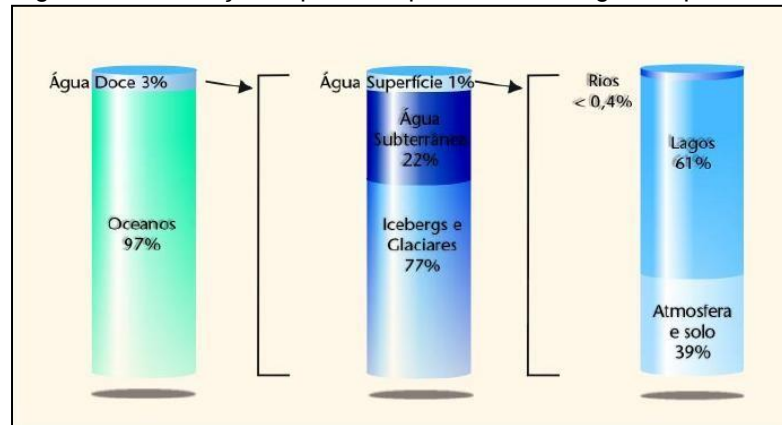
Figura 1: Estados físicos da água



Fonte: Colégio WEB - (2013)

Água é o bem mais precioso que se tem no planeta Terra, visto que sem ela não haveria vida. Embora cerca de $\frac{3}{4}$ da sua superfície seja coberta por água, deste total apenas 3% são de água doce, todavia, aproximadamente 80% dessa água doce estão de certa forma inacessíveis para o ser humano, encontrando-se congeladas em calotas polares ou lençóis freáticos muito profundos, conforme (Figura 02), ou seja, apenas 20% do volume total de água doce do planeta apresentam-se disponíveis ao homem (DEVES, 2008). Não bastando isso, essa água é má distribuída, gerando assim uma escassez em determinados países do planeta.

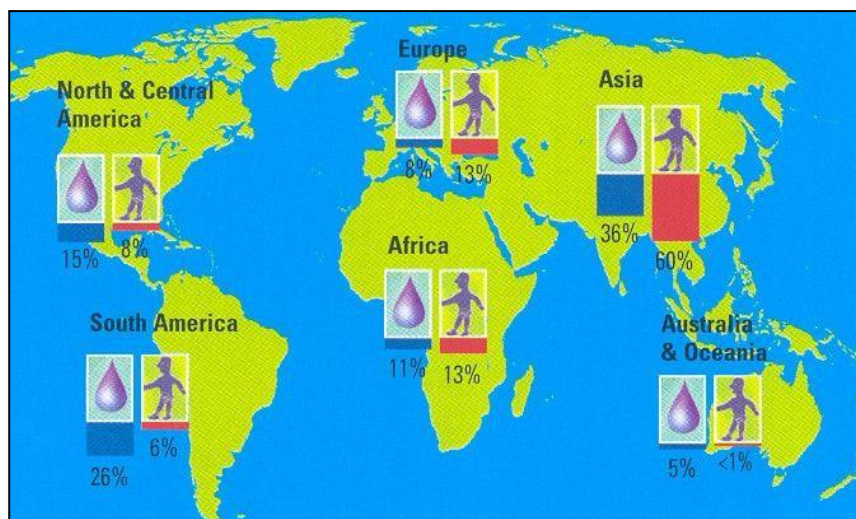
Figura 2: Distribuição espacial e quantitativa da água no planeta



Fonte: The United Nations World Water Development Report - (2003)

Como informado acima, não bastando à escassez de água doce no mundo, ela ainda é má distribuída, o que gera assim uma série de conflitos pela posse da mesma. Segundo o apresentado no documentário La soif Du monde (mundo com sede) feito por Thierry Piantinida e Baptiste Rouget-Luchaire e dirigido por Yann Arthus Bertrand, ainda hoje a água falta urgentemente para cerca de um bilhão de pessoas no mundo, isso sem falar que em alguns lugares do mundo tem gente que nunca bebeu água potável na vida. Na Figura 03, é apresentada a desigualdade de distribuição hídrica no planeta.

Figura 3: Percentagem de População Vs Percentagem de Água por Continente



Fonte: The United Nations World Water Development Report - (2003)



Percentagem de água existente num determinado continente;



Percentagem de população existente num determinado continente;

Como observado, em determinadas regiões do planeta existe mais água do que se necessita e em outras menos. Países como Brasil e Canadá, por exemplo, possuem uma quantidade de maior de água, em contrapartida, países do oriente médio tem uma quantidade muito menor do que necessitam.

Com o crescimento populacional dos últimos anos, os recursos contidos no planeta em que vivemos, vão se esgotando, e com a água não é diferente. Estima-se que em 90 anos a população mundial saltou de 2 para 7,5 bilhões de habitantes, o que de certa forma gera um aumento da necessidade de todos esses recursos.

Segundo pesquisas realizadas pela organização das nações unidas (ONU) em 2015, com o ritmo que o crescimento populacional vem tomando, pondera-se que no ano de 2100, essa mesma população atinja o número de 11,2 bilhões de habitantes, gerando assim um crescimento de 53% com relação ao presente.

De acordo com DEVES (2008, p2) enquanto a população mundial triplica, o uso da água doce do mundo multiplica por seis. O principal responsável por esse aumento foi à agricultura irrigada, que revolucionou a produção agrícola, e criou uma nova dificuldade, por sozinha utiliza 70% da água doce disponível”.

Outro fator que também provoca esse problema de escassez é o mau uso dos recursos hídricos do planeta, isso fez com que a ONU declarasse a água o tema principal do século XXI, e o ano de 2003 o ano internacional da água, para que assim buscassem soluções para os problemas hídricos no planeta.

2.2. RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Segundo a agência nacional de águas (ANA), o Brasil possui uma grande parte da água doce disponível. Aferiu-se que o país possui cerca de 12% da disponibilidade mundial, porém assim como no resto do planeta, essa água não é bem distribuída dentro do território nacional, (Tabela 1).

De acordo com GHISI (2006, apud MARINOSKI, 2007) “ verifica-se no Brasil, que as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Exemplo disso pode-se citar a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira”.

Tabela 1 – Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil.

Região	Densidade demográfica (hab./km ²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,50%
Nordeste	34,15	3,30%
Centro Oeste	8,75	15,70%
Sudeste	86,92	6%
Sul	48,58	6,50%

Fonte: IBGE/ Agência Nacional das Águas (ANA)- (2010)

Essa discrepância na distribuição de água doce no país, assim como no resto do mundo, gera uma escassez em determinadas regiões, sendo por número populacional ou por baixa quantidade de reserva hídrica. A região nordeste, por exemplo, todo ano passa por uma época de seca severa por falta de água. Por sua vez, recentemente regiões como sudeste e centro-oeste também sofreram por falta desse mesmo recurso, entretanto diferentemente do nordeste, a causa dessa falta, foi à quantidade populacional e o alto consumo nessas regiões.

Adicionado a essa na distribuição dos recursos hídricos no país, deve-se incluir o fato de o Brasil ser um país emergente e que por sua vez consome um valor significativo de água por dia para cada habitante. Ou seja, quanto mais populosa a região e mais desenvolvida, a mesma tende a gastar mais, agravando assim o problema da escassez como exemplificado na Tabela 2.

Tabela 2- Índice comparativo entre alguns países do consumo diário per capita de água

País	Consumo per capita (litros/dia para cada habitante)
Estados Unidos	575
Itália	385
México	365
Noruega	300
Alemanha	195
Brasil	185
Índia	135
China	85
Gana	35
Etiópia/Haiti	15

Fonte: Guia do Estudante (Editora Abril, 2009)

No Brasil se tem outro bom exemplo disso, em uma pesquisa realizada em 2015 e publicada na revista *exame* mostra que o estado do Rio de Janeiro, por exemplo, por ser mais desenvolvido, consome cerca de 250 l/hab. dia, já em Alagoas que é menos desenvolvido consome-se uma média de 99,65 l/hab. dia, estando assim abaixo dos 110 l/hab. Dia citado pela ONU como quantidade suficiente para atender as necessidades básicas do ser humano.

A United Nations Environment Programme (UNEP) classifica uma região conforme com sua disponibilidade de água, de alta a catastróficamente baixa, e segundo as previsões apresentadas por Ghisi em 2005, se nenhuma atitude for tomada quanto ao uso consciente, preservação e economia desse recurso, regiões como a Nordeste e a Sudeste do Brasil correm o risco de chegar à condição de catastróficamente baixa (Tabela 3).

Tabela 3- Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP

Disponibilidade hídrica (m ³ hab./ano)	Classificação
Maior que 20.000	Muito alta
10.000-20.000	Alta
5.000-10.000	Média
2.000-5.000	Baixa
1.000-2.000	Muito baixa
Menor que 1.000	Catastróficamente Baixa

Fonte: United Nations Environment Programme (UNEP)

Perante o panorama de escassez e mau uso dos recursos hídricos apresentado, tem-se um aumento na preocupação quanto à procura de novas formas de preservação da água do planeta. Atualmente já existem alguns desses métodos, como por exemplo, a racionalização do uso, a utilização de bacia sanitária com volume de descarga reduzido, o uso registros de fechamento automático em torneiras, e claro, a reutilização de águas pluviais para fins não potáveis através de seu armazenamento.

2.3. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

O sistema de reutilização de água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, cujo objetivo é de conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável (KOENIG, 2003).

Os métodos mais comuns para coleta da água da chuva são através de telhados ou por meio de superfícies no solo, sendo que, o conjunto de coleta de água pluvial através de superfície de telhados é considerado mais acessível, pois gera uma água de qualidade superior as demais.

O procedimento de reutilização de água da chuva pode ser classificado em direto ou indireto derivado de ações planejadas ou não. Em sua tese de mestrado, João Carlos de Almeida Mieli (MIELI, 2001) define bem cada tipo de uso:

- Reuso indireto não planejado:

Ocorre quando a água utilizada pelo homem é descarregada no ecossistema e novamente utilizada, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.

- Reuso indireto planejado:

Ocorre quanto à água depois de tratada é despejada de maneira planejada nos rios e lençóis freáticos, a fim de serem utilizadas junto ao reservatório de maneira controlada para fins de benefício da sociedade.

Porem deve-se ter controle sobre eventuais descargas de novos efluentes no caminho percorrido, garantindo dessa forma, que esses efluentes não alterem os níveis de qualidade para um eventual reuso.

