

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**EDUARDO VINICIUS PEREIRA MARANHÃO**

**VIABILIDADE TÉCNICA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA  
CHUVA NO CONDOMÍNIO VILLE DE FRANCE**

São Luís

2019

**EDUARDO VINICIUS PEREIRA MARANHÃO**

**VIABILIDADE TÉCNICA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA  
CHUVA NO CONDOMÍNIO VILLE DE FRANCE**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sório

São Luís

2019

Maranhão, Eduardo Vinícius Pereira.

Viabilidade técnica de captação e aproveitamento de água da chuva no condomínio Ville de France / Eduardo Vinícius Pereira Maranhão. – São Luís, 2019.

58 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sírio.

1.Recursos hídricos. 2.Aproveitamento. 3.Água da chuva. I.Título

CDU: 69:556.18

**EDUARDO VINICIUS PEREIRA MARANHÃO**

**VIABILIDADE TÉCNICA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA  
CHUVA NO CONDOMÍNIO VILLE DE FRANCE**

Monografia apresentada ao curso de  
Engenharia Civil da Universidade Estadual do  
Maranhão para obtenção do grau de Bacharel  
em Engenharia Civil

Aprovado em: 03 / 07 / 2019

BANCA EXAMINADORA:



---

**Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sírío (Orientador)**  
Mestre em Engenharia Urbana  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Me. Rogério Frade da Silva Souza**  
Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Esp. Carmen Lúcia Bentes Bastos**  
Especialista em Engenharia de Qualidade  
Universidade Estadual do Maranhão

A todos os familiares e amigos que me ajudaram a chegar até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais, Avilasio e Ana Cláudia, por serem exemplo de caráter, honestidade e perseverança para alcançar seus objetivos.

Aos meus padrasto e madrasta, Anderson e Marcia, pelas brincadeiras em tempos de tensão e por serem sempre ombros amigos dispostos a me amparar nos momentos de dificuldade.

Aos meus irmãos, Gabriela, Lucas, Pedro e Artur, que desde sempre têm sido sinônimo de amor, carinho e companheirismo.

Ao professor Daniel Sírio por todos os ensinamentos, atenção e paciência, fundamentais para a conclusão deste trabalho.

A todos os amigos e amores pelos momentos de aprendizado e diversão que fizeram da universidade uma época inesquecível.

*“Emancipate yourselves from mental slavery, none  
but ourselves can free our minds.”*

*Bob Marley*

## RESUMO

A escassez dos recursos hídricos tem sido uma preocupação mundial. Desta forma, é necessário adotar medidas de aproveitamento de água que sejam viáveis tecnicamente. A água da chuva tem se mostrado uma fonte limpa e de fácil acesso para fins não potáveis sendo utilizada em diversos países mais desenvolvidos. No Brasil a prática ainda é bastante tímida, mas tem ganhado adeptos em decorrência do falho sistema de distribuição de águas e saneamento que não atinge a população de uma forma igualitária e pelos eventos de inconsistência climática decorrentes do aquecimento global. Neste trabalho avaliou-se a viabilidade técnica de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis no Condomínio Ville de France localizado em São Luís, capital do Maranhão. A área em estudo tem uma precipitação anual média de 2095 milímetros de chuva por ano em uma qualidade considerada satisfatória pela resolução 430/11 do CONAMA para rega de jardins e lavagem de piso. Dimensionou-se ainda, pelo método de Rippl, o volume do reservatório necessário para suprir a demanda de água para o ano todo, levando em consideração situações climáticas extremas.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Aproveitamento. Água da chuva.

## ABSTRACT

Scarcity of water resources has been a worldwide concern. In this way, it is necessary to adopt measures of water use that are technically feasible. Rainwater has been shown to be a clean and easily accessible source for non-potable purposes, being used in several more developed countries. In Brazil, the practice is still very timid, but it has gained adherents due to the faulty system of water distribution and sanitation that does not reach the population in an equal way and by the events of climate inconsistency due to global warming. This work evaluated the technical feasibility of using rainwater for non-potable purposes in the Ville de France condominium, located in São Luís, capital of Maranhão. The studied area has an average annual rainfall of 2095 millimeters of rain per year in a quality considered satisfactory by resolution 430/11 of CONAMA for irrigation of gardens and floor washing. The volume of the reservoir needed to meet the demand of water for the whole year, taking into account extreme climatic conditions, was furthered dimensioned by Rippl's method.

**Keywords:** Water resources. Exploitation. Rainwater.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estimativa da população brasileira até 2050 .....	15
Figura 2: Cisterna em Masada .....	18
Figura 3: Esquema de um sistema de captação de água da chuva .....	22
Figura 4: Área de captação em coberturas planas e inclinadas .....	24
Figura 5: Tipos de calhas de captação de águas pluviais .....	26
Figura 6: Sistema de filtragem de água da chuva .....	27
Figura 7: Tipos de reservatório quanto a localização .....	30
Figura 8: Fachada do condomínio em estudo .....	35
Figura 9: Área de jardins na área de estudo .....	36
Figura 10: Salão de eventos do Edifício Montclair .....	36
Figura 11: Área de vivência do Edifício Montclair .....	37
Figura 12: Sistema de captação de água de chuva para análise em laboratório .....	38
Figura 13: Água coletada no amostrador encaminhado ao laboratório .....	39
Figura 14: Cartela de análise pelo método Colilert® da água coletada .....	46
Figura 15: Precipitações mensais médias .....	47
Figura 16: Precipitações no ano de menor precipitação total anual .....	47
Figura 17: Precipitações no ano de maior estiagem .....	48
Figura 18: Precipitações totais anuais .....	48
Figura 19: Visão de satélite da área de estudo e as áreas de captação .....	49
Figura 20: Volumes aproveitáveis de água da chuva .....	50
Figura 21: Diagrama de Rippl para precipitações mensais médias .....	53
Figura 22: Diagrama de Rippl para o ano de menor precipitação .....	53
Figura 23: Diagrama de Rippl para o ano de maior estiagem .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Disponibilidade de água e população por região .....	14
Tabela 2: Coeficiente de <i>Runoff</i> para diferentes materiais de cobertura .....	25
Tabela 3: Coeficiente de rugosidade em calhas e condutores .....	26
Tabela 4: Frequência de manutenção de componentes .....	28
Tabela 5: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos não potáveis .....	32
Tabela 6: Resultados aparentes do teste microbiológico Colilert® .....	41
Tabela 7: Relação de consumo por estabelecimento .....	42
Tabela 8: Resultados das análises físico-químicas .....	43
Tabela 9: Resultados das análises microbiológicas .....	45
Tabela 10: Volumes aproveitáveis de água da chuva .....	49
Tabela 11: Demanda de consumo constante .....	51
Tabela 12: Demanda de consumo variável .....	52

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	16
<b>1.2</b>	<b>Estrutura Do Trabalho</b> .....	17
<b>2</b>	<b>APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Conceitos e Aplicações</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b>Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva</b> .....	22
2.2.1	Área de captação .....	23
2.2.2	Calhas e condutores .....	25
2.2.3	Dispositivos de filtragem.....	27
2.2.4	Reservatórios .....	28
<b>2.3</b>	<b>Qualidade de água da chuva</b> .....	30
2.3.1	Parâmetros de qualidade da água .....	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	35
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	35
3.1.1	Áreas de jardim .....	35
3.1.2	Áreas comuns .....	36
<b>3.2</b>	<b>Coleta de água da chuva</b> .....	37
<b>3.3</b>	<b>Análise físico-química e microbiológica</b> .....	38
3.3.1	Análise Físico-química.....	39
3.3.2	Análise Microbiológica .....	40
<b>3.4</b>	<b>Previsão de volume de água da chuva</b> .....	41
<b>3.5</b>	<b>Demanda de consumo</b> .....	42
<b>3.6</b>	<b>O método de Rippl</b> .....	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	45
<b>4.1</b>	<b>Avaliação da qualidade da água da chuva</b> .....	45
4.1.1	Avaliação Físico-química.....	45
4.1.2	Avaliação microbiológica.....	45
<b>4.2</b>	<b>Previsão do volume de água da chuva</b> .....	47
4.2.1	Determinação das precipitações na região de São Luís – MA .....	47
4.2.2	Volume de água da chuva aproveitável.....	49
<b>4.3</b>	<b>Previsão do consumo de água</b> .....	51
4.3.1	Consumo constante.....	51
4.3.2	Consumo variável.....	52
<b>4.4</b>	<b>Dimensionamento do reservatório para captação de água da chuva</b> .....	52

4.4.1	Diagrama de Rippl para precipitações mensais médias .....	53
4.4.2	Diagrama de Rippl para ano com menor precipitação total anual .....	53
4.4.3	Diagrama de Rippl para o ano com maior estiagem .....	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estamos vivendo no século da consciência, onde o ser humano finalmente percebeu a possibilidade de inópia dos recursos naturais e a necessidade de reaproveitá-los. O principal foco da preocupação está na água, pois esta é a principal matéria que o homem precisa para sobreviver, entretanto, é também a mais negligenciada devido sua abundância na natureza.

A Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou a década de 2018 até 2028 como a Década Internacional para Ação, Água para o Desenvolvimento Sustentável, que se deu início no dia 22 de março de 2018, Dia Mundial da Água. A resolução da ONU ressalta que a gestão integrada dos recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável são cruciais para alcançar os objetivos sociais, econômicos e ambientais pois a escassez de água pode causar tensões que culminariam em conflitos entre pessoas, comunidades e países (ONU, 2018).

De acordo com Tomaz (2003), 97,5% da água existente no mundo é salgada e apenas os 2,5% restantes correspondem a água doce. Contudo, esta pequena parcela não está exatamente acessível. Destes 2,5%, 68,9% encontra-se congelada nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas e há ainda as águas presentes em lençóis freáticos de grandes profundidades, ditas subterrâneas, que representam 29,9% do volume total de água doce do planeta. Deste total apenas 0,266% do recurso está presente em lagos, rios e reservatórios (apenas 0,007% de toda água disponível no mundo) e o restante presente na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor.

O volume de água disponível por habitante em cada país é medido em m<sup>3</sup>/hab./ano e é considerado convencionalizado para todo o mundo. A quantidade de água disponível refere-se tanto as fontes de água doce superficiais quanto aquelas subterrâneas, a chamada disponibilidade social de água. Desta maneira, é possível rotular países com “escassez de água” aqueles que possuírem menos de 500 m<sup>3</sup>/hab./ano. Dentre outros, pode-se citar a Líbia, Arábia Saudita, Israel, Jordânia e Singapura como estando entre os principais neste quesito devido as suas grandes áreas desérticas (TOMAZ, 2001).

Para a Agência Nacional de Águas (2019) pode-se considerar o Brasil como possuidor de uma boa quantidade de água, pois estima-se que o país seja detentor de até 12% do volume total de água disposta no planeta. Entretanto, a disparidade populacional torna esse recurso mal distribuído. A região norte é detentora da maior quantidade de água, concentrando cerca de 80% do recurso, mas representa apenas 5% de toda população brasileira. Já as regiões

Sul e Sudeste do país, próximas ao Oceano Atlântico, que concentram a maior taxa populacional da nação (cerca de 45%), dispõem de menos de 3% dos recursos hídricos do país.

Tabela 1 - Disponibilidade de água e população por região.

Região do país	Vazão (%)	População (%)
Norte	68,5	7,92
Nordeste	3,3	27,77
Sudeste	6,0	42,61
Sul	6,5	14,67
Centro-Oeste	15,7	7,03
Total	100,0%	100,0%

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

No decorrer do desenvolvimento da raça humana a necessidade de usar a água foi se tornando cada vez mais exigente, tanto em quantidade quanto em qualidade. Ao longo da diversificação cultural e aumento da complexidade das estruturas sociais, a demanda por maior quantidade de água e certa segurança no seu fornecimento tornaram-se essenciais e, mais recentemente, a frequente demanda industrial do turismo e lazer tem apresentado novas solicitações de água (HELLER, 2010).

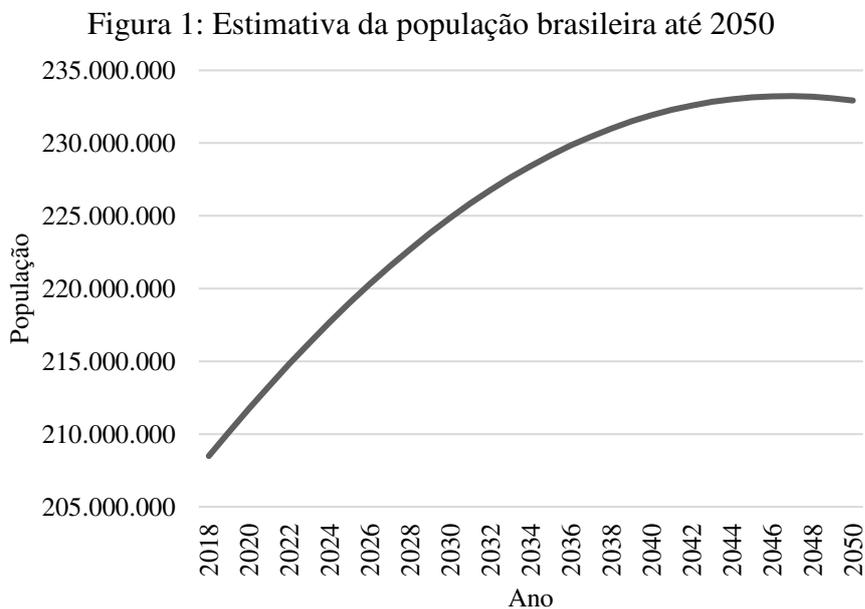
O crescimento da população mundial e o desenvolvimento econômico, com as demandas correspondentes em água, tanto para consumo direto, como também para insumo industrial e agrícola, ensejam uma utilização e valorização crescente dos recursos hídricos. Por outro lado, as questões ambientais concernentes à água implicam na necessidade de que a utilização do recurso seja feita mais racionalmente, de forma compatível com os conceitos de desenvolvimento sustentável (BAPTISTA, 2010, p. 32).

Como relata Tucci (2005), o total de água retirada dos aquíferos, rios e outras fontes aumentou cerca de nove vezes em nosso planeta, enquanto que o uso de água por pessoa mais que dobrou, totalizando 16,8 mil m<sup>3</sup>/pessoa em 1950 e atualmente estimasse um total de 7,3 mil m<sup>3</sup>/pessoa reduzindo-se ainda mais pelos próximos 25 anos de acordo com o crescimento populacional, desenvolvimento industrial, das irrigações agrícolas e principalmente da crescente poluição.

O crescimento populacional, as mudanças nos padrões de consumo e o desenvolvimento socioeconômico combinados são responsáveis pelo aumento da taxa de consumo de água no mundo em quase 1% por ano desde a década de 1980 e essa demanda deve continuar aumentando no mesmo ritmo até o ano de 2050. Este aumento pode representar de 20 a 30 % do consumo atual, principalmente pelo acelerado desenvolvimento industrial e

agrícola. Atualmente, estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas vivem em um país que passa por algum tipo de estresse hídrico, seja por falta do recurso ou pela má distribuição dele, e até 4 bilhões vivenciam situações críticas de abastecimento de água em pelo menos um mês ao ano. Caso essa demanda continue aumentando no mesmo ritmo e as condições climáticas se atenuem, é certo que os níveis de estresse continuem a aumentar (UNESCO, 2019).

A nível nacional, o IBGE estima um crescimento de 10,49% da população brasileira até o ano de 2050, alcançando um total de mais de 230 milhões de habitantes, como mostra a Figura 1 abaixo:



Fonte: IBGE (2018)

Pode-se perceber que a carência de água é um problema de âmbito mundial. A Índia detém apenas 4% da água potável do mundo e abriga cerca de 16% de toda população mundial. Caso não fosse suficiente, além da pouca quantidade de água per capita, o recurso hídrico disponível está comprometido pela excessiva poluição do país (RIBEIRO, 2017).