- Reuso direto planejado:

Ocorre quando a água depois de tratada é encaminhada sem desvios até seu ponto de utilização.

2.3.1. Aplicações

Dentre as aplicações possíveis da reutilização de águas pluviais, têm-se as industriais, irrigação de lavouras, a irrigação de jardins, reserva de proteção contra

incêndios, lavagem de veículos, descargas de bacia sanitárias, lavagem de área de lazer, dentre outras aplicações. Nas Figuras 04, 05, 06, 07 e 08, são apresentados alguns dessas aplicações.

Figura 4: Utilização para Irrigação de Lavouras



Fonte: Irrigação em Lavoura de Tomate - Morrinhos-GO-(2018)

Figura 5: Utilização para Irrigação de Jardins



Fonte: Oceano Águas- água potável-(2013)

Figura 6: Utilização Como Reserva de Incêndio



Fonte: Bombeiros-(2016)

Figura 7: Utilização Como Lavagem de Carros



Fonte: Gazeta online – (2017)

Figura 8: Utilização Como Descarga de Bacia Sanitária



Fonte: O natalense – (2013)

2.3.2. Vantagens

O aproveitamento de água pluvial traz consigo diversas vantagens (AQUASTOCK, 2005, apud, SILVEIRA,2008):

- Redução do consumo de água do sistema de abastecimento público;
- Redução da tarifa de pagamento de água;
- Evita o uso de água potável para fins em que a mesma não é necessária;
- De certa forma, seu manuseio é simples, uma vez que depois de instalada o sistema de captação trabalha sozinho, precisando apenas de manutenções periódicas;

- Ajuda o meio ambiente, pois não desperdiça um recurso natural e importante para a vida como é a água;
- Ajuda no sistema de coleta de água da chuva, uma vez que evita sobrecarregamento do mesmo, evitando assim enchentes;

Outras vantagens do reuso de água pluvial são abordadas (SIMIONI, 2004, apud LIMA e MACHADO, 2008):

- Uso de estruturas já contidas nas edificações (telhados, lajes, rampas);
- Complemente o conjunto hidráulico da edificação;
- Serve como reserva de incêndio;
- Facilidade e baixo custo de manutenção;
- Qualidade do fluido de certa forma boa, principalmente quando coletada através de telhados;

2.3.3. Desvantagens

Quanto às desvantagens desse sistema, são apresentadas algumas (SIMIONI, 2004, apud LIMA e MACHADO, 2008):

- Quando comparado a outros métodos, seu custo é mais elevado;
- Sua reserva é limitada, pois depende da precipitação no local e da área do telhado;
- Custo inicial médio;
- Variação da qualidade da água;

2.4. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL AO LONGO DA HISTÓRIA

O manuseio e o aproveitamento de água pluvial não é uma prática nova, ao longo da história tem-se inúmeros relatos de desse tipo de prática, alguns desses datados antes mesmo da era cristã. Um bom exemplo disso é citado por Plínio Tomaz em um de seus livros sobre o conceito de aproveitamento de água da chuva (TOMAZ,2009).

Nesse livro, Plínio afirma que uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra Moabita (Figura 09), encontrada no Oriente Médio a leste do mar morto escrita na linguagem cananita e datada de 830 a.C. Nela o rei, sugere que cada morador faça um reservatório em sua casa através da seguinte frase “...para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo na sua casa”.

Figura 9: Pedra Moabita



Fonte: Aliança Netsarim Brasil-(2014)

Outro exemplo da reutilização de água da chuva ao longo da história está localizado no planalto de Loess, China, onde tem relatos da existência de cacimbas e tanques datados de dois mil anos atrás, a fim de armazenar a água pluvial.

Segundo Gnadlinger (2000), a reserva de água pluvial vem sendo um método comum em várias partes do planeta, tendo maior relevância em regiões áridas e semiáridas, que por sua vez predominam cerca de 1/3 do território mundial. Existem registros de reutilização de água da chuva nessas regiões a milhares de anos, e de diversos tipos, dependendo claro da sua necessidade. Um exemplo que foi utilizado é a captação para irrigar lavouras nessas regiões, uma vez que sua intensidade pluviométrica acontecia em poucos meses do ano e em locais diferentes.

Mundo a fora se tem cada vez mais estudado esse tema, principalmente em países mais desenvolvidos como a Alemanha e outros como Japão, a China, a

Austrália, os Estados Unidos e até mesmo em países menos desenvolvidos como países da África e a Índia.

2.5. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO BRASIL

Segundo Ghanayem (2001), a primeira instalação de reuso de água pluvial no Brasil, foi construída por estadunidenses no ano de 1943, em Fernando de Noronha. Sendo que ainda hoje se utiliza da água da chuva para suprir a necessidade da população.

Atualmente uma forma muito utilizada para a reutilização de água da chuva no Brasil, é a implantação de cisternas, principalmente em regiões mais secas como, por exemplo, o Nordeste.

O sistema de reuso, apresentado para as regiões semiáridas é acessível e baseia-se na utilização dos telhados das edificações como campo de captação e também como condutor até as cisternas, sistema esse, que é apresentado a seguir na (Figura 10).

Figura 10: Esquema de Cisterna Construída na Zona Rural



Fonte: UOL notícias- falta de água no nordeste - (2018)

Alguns municípios brasileiros tornaram lei à coleta de água da chuva, deixando claro o crescimento da preocupação com economia de água e a utilização desse sistema. O município de Curitiba no Paraná é um exemplo, com a lei de número 10785 de 19 de setembro de 2003, que diz:

Art 1º: “O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE, tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água”.

Outro exemplo que se tem, é a lei estadual N° 12526 de 2 de janeiro de 2007 do estado de São Paulo.

Artigo 1º - É obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² (quinhentos metros quadrados), com os seguintes objetivos: I - reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem; II - controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;

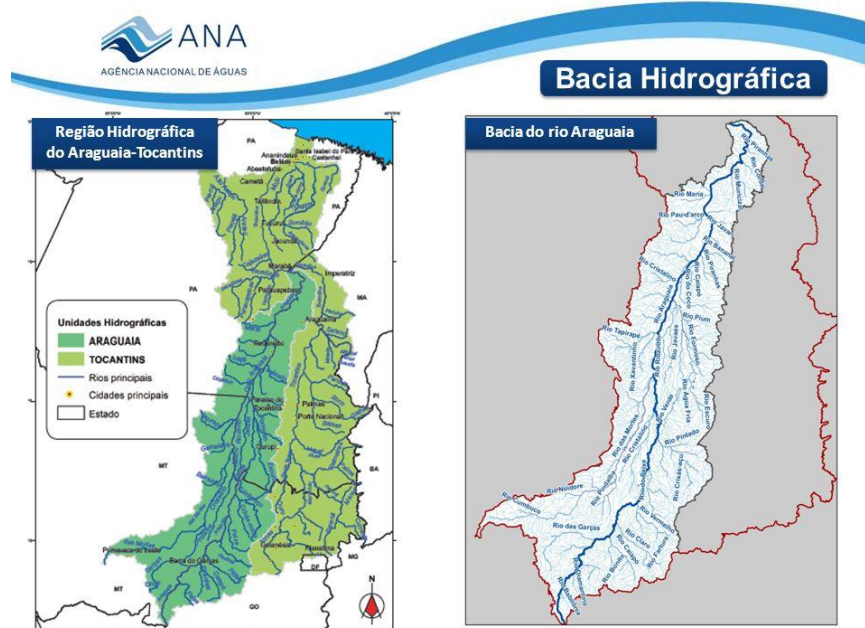
No dia 31 de outubro de 2017, o presidente da república federativa do Brasil, Michel Temer, sanciona a nova lei nº13.501/2017, que atualiza a lei nº 9.433/97, que também é conhecida como “lei das águas”. Após a publicação no diário oficial da união, a lei passa a ter o objetivo de: incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

2.6. REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO TOCANTINS

O Tocantins é um estado que é banhado pela bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, que além de ser a maior bacia totalmente brasileira, se estende pelos estados de Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Pará, Maranhão e, além disso, o Distrito Federal.

Quanto às características climáticas tocantinenses, pode-se determinar que seu índice pluviométrico médio anual se aproxima de 1.600 mm, sendo que o período de chuva está distribuído de outubro a abril, tendo maio como mês de transição para o período seco que vai de junho a setembro. Na Figura 11, apresentada a seguir, tem-se a bacia Tocantins Araguaia.

Figura 11: Bacia Tocantins-Araguaia



Fonte: Agencia Nacional de Águas (ANA)- (2015)

No que tange a reutilização de água da chuva no Tocantins, observa-se que tem tido um aumento com a sua preocupação. Em 2016, na feira tecnológica agropecuária do Tocantins (Agrotins 2016), foram abordadas às novidades em tecnologia e pesquisas destinadas ao aproveitamento de água da chuva.

Em 2017, o governo do estado sancionou a lei N° 3261 de 02/08/2017, que institui a política estadual de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define normas gerais para sua promoção. Ela tem por razão, promover os seguintes fatores:

- A conservação e uso racional da água;
- A sustentabilidade no uso dos recursos hídricos, assegurando à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água;
- O manejo adequado e crescente do volume das águas pluviais servidas;
- Incentivos econômicos para captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais;

2.7. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

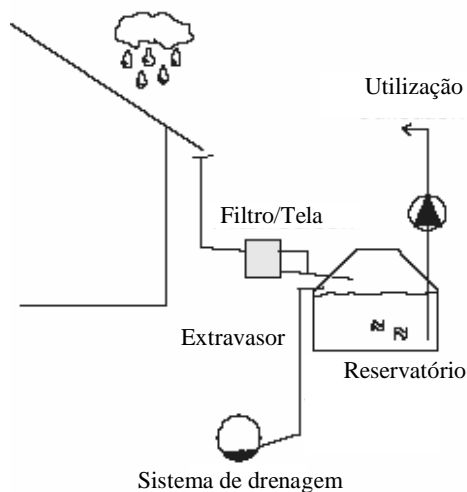
Segundo Franceschini (FRANCESCHINI, 2009), os sistemas de reuso de da água da chuva divergem conforme seu grau de complexidade, podendo variar desde um conjunto típico composto basicamente pelos componentes de coleta superficial

(telhado, calhas, condutores e reservatório), até conjuntos que são mais específicos, onde podem ser adicionados equipamentos adjacentes como, por exemplo, o sistema first-flush, que separa as primeiras águas sujas do telhado.

Herrmann e Schmida (1999) destacam quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água da chuva, que estão descritas a seguir:

1. Sistema de fluxo total: No qual, toda água coletada através do telhado é direcionada ao reservatório de captação, cruzando antes um filtro ou uma tela, sendo que o fluido, extravasado do reservatório é direcionado para o sistema de drenagem (Figura 12).

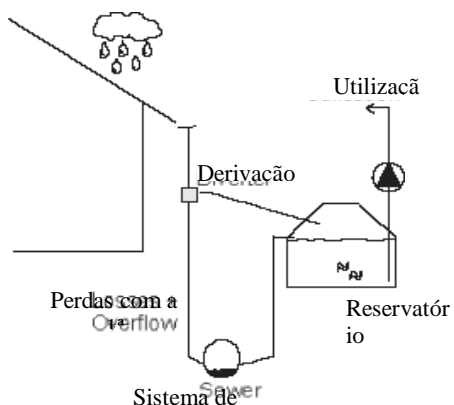
Figura 12: Sistema de Fluxo Total



Fonte: Herrmann e Schmida, (1999)

2. Sistema com derivação: Sistema que uma ramificação é instalada na tubulação vertical, tendo como objetivo descartar a primeira água da chuva que não é limpa, levando-a até o sistema de drenagem. Assim como citado no conjunto anterior, o fluido que transborda é direcionada ao sistema de drenagem (Figura 13).

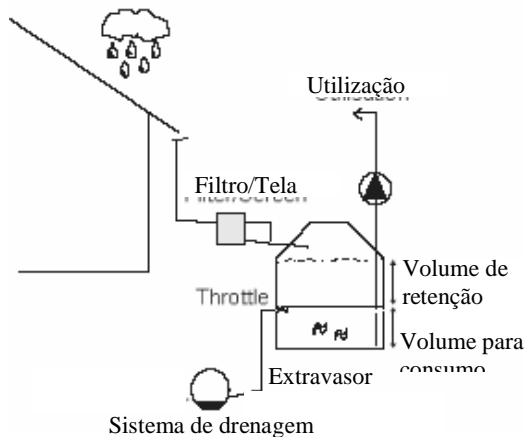
Figura 13: Sistema com Derivação



Fonte: Herrmann e Schmida, (1999)

3. Sistema com volume adicional de retenção: Onde, constrói-se um reservatório maior, com capacidade de armazenar a quantidade de chuva que se necessita para suprir a demanda, além de evitar inundações uma vez que armazena altas quantidades de águas pluviais. Fazendo assim com que neste sistema haja necessidade de uma válvula que regula a saída do volume excedente para o sistema de drenagem (Figura 14).

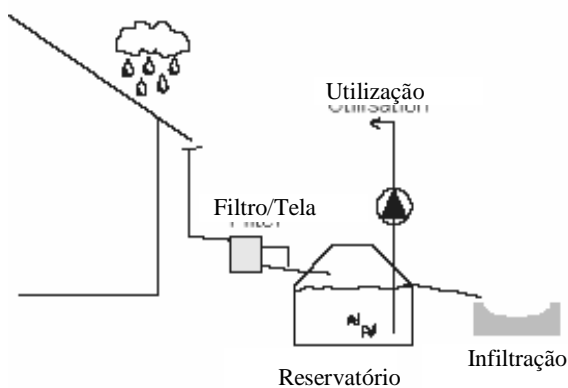
Figura 14: Sistema com Volume Adicional de Retenção



Fonte: Herrmann e Schmida, (1999)

4. Sistema com infiltração no solo: Neste, assim como no primeiro toda água da chuva coletada, e levada até o reservatório passando por um filtro ou uma tela, sendo que, nele o fluido que excede e direcionado à um sistema de infiltração no solo (Figura 15).

Figura 15: Sistema com Infiltração no Solo



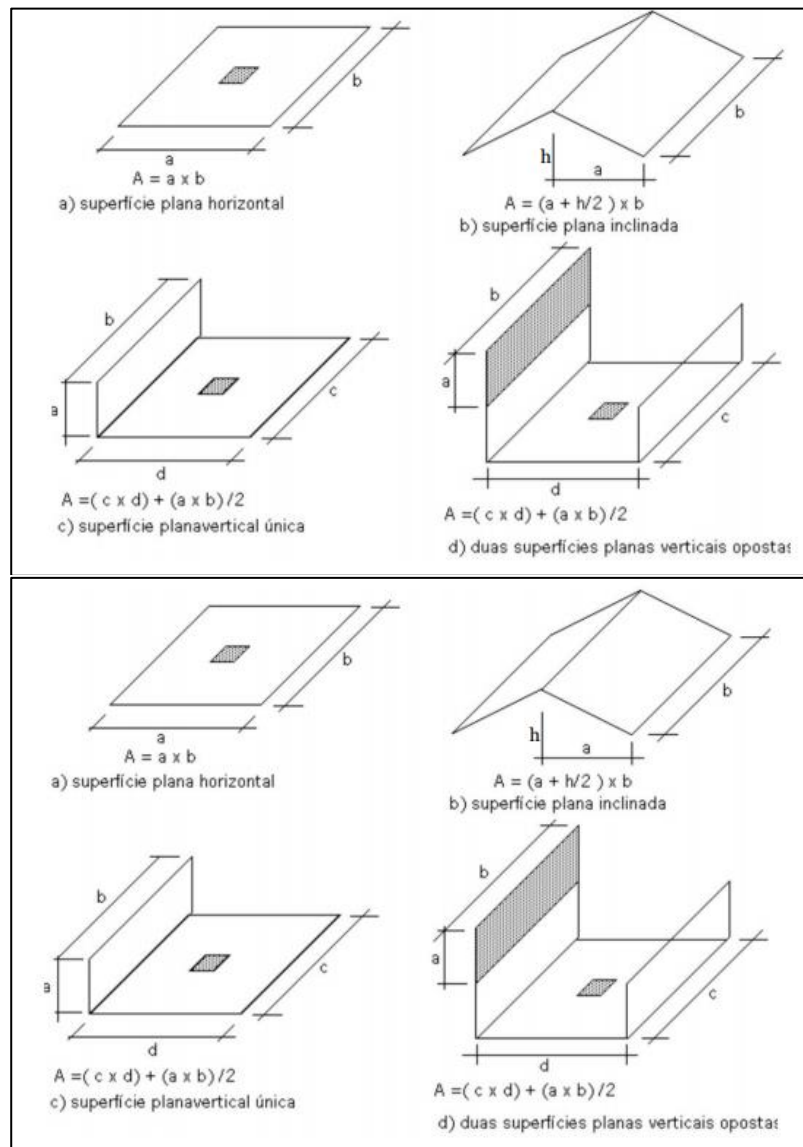
Fonte: Herrmann e Schmida, (1999)

2.7.1. Área de Captação

Geralmente a área de captação de água da chuva é o telhado de residências ou edifícios, e dependendo do seu modo de utilização essas áreas podem ser superfícies impermeabilizadas como lajes, pátios, calçadas, estacionamentos, etc.

O tamanho dessas áreas está diretamente ligado ao volume de água a ser coletado, dependendo também do seu formato, quantidade de águas e material do qual é feito. Para calcular a superfície de influência, deve-se analisar o tipo de telhado e de acordo com ele, usar uma das seguintes formulas:

Figura 16: Fórmulas para Determinação da Área Útil



Fonte: Norma Brasileira, NBR 15527- Água de chuva- aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis requisitos- (2007).

2.7.2. Tratamento da Água da Chuva

Para Eduardo Cohim (2009), a necessidade ou não do tratamento da água da chuva coletada, depende da qualidade da mesma e da finalidade na qual ela será utilizada. É provado que a concentração de poluentes, galhos e outras impurezas nas águas pluviais são maiores nos primeiros milímetros de chuva, isso sem falar que essa chuva inicial também tem por finalidade a limpeza da atmosfera e das superfícies de captação que estão contaminadas, logo se sugere a não utilização destes milímetros iniciais.

Portanto, um método simples de limpeza da água pluvial coletada é a remoção dos primeiros milímetros de chuva através do reservatório de eliminação da primeira chuva ou por meio do sistema com derivação já citado acima. Este procedimento é também denominado de autolimpeza da água da chuva (TOMAZ, 2003).

2.7.3. Calhas e Condutores

As calhas são responsáveis pela coleta das águas pluviais que caem sobre o telhado e também pelo o transporte da mesma até os condutos verticais, que por sua vez as conduzem até os reservatórios.

Ambas são encontradas em diversos materiais, porém os mais usados são em PVC e metálicos. Deve-se lembrar de que toda tubulação que fizer parte desse sistema de coleta de água pluvial deve estar destacada com cor diferente para que não haja conexões cruzadas com a rede de água potável (COHIM, 2007).

2.7.4. Bombas

Somente há a necessidade do uso de bombas, quando os pontos de utilização estiverem em cotas superiores ao nível de água no reservatório principal. No caso de edifícios como o que será realizado o experimento, tem-se reservatório superior e inferior, necessitando assim de uma bomba que leve a água coletada do reservatório inferior até o superior, para que assim o mesmo abasteça a edificação.

2.7.5. Reservatórios

Após o término da realização do processo de tratamento e coleta da água da chuva, independentemente do tipo de sistema e do modo de limpeza, deve-se encaminhar essa água até os reservatórios.

De certa forma, pode-se afirmar que esse é o componente mais importante do sistema, e o cálculo de seu dimensionamento, o mais cuidadoso de todos. O reservatório deve ter um volume ideal para suprir as necessidades, e deve levar em consideração as épocas de chuva e de secas da região onde está localizada a edificação.

Esses reservatórios podem ser enterrados, semi-enterrados, apoiados sobre o solo ou elevados. Além disso, podem ser construídos de diferentes materiais, como por exemplo, concreto armado, PVC, alvenaria, aço entre outros como apresentado a seguir nas Figuras 16, 17 e 18.

Figura 17: Reservatório em PVC



Fonte: Tecnotri Indústria de Plásticos – (2015)

Figura 18: Reservatório em Alvenaria



Fonte: temos tudo.com – (2018)

Figura 19: Reservatório em Aço



Fonte: casa e construção- (2018)

2.8. DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

Existem vários tipos de métodos de dimensionamento de reservatório que por sua vez resultam em volumes distintos. Desses métodos, alguns são apresentados na norma NBR 15527/2007 - água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.