Na África Subsaariana cerca de 60% da população vive em áreas rurais em situação de pobreza (UNESCO, 2019). Em 2015, a cada cinco moradores destas zonas, três tinham acesso a um fornecimento básico de água, onde cerca de 10% ainda bebia água não tratada direto de fontes superficiais, enquanto que apenas um em cada cinco tinha acesso ao saneamento básico fazendo com que muitas pessoas pobres, principalmente mulheres e crianças, fossem obrigadas a andar distâncias muito grandes e gastar muito tempo para coletar água para atividades básicas (UNESCO, 2019).

Sabemos que a população mundial aumenta a um ritmo elevado e conseqüentemente a procura de água potável também cresce. Além disso, outros fatores como as alterações climáticas que ocorrem por razões ambientais, a poluição desregrada dos aquíferos que se tem verificado por todo o planeta e a falta de tratamento de águas residuais e do correspondente reaproveitamento, fazem com que a situação atual se torne preocupante. Todas estas circunstâncias aconselham vivamente a ações concertadas a nível mundial, executadas com determinação, no sentido de reduzir ao máximo o desperdício de água potável (SACADURA, 2011, p.3).

Diante desta possível futura escassez de recursos hídricos próprios para consumo, é necessário buscar uma forma de amenizar os gastos, deixar mais acessível e principalmente evitar os desperdícios de água no planeta. Um artifício que tem se mostrado bastante recorrente para usos não potáveis em áreas de grande volume pluviométrico é a captação e utilização da água da chuva, tema principal desta monografia, que será destrinchada no decorrer do texto.

O uso viável de água da chuva em edifícios tem como principal característica a diminuição da quantidade de água fornecida pelas companhias de saneamento, levando, conseqüentemente, a redução dos custos em água potável e a diminuição do risco de enchentes em casos de chuvas de grandes proporções (MAY, 2004).

## **1.1 Justificativa**

A Constituição da República Federativa do Brasil (1988) define como comum ao cidadão o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, essencial para uma qualidade de vida sadia, sendo de responsabilidade do poder público, mas também da coletividade, defender e preservar os bens naturais para as futuras gerações.

Desta forma, o reaproveitamento das águas da chuva se mostra uma alternativa sustentável tanto na preservação do direito do cidadão quanto na conservação do meio ambiente, além de uma opção viável quando se trata de economia de recursos naturais e desenvolvimento tecnológico.

## **Objetivo Geral**

Dimensionar um reservatório de água da chuva para ser utilizada em fins não potáveis e analisar a viabilidade técnica deste meio de reaproveitamento de recursos naturais em um condomínio residencial localizado em São Luís, Maranhão.

### **Objetivo Específico**

- Realizar estudo hidrológico da região onde está inserido o condomínio residencial;
- Classificar a água coletada de acordo com a resolução do CONAMA 430/2011;
- Definir o consumo mensal de água na área comum do condomínio;
- Determinar o volume de água da chuva aproveitável para consumo, assim como definir a área de captação que será considerada;
- Apresentar o dimensionamento de reservatórios para o sistema de aproveitamento de água pluvial em situações extremas de uso;

### **1.2 Estrutura Do Trabalho**

Seguindo este capítulo introdutório, encontra-se o Capítulo 2 em que situar-se-á a água da chuva num cerne histórico e atual, para assim introduzir o seu uso para fins não potáveis e como isso tem influenciado a qualidade de vida da sociedade.

O Capítulo 3 trata da metodologia utilizada para realização deste trabalho incluindo a análise físico-química e microbiológica, por meio da titulação e Colilert®, respectivamente, da água coletada, os dados históricos de chuva para determinação dos volumes aproveitáveis, a demanda de uso para usos não potáveis e o procedimento adotado para o dimensionamento do reservatório.

Na quarta parte deste trabalho mostrar-se-á os resultados de análises de laboratório e o tratamento dos dados pluviométricos para obtenção dos volumes de água da chuva e sucessivamente o procedimento gráfico e analítico do dimensionamento do reservatório, fazendo um comparativo das situações extremas de precipitação média anual, menor precipitação total anual e ano de maior estiagem.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais e conclusões que foram possíveis devido ao desenvolvimento deste trabalho, assim como o sexto capítulo expõe as referências bibliográficas que o embasaram.

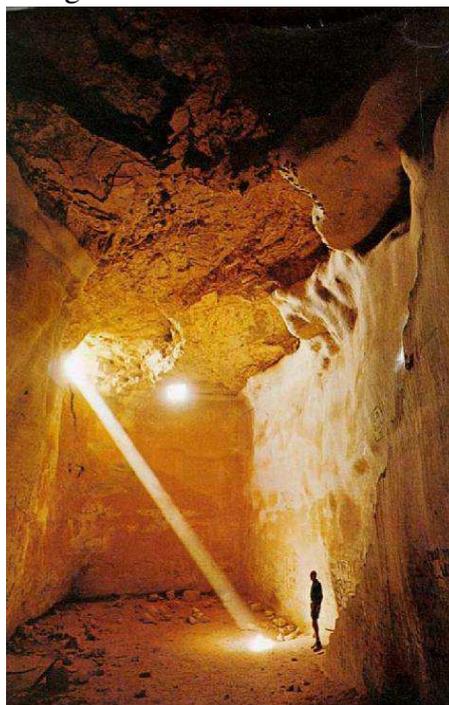
## 2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

### 2.1 Conceitos e Aplicações

Conforme Heller (2010), há muitos marcos da utilização da água da chuva, comprovando o constante desenvolvimento das tecnologias no que se trata da captação até a distribuição das águas pluviais. Tais acontecimentos provam a crescente preocupação do homem com a disponibilidade de água como fator decisivo para o desenvolvimento da cultura e manutenção da sua saúde, no que se trata da qualidade da água (HELLER, 2010). Ainda segundo Heller (2010), o despertar para o uso consciente, em diferentes momentos, acabou abrindo um leque para maneiras de preservação dos recursos hídricos.

Uma das principais, e mais antigas, inscrições que relatam sobre o assunto foi encontrada no Oriente Médio a Leste do Mar Morto. Conhecida como Pedra Moabita, foi escrita por volta de 830 A.C em uma linguagem Canaanita, onde o rei Mesha dos moabitas sugere a construção de um reservatório de água da chuva em cada casa para a reserva de água da chuva (TOMAZ, 2003). Indo ainda mais longe, a aproximadamente 2000 anos A.C, na ilha de Creta, mais especificamente no Palácio de Knossos, a água da chuva era reservada em rochas escavadas para descarga em bacias sanitárias (TOMAZ, 2003). A Figura 2 apresenta uma grande cisterna em Masada.

Figura 2: Cisterna em Masada



*Fonte: Tomaz (2003)*

Para Gnadingler (2000) *apud* May (2004) o México é detentor dos mais antigos relatos de aproveitamento de água da chuva para irrigação da agricultura, datada do tempo dos povos Maias e Astecas, onde, em meados do século X, próximo a base do monte Puuc, ao sul da cidade de Oxkutsab, a água era armazenada em cisternas de até 45 mil litros, chamadas de Chultuns. As cisternas Chultuns podiam alcançar um diâmetro de até 5 metros e eram escavadas no subsolo e então revestidas com material impermeável e contavam com uma área de captação de até 200 m<sup>2</sup> (GNADINGLER, 2000).

Na atualidade, muitos países utilizam desse artifício tão eficiente. Os maiores investidores em aproveitamento de água da chuva se encontram atualmente nos Estados Unidos (apesar de alguns estados serem contra o reuso de águas pluviais, outros implantam fortemente a política de reaproveitamento), Japão, Alemanha, China, Austrália, alguns países da Ásia e alguns estados do semiárido brasileiro (BERTOLO, 2006).