A escolha desse método é de fundamental importância para viabilidade de implantação do conjunto de aproveitamento de água pluvial, já que, como já informado acima, esse é o componente mais importante do sistema.

No dimensionamento de reservatórios, tem-se por objetivo definir a capacidade volumétrica que atenda ao máximo possível à demanda exercida e com um menor custo para se implantar. Vale frisar que, nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda essa demanda e nem tampouco será possível armazenar toda a chuva fornecida.

A NBR 15527/2007, especifica os seguintes métodos para o dimensionamento de reservatórios:

- ✓ Método de Rippl;
- ✓ Método prático brasileiro ou método de Azevedo neto;
- ✓ Método prático alemão;
- ✓ Método prático inglês;
- ✓ Método prático australiano;

Mais um método citado por (BUENO et. al, 2012), pode ser considerado no cálculo do dimensionamento de reservatórios de água pluvial.

- ✓ Programa computacional Netuno

2.8.1. Método de Rippl

Para Plínio Tomaz (2011), o método de Rippl é o geralmente usado em reutilização de água pluvial devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação.

Neste método, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de confiança (SCHILLER, LATHAN, 1982).

De acordo com Ghisi (2013), o método de Rippl, é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão controlada constante durante o período de maior seca registrado.

$$V_{rippl} = \sum_{i=1}^d S \quad \text{Equação 1:}$$

Em que:

V_{Rippl} = Volume do reservatório obtido pelo método de Rippl (litros);

D = número de dias no período analisado (igual ao número de dias da série de precipitações utilizada);

S = diferença entre a demanda diária de água pluvial e o volume de água que escoam diariamente pela superfície de captação (litros).

2.8.2. Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto

O método de Azevedo Neto é o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527/2007.

Esse método utiliza uma série de precipitação de forma anual relacionado com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. Sendo que, é estabelecido como volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada pela área de captação e o período de meses com pouca chuva ou seca (FONTANELA, 2010).

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T \quad \text{Equação 2:}$$

Em que:

V_{an} = volume do reservatório (litros);

P_a = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/m² por ano);

A = área de captação (m²);

T = número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

2.8.3. Método Prático Alemão

Neste método, o volume de reservatório de água da chuva será basicamente o menor valor registrado entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da

demanda anual de água não potável. O coeficiente de 0,06, é usado para que a água da chuva coletada, não fique retida mais de 22 dias (ANQUIP, 2009).

Vadotado = Mínimo entre (V e D) × 0,06(6%) Equação3:

Em que:

V= volume anual de precipitação aproveitável (L);

D= demanda anual de água não potável (L).

2.8.4. Método Prático Inglês

De acordo com o método prático inglês, o reservatório é calculado através da multiplicação da média dos totais anuais de precipitação pela área da superfície de captação e pelo coeficiente de 0,05 (ABNT, 2007), desta forma, nesse método haverá variação apenas entre as áreas de captação das edificações (FONTANELA, 2010).

Esse método garante que a água da chuva coletada fique retida até 18 dias no reservatório e ele é considerado um dos métodos mais simples de se aplicar, uma vez que abrange apenas a precipitação anual.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Equação 4:}$$

Em que:

P= precipitação média anual (mm);

A= área de coleta em projeção (m²);

V= volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

2.8.5. Método Prático Australiano

No último método sugerido pela NBR 15527/2007, inicialmente deve-se calcular o volume de água da chuva por meio da seguinte equação.

$$Q = \frac{(A \times C \times (P - I))}{1000} \quad \text{Equação 5:}$$

Em que:

C= coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

P= precipitação média mensal (mm);

I= interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas através da equação citada abaixo, onde no mês 1, considera-se o reservatório vazio), até que seja alcançado um valor dentro de um intervalo de confiança de 90% a 99%.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Equação 6:}$$

Em que:

Q_t= volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³);

V_t= volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³);

V_{t-1}= volume de água que está no tanque no início do mês t (m³);

D_t= demanda mensal (m³).

2.8.6. Programa Computacional Netuno

O netuno, versão 3.0, é um programa computacional desenvolvido no LabEEE/UFSC (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2009), validado por rocha (2009), que tem como objetivo determinar o potencial de economia de água potável em função da capacidade do reservatório, através do aproveitamento de água pluvial para usos em que a água não precisa ser potável.

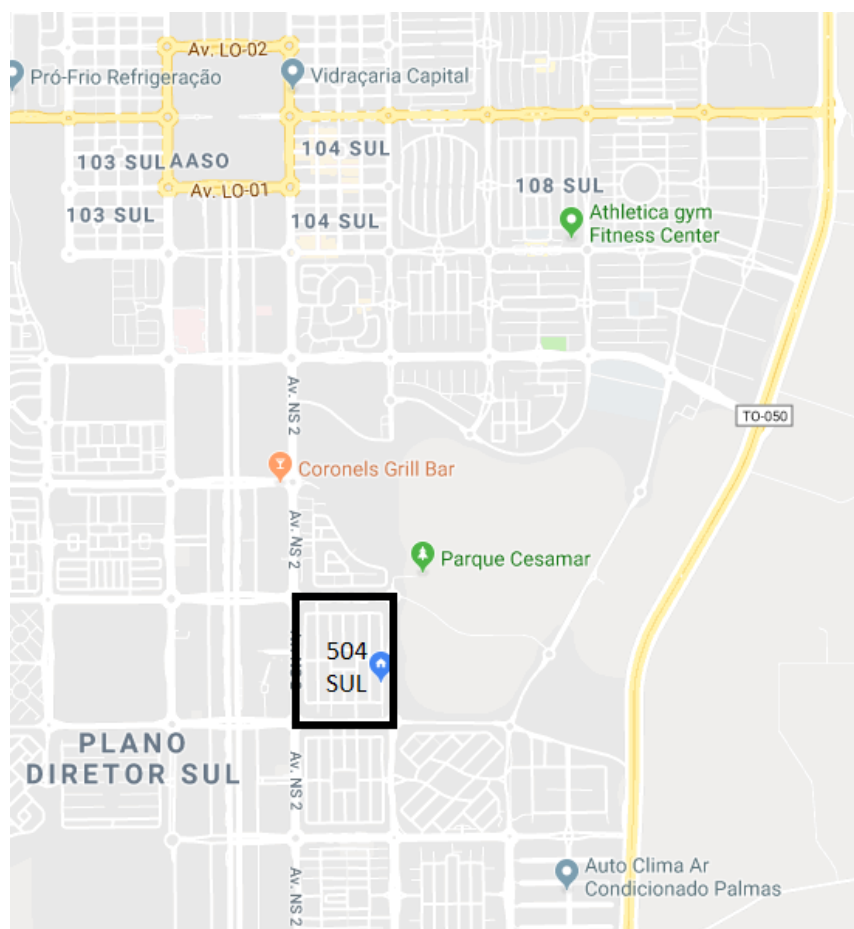
Esse programa permite que sejam feitas simulações da possível economia de água potável tanto para um volume de reservatório quanto para diversos volumes, ao mesmo tempo.

3. METODOLOGIA

3.1. DA LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O conjunto habitacional onde foi desenvolvido o estudo encontra-se na cidade de Palmas no estado do Tocantins, mais precisamente na quadra 504 sul, conforme o explicito na (figura 20), que demonstra a localização da quadra com relação a cidade acima citada.

Figura 20: Quadra 504 Sul



Fonte: Próprio Autor (2018)

Esse projeto, foi executado em um edifício chamado residencial Bellágio, que possui 11 pavimentos e 42 apartamentos, sendo 4 por pavimento tipo e 2 na cobertura. Esse edifício está situado na quadra 504 sul Alameda 14 lote 11, a (Figura 21) destaca a posição do mesmo com relação a sua localização na quadra.

Figura 21: Residencial Bellágio



Fonte: Próprio Autor (2018)

Esse foi um estudo, visando soluções para economia no consumo de água potável e proporcionalmente de custo na conta a ser paga, no conjunto habitacional acima citado.

3.2. OBTENÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para a realização desse estudo, tem-se primeiramente que analisar o “volume de água de chuva” na cidade de Palmas-TO. Para isso, foram coletados os dados de precipitação acumulada mensalmente no período de 1998 a 2018 da região, que são obtidos pelo BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET, 2018).

A estação utilizada para obtenção desses dados foi a (OMM: 83033), situada no município de Palmas-TO, com latitude $10^{\circ}11'27''$ S, longitude $48^{\circ}18'6''$ W e altitude de 280 metros.

3.3. DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO

A influencia da área de captação no sistema de aproveitamento de água da chuva é bastante significativa, pois como é ela quem controla a quantidade de água que será coletada, a mesma determina a viabilidade ou não do sistema, uma vez que quanto maior a área maior sua contribuição.

Geralmente a área de captação de água da chuva corresponde ao telhado de residências ou edifícios, e dependendo do seu modo de utilização essas áreas podem ser superfícies impermeabilizadas como lajes, pátios, calçadas, estacionamentos, etc.

No caso do experimento realizado, as áreas de captação foram às coberturas do prédio e da garagem, pois ambas possuem uma melhor qualidade. Fazendo assim com que se despreze a área impermeável de estacionamento, por ser uma área onde há um grande fluxo de circulação de veículos, tornando assim, a água imprópria para utilização.

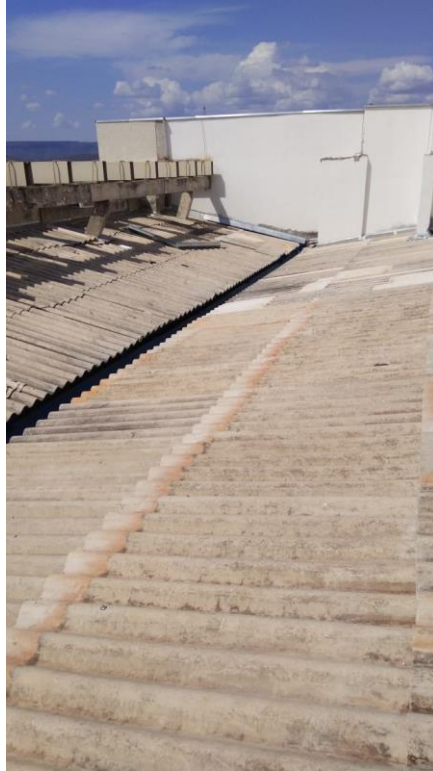
As figuras 22 e 23 representam a cobertura do edifício em estudo, podendo assim notar suas características, sendo composta por telha fibrocimento, com inclinação de 20%, contendo também calhas e rufos metálicos.

Figura 22: Cobertura do Bloco em Estudo



Fonte: Próprio Autor (2018)

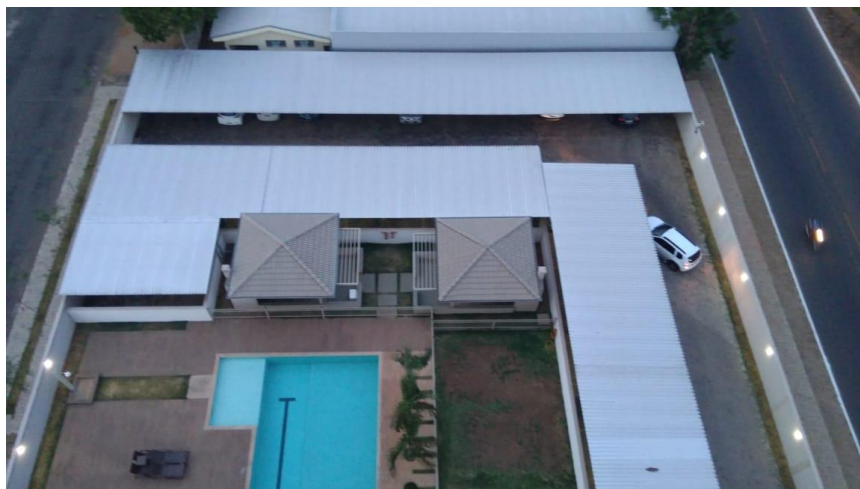
Figura 22: Cobertura do Bloco em Estudo



Fonte: Próprio Autor (2018)

Por sua vez, as figuras 24 e 25, apresentam a cobertura das garagens, que são confeccionadas com telha metálica e inclinação de 10%, porem diferentemente da cobertura do edifício, não possui uma estrutura de calhas para captação da água da chuva, estrutura essa que deverá ser projetada para assim atender o experimento.

Figura 23: Cobertura da Garagem



Fonte: Próprio Autor (2018)

Figura 24: Cobertura da Garagem



Fonte: Próprio Autor (2018)

Com relação ao dimensionamento dessa área, deve-se basear nas equações disponibilizadas na norma da ABNT NBR 10844/1989 para realizar seus cálculos, norma essa que leva em consideração, a inclinação e suas dimensões.

3.4. CONSUMO MENSAL DE ÁGUA POTÁVEL

Assim como informado acima no item 3.1, o edifício possui 42 apartamentos com 84 pessoas totais residindo no mesmo, contabilizando assim uma média de dois habitantes por apartamento.

Não foi possível realizar a quantificação exata do volume consumido em litros por habitante dia, pois alguns apartamentos preferiram não fornecer os dados de consumo dos mesmos.

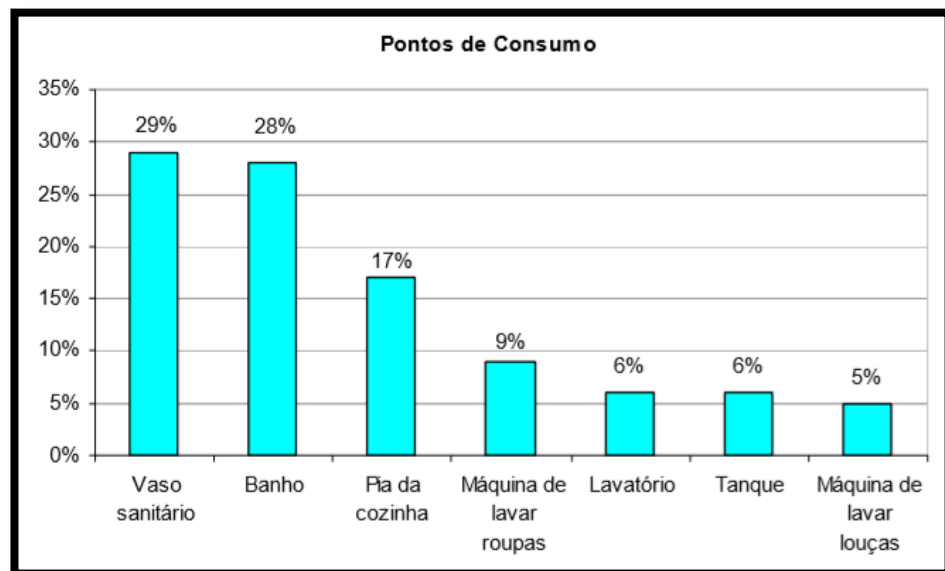
Tendo esse impasse, utilizou-se dos dados de consumo do apartamento 1003, onde residem seis pessoas, sendo três adultos e três crianças. Os dados obtidos foram dos meses 07/2017 à 08/2018.

3.5. CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTAVEL

De acordo com um estudo realizado por Tomaz (2000), o vaso sanitário e a lavagem de roupas correspondem à cerca de 35% e 22% do consumo médio interno de uma residência. Em outra pesquisa, realizada dessa vez por Jensen (1991) na Dinamarca, é afirmado que bacia sanitária consome 20% e a lavagem de roupas 15% desse mesmo consumo total.

Em um estudo realizado pela USP (Universidade de São Paulo) em conjunto com a Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) em edificação residenciais, constatou-se uma relação do uso final da água no Brasil, conforme apresentado a seguir na figura 26.

Figura 25: Uso Final da Água Residencial



Fonte: DECA, (2003)

Observando a figura 26, foi possível constatar que em termos percentuais a descarga do vaso sanitário e a lavagem de roupas que são os principais pontos de consumo onde não se exige a utilização de água potável, correspondem a uma faixa que varia de 35% a 57% do uso final de água nas residências brasileiras.

O valor levado em consideração para determinar o consumo de água não potável será o da bacia sanitária, pois tem uma porcentagem significativa em relação aos outros consumos que podem ser utilizados água não potável, assim, será levado em consideração somente este, pelo motivo do bloco não ter ligações que regam jardins e nem disponibilidades para lavagem de veículos.

3.6. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATORIO DE ÁGUA PLUVIAL

Após a coleta da água precipitada pela cobertura, ela é direcionada a um reservatório de acumulação, mas antes disso, não é necessário que haja um descarte da primeira chuva, que tem a função de limpar a área de captação e reter materiais grosseiros.

Foi observado que na região em estudo, tem-se um período de sete meses de abundância de água, e nos demais cinco meses do ano um regime hídrico, ou seja, uma escassez de água. Esses fatores foram levados em consideração para determinação do melhor método de dimensionamento do reservatório de água pluvial.

Depois de analisar os dados pluviométricos obtidos sobre a região em estudo, as características da área de captação da edificação e o fato de se ter uma fonte de água complementar para o período de estiagem, chegou-se a conclusão de que o melhor método de cálculo é o Método Prático Australiano.

Segundo Amorim e Pereira (2008), esse é um método que busca diminuir o volume do reservatório por consequência dos altos índices pluviométricos na região, diminuindo assim os gastos com implantação do sistema e, portanto tornando mais viável o mesmo.

O dimensionamento de grandes reservatórios, responsáveis por acumular água durante a estiagem, aplica-se muito a regiões onde não se dispõe de outras fontes alternativas de fornecimento de água. O que não é o caso de regiões urbanas, onde frequentemente há um sistema público de abastecimento de água, e há uma falta de áreas livres para instalação de sistemas de grandes volumes de acumulação. Tendo isso em mente, deve-se buscar a utilização de métodos mais conservadores.

- Método Prático Australiano:

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q_c = \frac{(A \times C \times (P_{mm} - I_p))}{1000} \quad \text{Eq:7}$$

Em que:

C= Coeficiente de escoamento superficial;

P_{mm}= Precipitação média mensal (mm);

I_p= Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação;

Q_c= Volume mensal produzido pela chuva (m³)

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores de confiança.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Eq:8}$$

Em que:

Q_t= Volume mensal produzido pela chuva do mês (m³);

V_t= Volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³);

V_{t-1}= Volume de água que está no tanque no início do mês (m³);

D_t= Volume do consumo mensal (m³).

Obs: para o primeiro mês, considera-se reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D_t) < 0$, então o $V_t = 0$. O volume do tanque escolhido será T, em metros cúbicos.

Para cálculos da confiança:

$$Pr = \frac{Nr}{N} \quad \text{Eq: 9}$$

Em que:

Pr= Falha;

Nr= Número de meses em que o reservatório não atendeu ao consumo, isto é, quando $V_t = 0$.

N= Número de meses considerado, geralmente 12 meses.

$$\text{Confiança} = 1 - Pr \quad \text{Eq:10}$$

Vale lembrar que o recomendado é que os valores de confiança sejam entre 90% e 99%.

3.7. DETERMINAÇÃO DO CONJUNTO MOTOBOMBA

3.7.1. Cálculo da Potência da Bomba

Para se calcular a potência de um conjunto motobomba e assim determinar qual a bomba ideal para o edifício, deve-se utilizar a seguinte equação:

$$Pot = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{75 \times n} \quad (cv) \quad \text{Equação 11:}$$

Em que: Pot= potência da bomba, em cv;

γ = peso específico da água (1.000 kgf/m³)

Q= vazão, em m³/s;

H_m= altura manométrica total, em m;

N= rendimento do conjunto motobomba (50% a 80%)

3.7.2. Cálculo da vazão (l/s)

Para se calcular a vazão (Q) que se utiliza nessa equação, deve-se seguir a seguinte equação:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (l/s) \quad \text{Equação 12:}$$

Em que: Q= vazão (m³/s);

V= volume (m³);

T= tempo (s).

3.7.3. Cálculo dos diâmetros de recalque e sucção

Quanto a determinação do diâmetro de sucção, se utiliza a equação a seguir, equação essa em que se necessita definir a velocidade, que normalmente é de 1,5 m/s.

$$D_s = \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{3,14 \times V}\right)} \text{ (m)}$$

Equação 13:

Em que: D_s= diâmetro de sucção (mm);

Q= vazão (m³/s);

V= velocidade (m/s).