De acordo com a matéria “*It’s illegal to have a rain barrel in Colorado, but that’s about to change*” publicado pela *Mother Nature Network* e escrita por Tom Oder em 2016, alguns estados dos EUA têm dedicado considerável quantia de dinheiro para o reaproveitamento de água da chuva e leis que regulem a prática. O Texas, por exemplo, oferece uma isenção de taxas na compra de equipamentos para aproveitamento e água da chuva e permite, assim como o estado de Ohio, seu uso para fins potáveis (coisa que outros estados costumam excluir das suas leis e regulamentações) assim como o estado de Oklahoma, no Ato para água em 2060, realizado em 2012, passou a incentivar projetos pilotos para promover o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis (ODER, 2016).

A Environmental Protection Agency (EPA) – Serviço de proteção Ambiental, aponta, nos Estados Unidos, a existência de mais de 200 mil reservatórios para aproveitamento de água da chuva. (...) Na Califórnia, são oferecidos financiamentos para a construção de captação de água de chuva, o mesmo acontecendo para Alemanha e Japão (TOMAZ, 2003, p. 12).

De acordo com Sacadura (2011) o Japão está entre os países que mais investem no reaproveitamento de água da chuva, sintetizando uma série de incentivos para o uso desta prática. No Quadro 1, pode-se observar alguns incentivos monetários na construção de reservatórios para uso não potável em algumas regiões do país no ano de 2000.

Quadro 1: Investimento em reservatórios de água da chuva em algumas cidades do Japão

Cidades	Valores
Kawagoe	163,00 US \$ para um reservatório
	325,00 US \$ para os dois reservatórios
Kamakura	214,00 US \$ para reservatórios com capacidade entre 100 e 200 l
	257,00 US \$ para reservatórios com capacidades superiores a 200 l
Chofu	Entre 240,00 e 470,00 US \$ para reservatórios de capacidade entre 100 e 200 l
Ward	8.547,00 US \$ para reservatórios com capacidades superiores a 1000 l
	2.564,00 US \$ para reservatórios com capacidade entre 500 e 1000 l
	214,00 US \$ para volumes inferiores a 500 l
Takamatsu	8.547,00 US \$ para reservatórios com capacidades superiores a 1000 l

Fonte: Kita et al (1999) citado por Sacadura (2011)

Em alguns países da Europa a técnica de reserva de águas pluviais já vem sendo usada com bastante frequência, não só para reuso, mas também para contenção de enchentes (TOMAZ, 2003). Na Alemanha, de forma geral, esta água que é reservada, além de conter enchentes, é utilizada principalmente para irrigação de jardins, lavagem de roupa e fins não potáveis em geral, mas acredita-se que companhias de água potável locais estejam estudando o uso dessas águas para redes de hotéis e complexos de apartamentos (The Rainwater Technology Handbook 2001, apud TOMAZ 2003).

No estado de Gansu, na China, o governo lançou em 1986 o Programa Tecnológico de Pesquisa e Desenvolvimento, que incluiu a captação e uso de águas pluviais para diminuir a carência de água nas zonas rurais do país e assim promover o seu desenvolvimento (GNADLINGER, 2004). Até o final do ano de 2004, foram construídos somente no estado de Gansu, mais de dois milhões de reservatórios somente para captação de água da chuva (GNADLINGER, 2004).

A nível nacional, a ASA (Articulação no Semiárido Brasileiro), que participa de ONG's de desenvolvimento e ambientalistas, iniciou em 2003 o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais – PIMC como objetivo de beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas que vivem no semiárido brasileiro com água potável para fins nobres como beber, cozinhar e tomar banho através do sistema de cisternas de placas (OLIVEIRA, 2008).

No Brasil temos várias leis que tratam sobre o recurso hídrico nacional, entretanto apenas a NBR 15227 de 2007 discorre, especificamente, sobre a água da chuva e seu aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis, se aplicando para usos não potáveis

em que as águas de chuva podem ser utilizadas após o tratamento adequado para descargas em bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de automóveis e pisos, por exemplo (BRASIL, 2007). Outras leis discorrem sobre os recursos hídricos nacionais a exemplo a Lei Federal N° 9.433/1997 além de leis estaduais diferentes para cada estado da nação.

A Lei Federal N° 9.433/1997 trata sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e tem como principais fundamentos o uso prioritário de recursos hídricos para consumo humano e dessedentação de animais em situações de escassez além de descentralizar a gestão de recursos hídricos e poder contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997). Tem como principais objetivos Assegurar à atual e ad futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo transporte aquaviário, com vista ao desenvolvimento sustentável e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997)

Algumas cidades brasileiras tem suas próprias leis com o objetivo de promover a retenção de água da chuva em construções para evitar picos de enchentes urbanas. É o caso de Santo André, São Paulo, que promulgo a Lei Municipal n° 7.606/97 que institui a cobrança de taxa referente ao volume de água lançado na rede de coleta de água pluvial do município. Em São Paulo, a Lei Municipal n° 12.276/02 impõe como obrigatória a construção de um reservatório para águas pluviais em lotes que possuam área impermeabilizada superior a 50 m<sup>2</sup> (COHIM et al. 2008).

Para Baptista (2011) o uso das técnicas de contenção de água da chuva para evitar enchentes, ditas técnicas compensatórias, apesar de apresentarem crescimento significativo, ainda estão muito abaixo do seu real potencial, tanto no Brasil quanto em outros países mais desenvolvidos. Segundo o Autor, esse uso limitado dessas técnicas não se deve propriamente ao desconhecimento tecnológico propriamente dito, até porque as técnicas existentes já se encontram de certa forma bem estudadas, mas à dois aspectos distintos: a escolha de técnicas adequadas e a avaliação de diferentes alternativas de sistemas viáveis que possam identificar claramente os benefícios associados as alternativas estudadas.

Soluções alternativas para o reaproveitamento de água requerem inovação nos projetos residenciais de uso das águas, objetivando primeiramente a redução do desperdício de água própria para consumos nobres sem deixar de priorizar a redução de volume de água

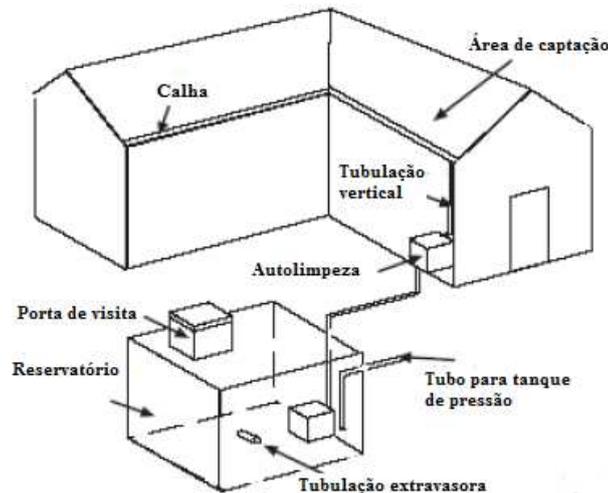
residuíria descartada no sistema de drenagem urbano e reduzir, principalmente, o gasto com energia elétrica (PROSAB, 2009). Como forma de incentivar a prática, uma espécie de certificados verdes, estão sendo distribuídos para as edificações que se prontificarem a reutilizar recursos naturais em prol da conservação do meio ambiente (PROSAB, 2009).

## 2.2 Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva

Gould & Nissen-Petersen (1999) apud Dias (2007) diferenciam os sistemas de aproveitamento de águas pluviais de acordo com a forma que a água é captada, podendo ser através de pisos com pavimentação (o que geralmente reduz a qualidade da água captada pelo contato que a área de captação terá com automóveis, animais e outras formas de contaminação mas que em contrapartida oferece uma grande área útil para a coleta), através de represas (apresenta desvantagens principalmente ambientais visto que a área de reservação acabará inundando uma grande parcela da vegetação local, provocando o depredação da flora e fauna da região) e o mais comum, através das coberturas das residências e edifícios, dito tradicional e estando “livre” de fontes de contaminação.

Os sistemas de captação ditos tradicionais são compostos por uma área de captação, geralmente as coberturas das edificações, calhas e tubulações que encaminham a água captada, antes passando por um sistema de filtragem para retirar todas as impurezas que possam ser prejudiciais à saúde, e por fim um reservatório que armazenará o recurso hídrico para quando for demandado pela rede de distribuição (OLIVEIRA, 2008). A Figura 3 mostra um esquema com os componentes de um sistema de coleta de água da chuva.

Figura 3: Esquema de um sistema de captação de água da chuva



Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

De acordo com a NBR n° 15.527 de 2007 cada componente do sistema de captação de águas pluviais deve obedecer ao correto dimensionamento de acordo com as referentes normas. O dimensionamento de calhas e condutores horizontais e verticais deve seguir o previsto pela NBR n° 10.844 de 1989 que discorre sobre instalações prediais de águas pluviais, assim como a escolha e dimensionamento de reservatórios deve seguir o recomendado pela norma NBR n° 12.217 de 1994 que discorre sobre o projeto de reservatórios de distribuição de água para abastecimento público.

### 2.2.1 Área de captação

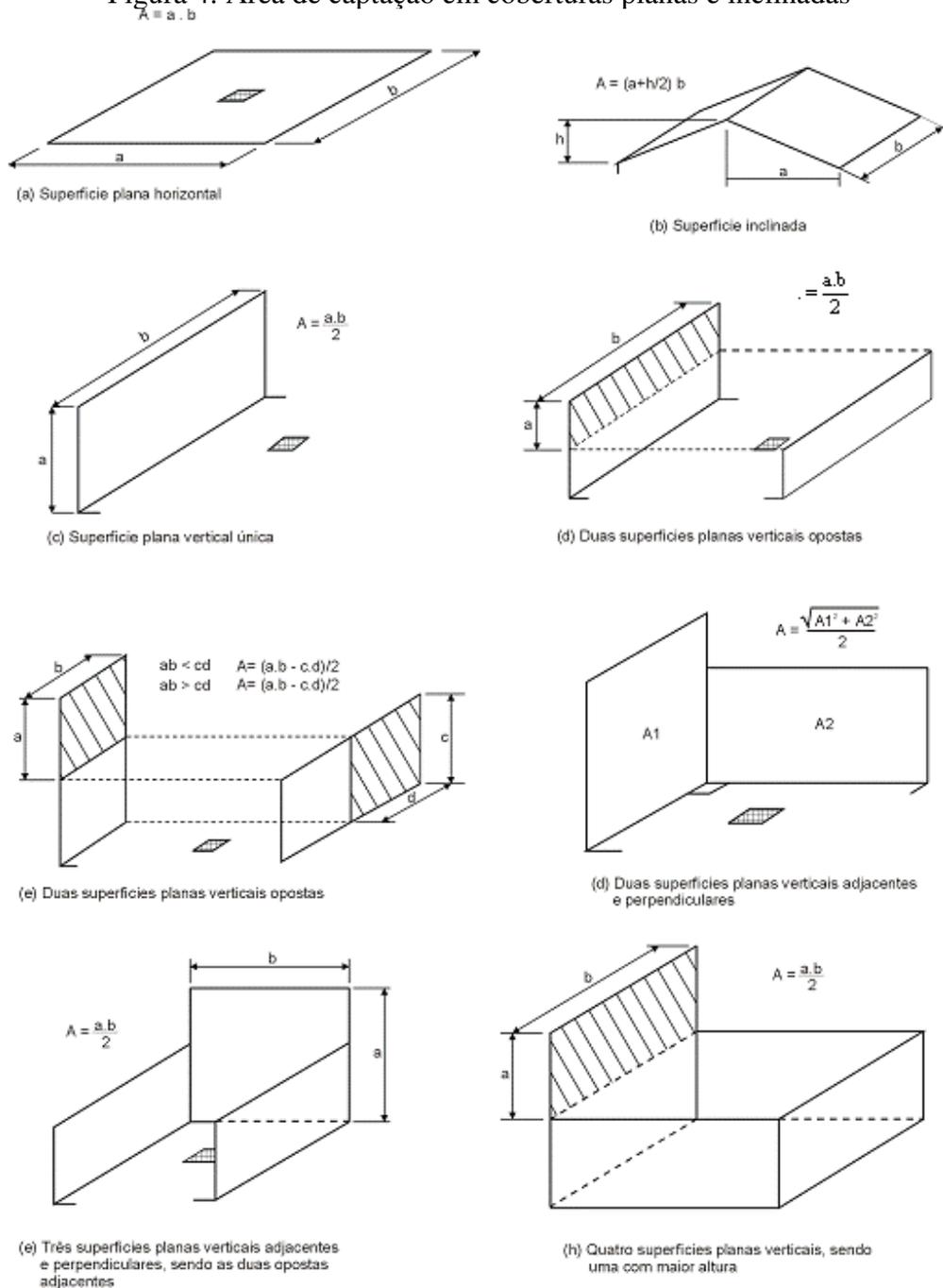
Conforme explicita Dias (2007), é definida como área de captação a parte do sistema de aproveitamento onde ocorre a coleta da água precipitada pois é o primeiro elemento o qual a água terá contato. É a partir dela que é possível estimar a quantidade de água que estará disponível para reaproveitamento (DIAS, 2007). Entretanto, segundo a Autora, é a parte mais vulnerável a agentes externos como poluição atmosférica e elementos da natureza (folhas, galhos, fezes de animais e etc.) necessitando constantemente de manutenção e limpeza.

Para May (2004) a coleta de água da chuva pode ser feita em outras superfícies impermeabilizadas menos convencionais como pátios e estacionamentos dependendo, claro, do fim que será dado a essa água coletada.

De acordo com a NBR n° 10.844 de 1989 ao calcular-se a área de contribuição, deve ser considerado os incrementos devido à inclinação da cobertura e as paredes que contribuem para a captação da água da chuva. Deve-se ainda levar em consideração a ação dos ventos através da adoção de uma angulação de inclinação da chuva em relação ao plano horizontal igual ao arco tangente elevada ao quadrado para o dimensionamento da quantidade de chuva a ser interceptada por superfícies inclinadas ou verticais (ABNT, 1989).

Ainda de acordo com a norma que regula as instalações prediais de água de chuva, as coberturas de edifícios que utilizarem do artifício das lajes de concreto armado devem ser projetadas para evitar o acúmulo dessa água (empoçamento), tendo uma declividade mínima de 0,5% de modo que garanta o escoamento das águas pluviais, exceto em casos em que o acúmulo é previsto por um curto período de tempo em caso de tempestades de grande intensidade (ABNT, 1989).

Figura 4: Área de captação em coberturas planas e inclinadas



Fonte: ABNT NBR 10.844/89

Nem toda a água que atinge a superfície coletora de fato é drenada (BAPTISTA, 2010). De acordo com o Autor, uma parcela da precipitação deve ser descontada pois parte da água evapora, infiltra ou fica retida em falhas construtivas (depressões na área de captação). Dizemos que a relação entre a água precipitada de fato e a quantidade que é escoada é denominada de coeficiente de *Runoff* ou coeficiente de deflúvio, representado pela letra C e depende exclusivamente do material da área coletora (BAPTISTA, 2010).

Tabela 2: Coeficiente de Runoff para diferentes materiais de cobertura.

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de Runoff</b>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

*Fonte: Tomaz (2003)*

De acordo Sacadura (2011) os materiais mais utilizados nas áreas de captação dos edifícios são as telhas cerâmicas e de fibrocimento, entretanto há disponibilidade no mercado de telhados em lâminas de zinco, alumínio, aço galvanizado, vidro, policarbonato, fibra de vidro entre outros.