Por sua vez, quanto ao diâmetro de recalque, ele deve ser um diâmetro comercial menor do que o calculado como de sucção.

Depois de encontradas todas as variáveis e componentes do sistema de reaproveitamento de água pluvial, será feito um estudo de viabilidade da implantação desse sistema no edifício Bellágio, para tanto, deve-se analisar a economia de água, a variação na tarifa a ser paga e o tempo para que esse sistema se pague com as economias fornecidas pelo mesmo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Área de Captação

O cálculo da área de captação, foi realizado baseando-se nas fórmulas fornecidas pela na norma da ABNT NBR 10844/1989, onde se foi considerado a área da planta da cobertura e da garagem, suas inclinações dos telhados e a altura da platibanda, vale lembrar também que foi desconsiderada a inclinação da eventual chuva.

Após a realização dos cálculos, constatou-se que a edificação em estudo possui uma área de captação de 1031,13m² m², lembrando que se utilizou apenas a área correspondia pelas coberturas, desprezando por tanto outras áreas como, por exemplo, do estacionamento.

4.2. Dados pluviométricos da região

Os dados para quantificação pluviométrica da região foram obtidos em conjunto ao site do BDMEP, onde se foi utilizado a estação (OMM:83033), que foi inaugurada em 1993 e está situada nas coordenadas 10°11'27"S e 48°18'6"W.

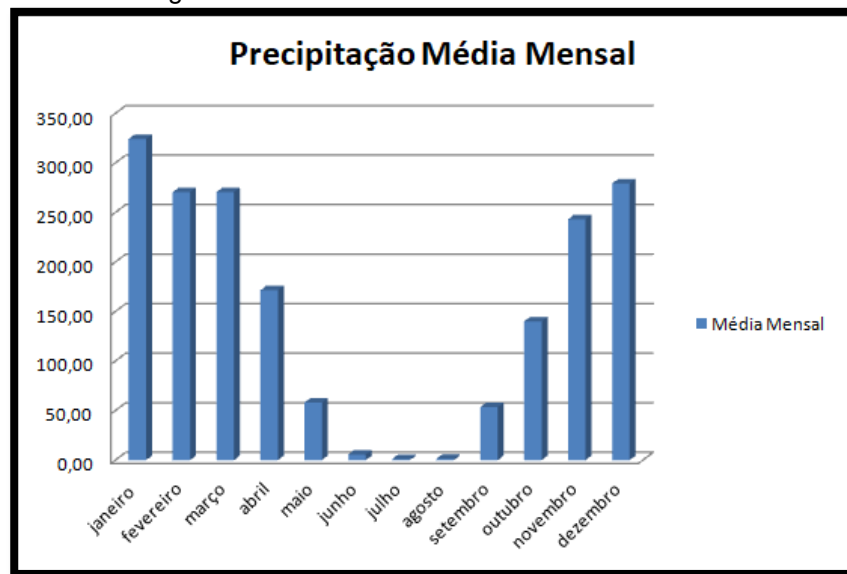
Figura 26: Dados de Precipitação de Palmas 1998 a 2018

Município de Palmas	Identificação da estação: Palmas- TO (OMM:83033)			Coordenadas Geográficas									TOTAL ANUAL
				Latitude	Longitude	Altura							
				10°11'27"S	48°18'6"W	280,0m							
ANO	ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS (mm)												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1998	197,8	239,5	282,3	84	45,9	0	0	0	15,7	69,8	305,1	241,1	1481,2
1999	391,7	243,1	242	159,7	64,8	0	0	0	142,9	441,7	594,7	2280,6	
2000	288,3	526,7	286,9	134	42,2	0	21,1	3,7	46,3	142,4	284,1	430,3	2206
2001	234,4	147,3	387,5	117,4	22,2	1,2	0	0	129,1	373,4	420,4	338,6	2171,5
2002	431,7	195,1	233	107,8	55	0	0	0	76,1	145	214,5	238,6	1696,8
2003	487,1	241,4	236,8	231,6	129,9	0	0	18,6	22,6	179,6	303,1	193	2043,7
2004	490,7	204,5	299,4	246,9	2,3	27,4	0	0	41,8	160,2	172,1	249,9	1895,2
2005	263,2	257,9	273,4	179,3	46,1	0	0	0	82,9	110,2	242	336,7	1791,7
2006	174,5	313,8	402,9	403,8	156,3	0	0	1,7	198,3	140,4	131,6	226	2149,3
2007	365,1	583,2	209,1	84,2	34,3	0	0	0	55,1	80,9	201,7	130,1	1743,7
2008	292,7	272,7	294,7	238,2	34	0	0	0	12,1	98,9	298	169	1710,3
2009	160,1	353,8	168,7	130,4	285,1	40,1	0	0,4	80,7	213,7	172	316,3	1921,3
2010	436,9	206,1	462,5	82,8	25,6	0,2	0	0	18	222,1	189,4	162	1805,6
2011	354,2	327,3	352,4	218,8	9,8	0	2,2	0	0	228,1	210,5	302,4	2005,7
2012	378,8	247,8	121	92,8	63,3	8,8	0	0	0	31,3	326,2	227,9	1497,9
2013	289,1	197,2	369,4	105,3	24,9	24,2	0	0,2	10,5	114,5	281	433	1849,3
2014	291,4	281,1	363,6	179,8	52,3	0	0	0	82	155,4	191,1	247,2	1843,9
2015	152,6	201,3	145,3	308	103,7	0	0	0	97,9	132,9	102,6	149,4	1393,7
2016	429,6	4,8	161,7	80,5	2,6	18,2	0	0	100,1	38	180,9	254,1	1270,5
2017	424,1	288,8	207,4	163,9	17,8	0	0	0	0	21,6	197,1	343	1663,7
2018	273,4	345,4	182	251,4	0,4	0							1052,6
MÉDIA MENSAL	324,16	270,42	270,57	171,46	58,02	5,72	1,17	1,23	53,46	140,07	243,26	279,17	1784,49

Fonte: (BDMEP,2018)

Observando a Figura 27, conclui-se que a cidade de Palmas-TO, durante o período de 1998 a 2018, teve uma precipitação média anual de 1784,49 mm. Constatou-se também que, o ano que teve o menor índice de precipitação foi o de 2016 com apenas 1270,5 mm e o que teve maior índice de pluviométrico foi o ano de 1999, com um total de 2280,6 mm de chuva.

Figura 27: Média dos Dados Históricos de Palmas



Fonte: (INMET,2018)

A Figura 28 simplifica os dados contidos na Tabela da (Figura 27), podendo assim observar uma grande variação do índice pluviométrico na região dentre os meses do ano. Nota-se também, que meses como maio e setembro tem uma baixa quantidade de precipitação com aproximadamente 50 mm de chuva, outros como junho, julho e agosto, possuem praticamente nenhuma precipitação e os meses compreendidos entre outubro a abril, possuem índices mais elevados.

4.3. Consumo de água potável

O consumo médio de água no edifício em estudo foi estimado com base número médio de moradores, que como afirmado no item 3.4 é de duas pessoas por apartamento, totalizando 84 habitantes residentes no edifício.

Vale lembrar que como não foi possível obter os dados de consumo de cada apartamento, utilizou-se o apartamento 1003 como amostra para pesquisa.

Figura 28: Consumo do Ap. 1003

Edifício Bellágio	
504 sul alamed 14 lote 11	
Apartamento 1003	
Mês	Consumo (m ³)
jul/17	26
ago/17	33
set/17	33
out/17	34
nov/17	29
dez/17	34
jan/18	32
fev/18	30
mar/18	29
abr/18	25
mai/18	21
jun/18	27
jul/18	28
ago/18	23
Média	28,85 m ³ /mês

Fonte: Próprio Autor (2018)

A Figura 29 apresenta a demanda de água exigida pelo apartamento 1003 do edifício em estudo no período de jul/2017 a ago/2018, esses dados foram obtidos através das contas fornecidas pela companhia de água da cidade, que no caso é a BRK ambiental (brokfield).

Ao se analisar os dados da figura 29, pôde-se concluir que a média de consumo do apartamento em questão é de 28,85 m³/mês. Como residem 6 habitantes no recinto, deduz-se que cada um consome uma média 4,80 m³/mês. Ou seja, ao se multiplicar a demanda mensal de água pelo número total de habitantes do edifício, constatou-se que o mesmo exige uma media de 403,9 m³ por mês de água potável.

4.4. Demanda de água não potável

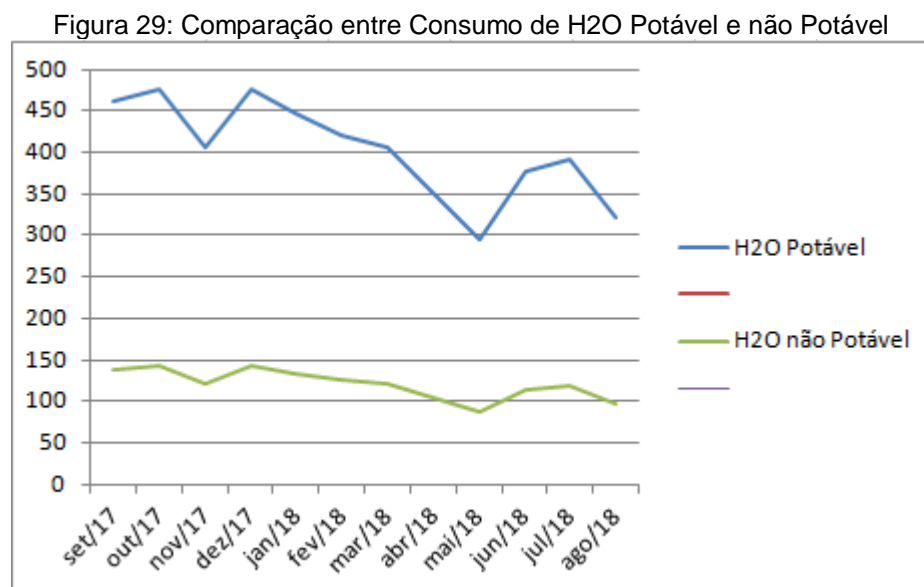
Como afirmado no item 3.5, o percentual do consumo de água não potável em uma residência, varia de 35% a 57%, tendo alguns itens com maior influencia que outros dentro desse percentual. Dentre esses itens, o que apresenta maior

valor, segundo estudo realizado pela USP em conjunto com a SABESP, é o da bacia sanitária, que compreende cerca de 30% do valor total do consumo de água.