Alguns autores como Baptista (2011) ainda sugerem formas mais inovadoras quando se trata de área de captação, incluindo nas opções de armazenamento os telhados armazenadores. Esta técnica pode ser aplicada de forma isolada quando os regulamentos urbanísticos das cidades impõem uma taxa de vazão de saída para cada edifício (BAPTISTA, 2011). Conforme cita o Autor, podem ser utilizados telhados planos ou com uma pequena declividade menor que 5% justamente para reter a água precipitada, podendo divergir ainda mais para telhados de vegetalização intensiva, onde a área do telhado se torna um jardim acessível ao público.

### 2.2.2 Calhas e condutores

O dimensionamento de calhas e condutores deve obedecer ao previsto pela NBR n° 10.844/89 para evitar perdas no volume precipitado por transbordamento, podendo até ser previsto o uso de extravasores como medida adicional de segurança. De acordo com Yoshino (2012), as calhas e condutores são os responsáveis por fazer o transporte da água da chuva da área de captação até os dispositivos de filtragem, que serão discutidos no próximo tópico, ou diretamente aos reservatórios. Estes condutores são encontrados em diversos tipos de materiais, mas os mais comuns são os feitos de PVC, metálicos e de concreto (ABNT, 1989).

No Texas, as calhas e condutores são mais comumente fabricados em alumínio, podendo ser também de aço galvanizado (BERTOLO, 2006). O Autor completa ainda que existem outros materiais disponíveis no mercado como o cobre e o aço inox, que são mais onerosos que outros materiais. Geralmente, faz-se toda a instalação mesmo material, ou seja,

os condutores são do mesmo material que as calhas só que em dimensões menores tendo suas conexões em PVC (BERTOLO, 2006).

De acordo com a Norma nº 10.844 de 1989 o dimensionamento de calhas deve seguir a fórmula de Manning-Strickler que além da vazão de projeto e área de seção molhada, é inversamente proporcional coeficiente de rugosidade  $n$  que está diretamente conectado ao tipo de material do condutor. A tabela a seguir mostra a relação entre o tipo de material utilizado para confecção de calhas e condutores e seus respectivos coeficientes de rugosidade.

Tabela 3: Coeficiente de rugosidade em calhas e condutores

<b>Material</b>	<b><math>n</math></b>
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

*Fonte: ABNT NBR 10.844/89*

De acordo com Dias (2007) existem três tipos construtivos principais de calhas sendo elas: calhas de beiral, calhas de platibanda e calhas de água-furtada. A NBR nº 10.844/89 explicita que as calhas de beiral e platibanda devem sempre ser fixadas de forma centralizada sobre as extremidades da cobertura e o mais próximo possível desta com uma inclinação constante com o valor mínimo de 0,5%. Já as calhas de água furtada devem seguir as inclinações de acordo com o projeto de cobertura da edificação.

A norma ratifica ainda que quando a saída das águas pluviais não estiver localizada em uma das extremidades da cobertura, a vazão de projeto para o dimensionamento para as calhas de beiral e calhas de platibanda deve adotar a maior das áreas de contribuição. A Figura 5 apresenta os tipos mais comuns de calhas.

Figura 5: Tipos de calhas de captação de águas pluviais



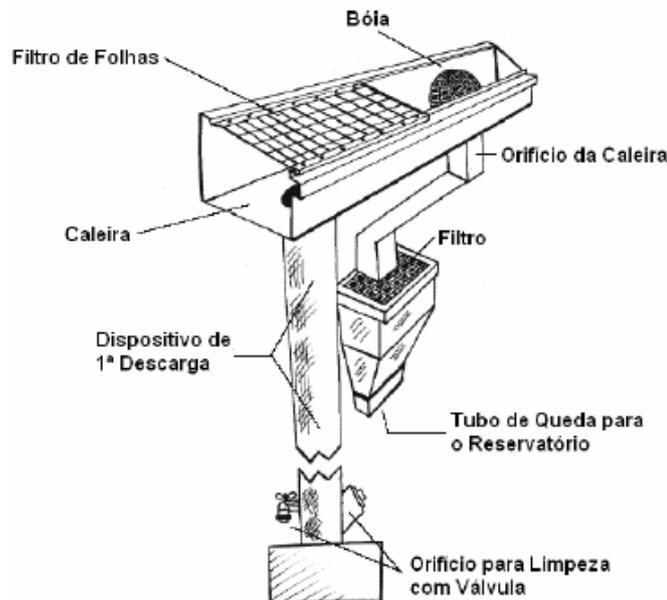
*Fonte: Dias (2007)*

### 2.2.3 Dispositivos de filtragem

Um dos maiores problemas nos sistemas de captação de águas pluviais é a grande quantidade de sujeira que pode acumular nos telhados de captação e é por isso que os dispositivos de filtragem, sejam eles grades ou filtros, tem grande importância nesses sistemas pois retêm a passagem de materiais que possam ser danosos ou que ofereçam obstrução à passagem da água pelo sistema de captação (HAGEMANN, 2009).

De acordo com o *The Texas Manual on Rainwater Harvesting* (2005) a melhor maneira de manter um sistema de captação de água da chuva limpo e manter as impurezas fora do sistema é colocar algum tipo de tela na calha que tem contato com o telhado. Dependendo da quantidade de poeira ou de árvores próximas a área de captação, o proprietário do sistema deve escolher a melhor forma de filtragem, lembrando sempre de fazer limpeza frequente para que as telas funcionem perfeitamente (*The Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 2005). A Figura 6 demonstra um esquema básico de filtragem de água da chuva.

Figura 6: Sistema de filtragem de água da chuva



Fonte: *The Texas manual on rainwater harvesting* (1997)

Yoshino (2012) aponta que em períodos de estiagem (quando não há precipitações) há acúmulo de sujeira nas áreas de captação devido à ausência da água para lavar as mesmas, reunindo desde poeira e folhas até dejetos de animais e fuligem. Desta maneira, quando recomeça o período das chuvas, a água precipitada acaba levando consigo para dentro dos reservatórios estes poluentes (YOSHINO, 2010). Daí a necessidade de um dispositivo de

descarte da primeira chuva que tem por finalidade armazenar, por um curto período de tempo, a precipitação inicial para depois descartá-la com o objetivo de evitar a entrada de toda a sujeira para dentro do sistema de reserva da água afetando assim a sua qualidade (YOSHINO, 2012).

Quando se trata de sistemas de filtragem, a NBR 15.227/07 recomenda a inspeção mensal e a limpeza a cada três meses para evitar a obstrução de filtros e grades e consequentemente a entrada de água nos reservatórios.

Tabela 4: Frequência de manutenção de componentes

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

*Fonte: ABNT NBR 15.527/07*

#### 2.2.4 Reservatórios

O projeto de reservatórios de distribuição de água para abastecimento público é regido pela NBR nº12.217 de 1994 e define como reservatório de distribuição o elemento do sistema de abastecimento de água que se destina a regularizar as variações existentes entre as vazões de adução e das vazões de distribuição para condicionar as pressões na rede de distribuição e assim garantir uma boa qualidade na utilização da água.

De acordo com a NBR 5.626 de 1998 Os reservatórios são uma parte de muita importância nas instalações prediais no que concerne a manutenção dos padrões de potabilidade da água. Por esta razão, deve ser dedicada uma atenção especial a este componente na fase de projeto para a escolha dos materiais a serem utilizados para sua confecção, as suas dimensões e o modo de instalação e operação destes reservatórios.

Caldeira (2016) afirma que os reservatórios de água podem ser confeccionados em diversos materiais desde fibra de vidro, concreto, madeira até ferro galvanizado, lembrando que a escolha do material é de suma importância para determinar o custo que terá o sistema, mas também para garantir a qualidade da água que será utilizada.

*The Texas Manual on Rainwater Harvesting* (2005) situa os diferentes tipos de reservatórios em suas principais características e usos dentro do âmbito da reserva de águas da chuva:

- **Fibra de vidro:** Os reservatórios de fibra de vidro são construídos em forma cilíndrica e em volumes padrão de material opaco para evitar a entrada de luz e inibir o crescimento de algas. São facilmente reparáveis apesar de ter sua durabilidade testada e comprovada, resistindo aos elementos abrasivos durante anos

- **Polipropileno:** Os reservatórios deste material devem ser instalados acima do solo ou, caso enterrados, precisam de um reforço para compensar o empuxo da terra. São geralmente vendidos em lojas de produtos agrícolas e tem o preço mais acessível. Apesar de duráveis, precisam de manutenção constantemente pra evitar vazamentos.

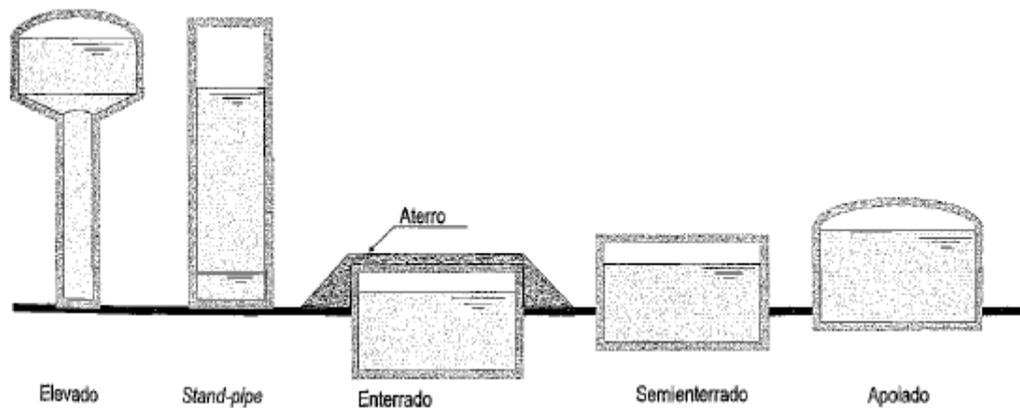
- **Madeira:** Este tipo de reservatório é escolhido geralmente por ser visualmente mais bonito podendo se passar facilmente por um adereço arquitetônico. Atualmente é construído de pinho, cedro ou madeiras semelhantes, porém, há alguns anos era feito em pau-Brasil. A execução deste tipo de tanque é bastante onerosa pois demanda um técnico especializado para sua construção.

- **Aço galvanizado:** Reservatórios em aço galvanizado são leves e de fácil mudança, sendo também uma opção harmônica arquitetonicamente. Geralmente são embebidos em zinco quente para aumentar a resistência a corrosão e tem forros geralmente em polietileno ou PVC.

- **Concreto:** Os reservatórios de concreto podem ser construídos *in situ* ou serem pré-moldados. São considerados fixos, e geralmente estão integrados no projeto estrutural de novas construções. Embora seja necessário a drenagem, são de fácil manutenção pois vazamentos podem ser facilmente reparados. Uma das vantagens deste tipo de reservatório é a transmissão de um gosto agradável a água devido a leve reação do cálcio presente no cimento com a pequena acidez encontrada na água da chuva.

De acordo com Heller (2010) os reservatórios se classificam em elevados, apoiados, enterrados e semienterrados. Os reservatórios elevados tem seu fundo em uma cota superior ao sistema de distribuição justamente para suprir a demanda de pressão do sistema. Os reservatórios enterrados são construídos abaixo da cota do terreno e geralmente são responsáveis pela maior parte da reservação do sistema (HELLER, 2010). Ainda segundo o Autor, são considerados reservatórios semienterrados aqueles que apresentam pelo menos um terço da sua altura está abaixo da cota do terreno.

Figura 7: Tipos de reservatórios quanto a localização



Fonte: HELLER (2010)

Definir o tamanho dos reservatórios depende de vários fatores. Cohim (2008) elenca esses fatores, principalmente como:

- **Regime de chuvas local:** Dependente dos dados disponíveis de precipitação como a média anual e a sua distribuição durante o ano. Altos índices pluviométricos e constância na distribuição permitem um menor volume de reservação.
- **Área de captação:** Diretamente proporcional ao volume do reservatório. Ou seja, quanto maior a área de captação, maior será a quantidade de água disponível.
- **Demanda:** O tipo de uso que será dado à água reservada é fundamental para a determinação do tamanho do reservatório, devendo ser observados o número populacional e hábitos de consumo.

May (2004) aponta que os reservatórios de água da chuva podem ser o componente mais custoso de todo o sistema de aproveitamento de água da chuva. Dessa forma é necessário muita cautela e bom senso para evitar a inviabilização do projeto.

### 2.3 Qualidade de água da chuva

A água apresenta características de natureza física, química e biológica que podem ser expressos tanto quantitativamente quanto qualitativamente além de poderem expostos de outras maneiras. A qualidade da água pode ser regida por leis, resoluções, portarias e normas. (PROSAB, 2009).

Como relata a Portaria n° 518/2004, toda atividade que tem por fim verificar a potabilidade da água distribuída para consumo humano e manutenção dessa condição assim como avaliar os riscos que esse sistema pode oferecer para a saúde pública é considerada controle da qualidade da água, sendo exercida pelo responsável pelo sistema de forma contínua (BRASIL, 2004).

A água da chuva pode ser considerada uma fonte de água pura em sua precipitação pois a sua qualidade ultrapassa a qualidade de outras formas de captação como superficial e subterrânea pois não entra em contato com nenhum tipo de contaminante seja ele presente no solo ou de origem rochosa o que evita a dissolução de impurezas que alterariam a sua composição (BERTOLO, 2006).

May (2009) afirma que a qualidade da água captada pelos sistemas de aproveitamento de água da chuva depende principalmente da localização em que se encontra a área de coleta e das condições meteorológicas da região, mas também da presença ou não de vegetação e agentes poluentes. Dessa forma, é de extrema importância a verificação da qualidade da água da chuva antes da definição de seu uso para evitar riscos à saúde pública (MAY, 2009).

Para Hagemann (2009), além da influência das características de cada região, a qualidade de água da chuva também sofre influência das características das precipitações. Ou seja, quanto mais intensa for a precipitação, maior será o coeficiente de arrasto das impurezas presentes principalmente em telhados e, quanto menor a intensidade da precipitação, menor o poder de arraste dos materiais depositados nas áreas de captação (HAGEMANN, 2009).

A água da chuva, independente da sua intensidade, tem a capacidade de carregar materiais pesados presentes no ar que entrarão no reservatório por meio do sistema de captação e após a decantação se depositarão no fundo ocasionando o surgimento de uma espécie de lodo assim como os microrganismos que são carregados pela chuva se reproduzirão dentro dos reservatórios, podendo causar algum tipo de prejuízo a saúde daqueles que usarem esta água para fins potáveis, como diarreias ou até a presença de protozoários (TOMAZ, 2003).

A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, tais como estar isenta de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para prevenir danos à saúde e ao bem-estar do homem. [...] A organização mundial da saúde estima que, das 13.700 pessoas que morrem por dia por causa de doenças transmitidas pela água, mais da metade são crianças com menos de cinco anos de idade. Essas doenças são facilmente evitáveis com a existência de saneamento básico adequado (BRAGA, 2010, p.79).

De acordo com Art. 28 da Portaria 514 de 2004 é dever do Ministério da Saúde e das autoridades de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, representados pelas respectivas Secretarias de Saúde, fiscalizar o cumprimento desta norma dentro da legislação que regulamenta o SUS - Sistema Único de Saúde. Aos responsáveis tanto pelo sistema de abastecimento de água quanto por sua operação é cabível a aplicação das devidas sanções administrativas quando estes não obedecerem ao prescrito na norma em vigência (BRASIL, 2004).

### 2.3.1 Parâmetros de qualidade da água

A água tem na sua composição elementos que são essências para nutrição dos seres vivos como cálcio, ferro e iodo entretanto, a presença de alguns outros compostos pode ser prejudicial à sua insipidez como manganês e sulfato, que dão um sabor desagradável a água. A combinação de sódio com o cloro resulta em um sabor salgado e o cálcio e magnésio quando em contato com bicarbonato e sulfato formam precipitados que podem interferir no uso potável da água. (PARRON, 2011).