Sendo assim, pelo fato o do bloco não ter ligações que regam jardins e nem disponibilidades para lavagem de veículos, será levado em consideração para cálculo do reservatório apenas o valor de consumo da bacia sanitária como uso de água não potável.

Portanto, ao se retirar 30% do volume médio de consumo do edifício, obteve-se o valor de 121,2 m³/mês, que por sua vez, representa a demanda de água que não exige potabilidade utilizada no prédio durante um mês.

A figura 30, apresentada a seguir, exemplifica de maneira mais sucinta os dados da demanda de consumo de água potável e não potável do edifício em estudo por meio de um gráfico de linhas.



Fonte: Próprio Autor (2018)

4.5. Volume do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório de acumulação, necessita-se de alguns dados para dar entrada na planilha de cálculo pelo Método Prático Australiano, que são chuva média mensal, demanda mensal, área de captação e o volume de chuva.

Por ser uma região com alto índice pluviométrico, e com fonte alternativa para abastecimento do reservatório, optou-se por este método, que é considerado por

alguns estudiosos como um método conservador, devido o volume para a reserva das águas pluviais ser menor do que alguns outros métodos que tem como finalidade superdimensionar, com o intuito de suprir a demanda total na época de estiagem da região.

De acordo com Amorim e Pereira (2008), o método prático australiano é um método que busca diminuir o volume do reservatório, devido os altos índices pluviométricos na região, diminuindo assim os gastos com a implantação do sistema. Ele também é indicado por ser menos complexo e de fácil aplicação, podendo assim ser utilizado em residências unifamiliares.

Figura 30: Método Prático Australiano – Dimensionamento

Meses	Chuva Média (mm)	Demanda (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva (m³)	Volume de início do mês (m³)	Volume no fim do mês (m³)
janeiro	324,16	134,4	1031,13	265,7526	0	131,3526
fevereiro	270,42	126	1031,13	221,4199	131,3526	200
março	270,57	121,8	1031,13	221,5456	200	200
abril	171,46	105	1031,13	139,7859	200	200
maio	58,02	88,2	1031,13	46,21426	200	158,0143
junho	5,72	113,4	1031,13	3,067857	158,0143	47,68212
julho	1,17	117,6	1031,13	0	47,68212	-69,9179
agosto	1,23	96,6	1031,13	0	0	-96,6
setembro	53,46	138,6	1031,13	42,44956	0	-96,1504
outubro	140,07	142,8	1031,13	113,8904	0	-28,9096
novembro	243,26	121,8	1031,13	199,0122	0	77,21221
dezembro	279,17	142,8	1031,13	228,6345	77,21221	163,0467

Fonte: Próprio Autor (2018)

Para determinação do volume de água do reservatório pelo método prático australiano, necessita-se a aplicação das equações a seguir:

O volume de chuva para o mês de janeiro é obtido pela seguinte Equação 7:

$$Q_c = \frac{(A \times C \times (P_{mm} - I_p))}{1000}$$

$$Q_c(\text{mês de janeiro}) = \frac{(1031,13 \times 0,8 \times (324,16 - 2))}{1000}$$

$$Q_c(\text{mês de janeiro}) = \mathbf{265,75\text{m}^3}$$

Repete-se o procedimento acima para os demais meses do ano.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores de confiança para o mesmo.

Para se determinar o volume de água que fica retido ao fim de cada mês no reservatório, deve-se utilizar a Equação 8:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

$$V_t (\text{mês de janeiro}) = 0 + 265,75 - 134,4$$

$$V_t (\text{mês de janeiro}) = \mathbf{131,35\text{ m}^3}$$

Vale lembrar, que para o primeiro mês se considera o valor de V_{t-1} como 0, pois não se tem nada acumulado até o prezado momento.

Importante também ressaltar que quando $(V_{t-1} + Q_t - D_t) < 0$, deve-se adotar $V_t = 0$.

Quanto a falha do sistema, deve-se utilizar a Equação 9:

$$Pr = \frac{Nr}{N}$$

$$Pr = \frac{4}{12}$$

$$Pr = \mathbf{0,33 \text{ de falhas}}$$

Nesse caso, é importante reforçar que Nr representa os meses do ano em que o reservatório não atendeu ao consumo, isto é, quando $V_t = 0$, e que N , representa o número de meses considerado no estudo, que nesse caso são 12.

Por sua vez, para se determinar a confiabilidade do sistema, utiliza a Equação 10:

$$\text{Confiança} = 1 - Pr$$

$$\text{Confiança} = 1 - 0,33$$

$$\text{Confiança} = \mathbf{0,67 \text{ ou } 67\%}$$

O volume de reserva de água pluvial médio necessário para suprir e aproveitar ao máximo as chuvas para o bloco seria de em 350 m³, porém, devido às dimensões que o mesmo teria, tornou-se inviável a sua execução. Com isso, definiu-se que seria reduzido o seu volume para 200m³, para que assim atenda uma boa quantidade do ano, e que torne a construção do mesmo viável. Vale lembrar que isso só é possível, pois a cidade onde o edifício em estudo reside possui uma fonte continua de abastecimento do reservatório para os meses em que não consiga se suprir esse consumo.

A confiança obtida pelo sistema foi de 67%, o que significa que ficou abaixo da recomendada pelo método prático australiano, que fica entre o intervalo de 90% a 99%, para assim sendo um sistema eficiente e que atenda a praticamente toda demanda de água não potável do prédio.

Neste caso, o sistema de aproveitamento de água, irá suprir apenas 67% da demanda total de água não potável, pois durante o período de estiagem é necessário que haja uma forma alternativa de alimentação do reservatório que pode ser feita através da rede pública de abastecimento de água do Estado do Tocantins por exemplo.

4.6. Determinação do conjunto motobomba

Para determinação do volume do conjunto motobomba, necessita-se a aplicação da equação a seguir:

$$\text{Pot} = \frac{y \times Q \times Hm}{75 \times n} \text{ (cv)}$$

Primeiramente, deve-se determinar a vazão que será bombeada pelo sistema, para tanto, utiliza-se o volume do reservatório superior, quantas vezes irá abastecer a mesma ao dia, e qual o tempo de funcionamento da bomba.

$$Q = \frac{V}{t} \text{ (l/s)}$$

$$Q = \frac{5000}{3600} \text{ (l/s)}$$

Q= 1,38 l/s, portanto aproximadamente 1,5l /s.

Tendo esse dado em mãos, deve-se obter a Hm do prédio, para tanto pegou-se o projeto do edifício, e constatou que se tem uma diferença de nível de aproximadamente 40 metros, entretanto por causa das perdas de carga localizada e distribuída, utilizou-se uma altura manométrica de 50 metros.

$$\text{Pot} = \frac{1000 \times 0,0015 \times 50}{75 \times 0,75} \text{ (cv)}$$

Pot = 1,33cv, portanto aproximadamente 1,5 cv de potência.

Além de se calcular a potência da bomba, também se deve calcular os diâmetros de sucção e recalque do sistema de bombeamento, para tanto se utiliza a equação a seguir:

$$Ds = \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{3,14 \times V}\right)} \text{ (m)}$$

$$Ds = \sqrt{\left(\frac{4 \times 1,5}{3,14 \times 1,5}\right)} \text{ (m)}$$

$D_s = 0,035$ m ou 35 mm, utilizando assim 40 mm que é o diâmetro comercial como diâmetro de sucção.

E segunda a norma, o diâmetro de recalque é uma unidade comercial a menos que o de sucção, ou seja, 32 mm de diâmetro.

4.7. Estudo de viabilidade da implantação do sistema

4.7.1. Orçamento preliminar

Para confeccionar o orçamento preliminar, primeiramente se determinou as etapas de instalação do sistema, posteriormente, quantificou em cada unidade o que cada etapa necessitaria para construção, e por fim fez-se o orçamento com auxílio do programa orçafascio utilizando data base do sinapi 08-2018.

As etapas estão divididas em:

- Locação de obra;
- Escavação;
- Compactação do solo;
- Concreto magro;
- Formas;
- Armação em aço;
- Concretagem;
- Impermeabilização;
- Tubulação hidráulica;
- Bombas;
- Reaterro com compactação;
- Alçapão.

Descrição do Orçamento					Bancos Utilizados				
CONSTRUÇÃO DE SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL NO ED. BELLÁGIO					SINAPI - 08/2018 - TO				
Planilha Orçamentária Sintética									
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com	Total	
1	73992/001	SINAPI	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 1,50M, SEM REAPROVEITAMENTO	m²	100,00	9,75	9,75	975,00	
2	79480	SINAPI	ESCAVACAO MECANICA CAMPO ABERTO EM SOLO EXCETO ROCHA ATE 2,00M PROFUNDIDADE	m³	242,00	1,97	1,97	476,74	
3	97083	SINAPI	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2017	m²	100,00	1,88	1,88	188,00	
4	95240	SINAPI	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	m²	100,00	12,09	12,09	1.209,00	
5	92786	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	4.463,20	8,16	8,16	36.419,71	
6	91004	SINAPI	FORMAS MANUSEÁVEIS PARA PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO, DE EDIFICAÇÕES DE PAVIMENTO ÚNICO, EM FACES INTERNAS DE PAREDES. AF_06/2015	m²	260,00	10,65	10,65	2.769,00	
7	90861	SINAPI	CONCRETAGEM DE EDIFICAÇÕES (PAREDES E LAJES) FEITAS COM SISTEMA DE FÓRMAS MANUSEÁVEIS COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL, FCK 20 MPA, LANÇADO COM BOMBA LANÇA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2015	m³	42,00	377,98	377,98	15.875,16	
8	98546	SINAPI	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, UMA CAMADA, INCLUSIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=3MM. AF_06/2018	m²	180,00	71,43	71,43	12.857,40	
9	91787	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 40 MM (INSTALADO EM PRUMADA), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	40,00	21,14	21,14	845,60	
10	91786	SINAPI	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO TUBOS DE PVC, SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 32 MM (INSTALADO EM RAMAL, SUB-RAMAL, RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO OU PRUMADA), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	M	50,00	19,23	19,23	961,50	
11	83647	SINAPI	BOMBA RECALQUE D'AGUA TRIFASICA 1,5HP	UN	2,00	1.459,24	1.459,24	2.918,48	
12	93382	SINAPI	REATERRO MANUAL DE VALAS COM COMPACTAÇÃO MECANIZADA. AF_04/2016	m³	80,00	16,76	16,76	1.340,80	
13	74073/002	SINAPI	ALCAPAO EM FERRO 70X70CM, INCLUSO FERRAGENS	UN	1,00	133,97	133,97	133,97	
Total Geral						R\$ 76.970,36			

4.7.2. Economia do sistema

Para se determinar a economia do sistema, foi adotado como consumo médio mensal, o mês com maior incidência, que no período estudado representa os meses de outubro e dezembro de 2017, com um valor de 476 m³ de água potável consumido pelo edifício.

Tomando como base os 476 m³ citados anteriormente, pôde-se determinar a demanda mensal de água não potável gasta no edifício, que é de 142,8 m³ e ao se dividir esse valor pelas 42 unidades que o prédio contém, chegou-se ao valor de aproximadamente um gasto de 3,4 m³ de água não potável por mês em cada apartamento. Ainda com o valor do consumo médio mensal do prédio, constatou-se que cada unidade consome cerca de 11,33 m³ de água potável por mês.

Observando assim os dados de consumo de água potável e não potável, pode-se concluir que se terá uma economia de 3,4 m³ por mês de água, o que é muito bom no que tange o lado ecológico, entretanto no lado financeiro, essa economia não será tão favorável, uma vez que o consumo médio por apartamento mês é de apenas 11,33 m³, ultrapassando assim apenas 1,33 m³ do consumo mínimo cobrado pela companhia local (BRK).

Ao confrontar os dados de economia com relação ao valor cobrado por m³ de água consumida pela companhia de distribuição de água e esgoto do Tocantins, obtém-se o valor que se deixará de pagar por mês. A Figura 32 a seguir, apresenta a tabela de custos por consumo cobrado pela empresa BRK em Palmas-TO.

Figura 31: Tabela de Custos de Palmas-TO.

TIPO	FAIXA M ³ INTERVALO	VOLUM E POR FAIXA	ALIUO TA (PREÇO P/ M ³)	FATOR DE DEDUÇ ãO	VALOR DA FAIXA	VALOR ACUMU LADO
R,1	00 A 10	10	4,51	---	45,06	45,06
R,2	11 A 15	5	6,18	16,79	30,92	75,98
R,3	16 A 20	5	7,91	42,64	39,54	115,52
R,4	21 A 25	5	9,49	74,22	47,43	162,95
R,5	26 A 30	5	10,99	111,87	54,97	217,92
R,6	31 A 35	5	11,85	137,51	59,24	277,16
R,7	36 A 40	5	14,63	234,84	73,14	350,3
R,8	41 A 50	10	16,06	292,2	160,62	510,93
R,9	> 50	---	19,16	447,17	---	---

Fonte: BRK ambiental, (2018).

Observando a figura 32, conclui-se que o valor a ser deduzido pela economia por m^3 de água consumido, é de 6,18 R\$, uma vez que o valor do consumo total por unidade no mês está entre 11 e 15 m^3 de água.

Como a economia será de apenas 1,33 m^3 , multiplicou-se esse valor pela taxa cobrada, obtendo assim o valor de 8,21 reais de economia por apartamento por mês, o que totaliza cerca de 344 reais economia no prédio mensalmente.

Ao se comparar o valor da economia por mês no edifício com o custo de implantação do sistema, pode-se concluir que o sistema se pagaria em cerca de 223 meses, ou seja, 18,5 anos, o faz com que torne o sistema inviável pelo tempo.

Agora, caso haja um aumento do consumo, fazendo assim com que se economize a quantidade total de água não potável utilizada pelo sistema que é de 3,4 m^3 , esse sistema se pagaria em cerca de 87 meses, ou seja, 7,25 anos, tornando assim a implantação do mesmo viável.

5. CONCLUSÃO

- A intensidade pluviométrica anual da cidade de Palmas-TO durante o período de 1993 a 2018 foi de 1784,49 mm de chuva.
- O método escolhido para dimensionamento do reservatório de água pluvial foi o método pratico australiano, por causa dos altos índices pluviométricos na região estudada e porque o método busca diminuir o reservatório, fazendo assim com que haja uma diminuição com os gastos de implantação do sistema.
- O dimensionamento do reservatório resultou em um volume de 350 m³, porem para tornar mais viável a instalação do mesmo, utilizou-se o volume de 200 m³ de água pluvial.
- O cálculo do custo de implantação do sistema resultou em um total de 76.970.36 reais.
- A economia de água potável gerada após instalação e utilização do sistema foi de 3,4 m³ de água potável por mês em cada unidade, o que totalizou cerca de 142,8 m³ de água economizados mensalmente no edifício em estudo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Aproveitamento de água da chuva é incluído na legislação,** disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/aproveitamento-de-agua-de-chuva-e-incluido-na-legislacao>> acessado em março de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **quantidade de água** disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>> acessado em março de 2018.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).** 2005. 150p. Mestrado, (Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Vitória, UFV, Vitória, ES.

AQUASTOCK – **Água da Chuva. Sistema de Reaproveitamento da Água da Chuva.** Disponível em: <<http://www.engeplasonline.com.br>> Acessado em abril de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **instalações prediais de águas pluviais.** 1989. 13p. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis requisitos.**2007. 8p. Rio de Janeiro, RJ.

AZEVEDO NETTO, José M. de. **Manual de Hidráulica** / José Martiniano de Azevedo Netto, Miguel Fernández y Fernández – 9.ed. – São Paulo: Blucher, 2015.

BERTRAND, Y. A., STANIMIROVIC M., ROBIN J. Y., **documentário mundo em sede,** assistido em março de 2018.

BUENO, C., PENNA, N., PERISSINOTTO, N., PINHEIRO, P., MITSUHARA, T. **Trabalho de monografia da disciplina de saneamento e meio ambiente para Arquitetura.** 2012. 26p. Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP.

COHIM, E, GARCIA, A., KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios.** In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2007.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: **Manual de educação.** Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC. 2005. 160p. Brasília, DF.

DECA. **Uso racional da água**. 2003. Disponível em <<http://www.deca.com.br>>. Acessado em setembro de 2018.

DEVES, O. D. **Utilização da água: um estudo do potencial de captação de água das chuvas e a importância das políticas públicas e da educação ambiental**. In: IV Encontro Nacional da Anppas. 2008. 18p. Brasília, DF.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. *Water Science Technology*, v. 39, n. 5, p. 25-32, 1999.

FONTANELA, F. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial**. 2010. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, SC.

FRANCESCHINI, A. T. L. **Sistema residencial de aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em Votorantim: avaliação de parâmetros de qualidade e eficiência**. 2009. 38p. Especialização em Saneamento Ambiental (Universidade de Sorocaba). Sorocaba, SP.

GHISI, E. **Métodos de dimensionamento de reservatórios de água pluvial em edificações**. Apresentação em PDF. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_6/Metodos%20de%20dimensionamento%20de%20reservatorios%20de%20agua%20pluvial%20em%20edificacoes.pdf>. Acessado em março de 2018.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/colheita/indexb.htm>>. Acessado em março de 2018.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS, **agrotins apresenta alternativas de aproveitamento de água da chuva, 2016**, disponível em: <<http://agrotins.to.gov.br/noticia/2016/5/7/agrotins-apresenta-alternativas-de-aproveitamento-de-agua-da-chuva/>> acessado em março de 2018.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*. v. 1, n. 4, p. 307-316, 1999.

IMBIL-SOLUÇÕES EM BOMBEAMENTO, **catálogo de bombas**, apresentado em pdf, disponível em: <<http://www.imbil.com.br/Imbil/Portugues/>> acessado em abril de 2018.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acessado em abril de 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL, **situação do saneamento no Brasil**, disponível em: <<http://m.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>> acessado em março de 2018.

JORNAL O GLOBO, **População mundial vai crescer 53% e chegar a 11,2 bilhões em 2100, diz relatório da ONU**, Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/populacao-mundial-vai-crescer-53-chegar-112-bilhoes-em-2100-diz-relatorio-da-onu-17003177>> acessado em março de 2018.

KOENIG, K. Rainwater harvesting: public need or private pleasure? Water 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

LEI N° 10785, DE 18 DE SETEMBRO DE 2003, **programa de conservação e uso racional da água nas edificações – PURAE**, Curitiba-PR, disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1078/10785/lei-ordinaria-n-10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-razional-da-agua-nas-edificacoes-purac>> acessado em março de 2018.

LEI N° 12526, DE 02 DE JANEIRO DE 2007, **norma para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais**, disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>> acessado em março de 2018.

LIMA, R. P., MACHADO, T. G., **Aproveitamento de água pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações**. 2008. 45p. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, UNIFEB, Barretos, SP.

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC**. 2007. 117p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.

MIELI, J. C. de A. **Reuso da Água Domiciliar**. Niterói, abr.2001.

MUNDO EDUCAÇÃO, **consumo de água no mundo**, disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/consumo-agua-no-mundo.htm>> acessado em março de 2018.

OMS, **Organização Mundial da Saúde**. Disponível em: <<http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/relext/mre/nacun/agespe c/oms/>> Acesso em março de 2018.

REVISTA EXAME, **onde se consome mais água no Brasil**, disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/onde-mais-se-consome-agua-no-brasil/>> acessado em março de 2018.

RUPP, R. F., MUNARIM, U., GHISI, E., **comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**, apresentado em pdf, disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/20413/14567> acessado em abril de 2018.

SANTOS, F. V. **aproveitamento de águas pluviais no município de palmas - to, um estudo de caso** 2013. 40p. Monografia (Centro Universitário luterano de Palmas) ULBRA, Palmas - TO.

SAVEH – SISTEMA DE AUTO AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA, **disponibilidade de água no mundo e no Brasil**, disponível em: <https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/> acessado em abril de 2018.

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais**. 2008. 44p. Monografia, (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, MG

SNIS- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, **diagnóstico dos serviços de água e esgotos** – 2016, disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016> acessado em março de 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. 2009. 13p. São Paulo, SP.

UNEP – **United Nations Environment Programme**. Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives. London: Earthscan, 2002.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/> Acessado em fevereiro de 2018.