De acordo com a NBR 15.527 as definições de padrões de qualidade da água são de responsabilidade do projetista de acordo com o fim que será dado à água. Caso usos mais seletos sejam desejáveis, é essencial que se siga os parâmetros apresentados na norma.

Tabela 5: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos não potáveis

<b>Parâmetro</b>	<b>Análise</b>	<b>Valor</b>
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, p/ usos menos restritos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono galvanizado

Fonte: ABNT NBR 15.527/07

É comum que em áreas urbanas e de grande densidade industrial sejam encontradas alterações na qualidade da água da chuva pelas diferentes concentrações de elementos originados da poluição, como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NOS) e até

mesmo chumbo e zinco. É desta maneira que em grandes centros urbanos é comum a ocorrência de chuvas ácidas, que nada mais são que a reação de certos gases na atmosfera em contato com as nuvens de chuva o que acaba alterando o pH da água precipitada (TOMAZ, 2003).

Os parâmetros quantificados na análise da água da chuva são indispensáveis para a conclusão sobre a sua qualidade. Turbidez, gosto, odor, cor, pH, alcalinidade e dureza são os principais parâmetros físico-químicos a serem analisados.

Para Parron (2011) turbidez é a propriedade ótica da água que faz com que a luz incidente sobre a amostra de água seja absorvida ou espalhada ao invés de passar em linha reta através da amostra e é causada pela existência de materiais dissolvidos ou em suspensão como solo (areia, silte, argila), matéria orgânica e/ou inorgânica.

Gostos e odores presentes na água geralmente tem origem da presença de amônia, cloretos, cobre, sólidos totais dissolvidos e sulfeto de hidrogênio, mas também pode ter origem biológica advindo principalmente de cianobactérias (HELLER, 2010). O Autor afirma que geralmente essas características indesejáveis na água se desenvolvem devido ao processo de armazenagem, pela proliferação de agentes microbiológicos, e distribuição devido a corrosão das tubulações. Gostos e odores presentes água podem ser excelentes indicativos de que há algo errado com o sistema de armazenamento de água da chuva, indicando a necessidade de manutenção (HELLER, 2010).

Para May (2004) a alteração na propriedade de translucidez da água é ocasionada pela presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão no corpo hídrico, dependendo sempre da origem e quantidade do material presente. Afirma ainda que a remoção de coloração da água é relativamente fácil sendo possível apenas pelo processo de coagulação química em meio ácido, ou seja, com baixo pH.

Para Parron (2011), o potencial hidrogeniônico, mais conhecido como pH, é o parâmetro da análise da qualidade da água da chuva que mensura, em uma escala de 0 a 14, a acidez, neutralidade ou alcalinidade da amostra. O pH influencia diretamente nas formas de vida pois altera a fisiologia das espécies e indiretamente pois pode ocasionar a precipitação de elementos químicos presentes na água (PARRON, 2011).

Define-se como alcalinidade a capacidade que a água tem de anular os ácidos através do número de íons disponíveis para reagir com os íons de hidrogênio e assim neutraliza-

los. É constituído principalmente por sólidos dissolvidos na forma de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^-$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) (HAGEMANN, 2009)

A presença de íons metálicos como o cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Ferro ( $\text{Fe}^{++}$ ) e estrôncio ( $\text{S}^{++}$ ) caracteriza a propriedade de dureza da água. Esta propriedade é reconhecida por impedir a formação de espuma quando a amostra entra em contato com sabão além de produzir incrustações nos sistemas de distribuição de água quente (SILVA, 2001).

A quantidade de oxigênio dissolvido é um fator de extrema importância na análise da qualidade da água e depende de diversos fatores como a temperatura, salinidade, turbulência pressão atmosférica e ainda a atividade de fotossíntese das algas e plantas presentes no corpo hídrico. Este parâmetro é inversamente proporcional à temperatura e salinidade, ou seja, com o aumento da temperatura e quantidade de sal dissolvido na água, ocorre a diminuição da concentração de oxigênio. Pode ser expresso em mg/L ou ainda em porcentagem. É importante frisar que quando os níveis de OD estiverem abaixo de 80%, é provável que haja alteração na qualidade da água, que pode apresentar até leves odores (HELLER, 2010).

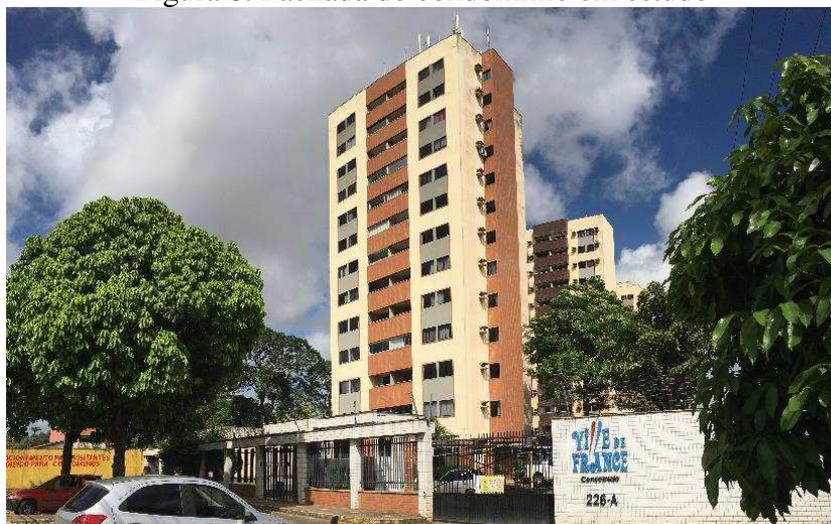
Quando se trata de parâmetros para análise microbiológica, considera-se principalmente a presença de coliformes totais e de bactérias termotolerantes. Para Oliveira (2008), os coliformes fecais são utilizados para indicar a presença de fezes na água por viverem normalmente no trato intestinal dos seres humanos e dos demais animais. Entre as bactérias do grupo coliforme, a *Escherichia Coli* é a mais utilizada para indicar poluição por fezes.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O condomínio residencial em estudo está localizado na cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão e situa-se no bairro do Turu, na Avenida São Luís Rei de França. O condomínio é composto por três edifícios (em ordem, Edifício Montclair, Edifício Avgnion e Edifício Castellane) de doze andares contendo quatro apartamentos cada. A Figura 8 apresenta a fachada do condomínio residencial.

Figura 8: Fachada do condomínio em estudo



*Fonte: O autor (2019)*

O condomínio foi entregue em três etapas, sendo a primeira delas em setembro de 2007. Os apartamentos são abastecidos, em questão de hídrica, por poço artesiano que supre as necessidades das demandas comuns. Entretanto, não há distinção da água distribuída entre os apartamentos e a água utilizada para irrigação de jardins e serviços gerais na água comum, sendo esta água potável própria pra consumo humano. Tais usos não nobres podem ser responsáveis por uma futura escassez de água no condomínio, o que forçaria o mesmo a depender da CAEMA para abastecimento.

##### 3.1.1 Áreas de jardim

De acordo com a lei municipal 3.253/92 de uso e ocupação de solos no município de São Luís, toda construção deve ter um total de 25% da sua área permeável. A solução encontrada pela construtora para seguir essa regra sem perder área construída e ainda

ornamentar o investimento com um ambiente saudável e agradável foi a implantação de uma grande área de jardins. A Figura 9 mostra uma pequena parcela da área de jardim disponível no condomínio em volta da pista de corrida.

Figura 9: Área de jardins na área de estudo



*Fonte: O autor (2019)*

O condomínio conta com uma área de 870,38 m<sup>2</sup> de jardins entre gramado, plantas ornamentais e árvores frutíferas distribuídos no decorrer da pista de corrida com cerca de 330 metros que circunda toda a área construída do empreendimento.

### 3.1.2 Áreas comuns

Para não ter que erguer novas edificações dedicadas aos salões de festas, a construtora optou por utilizar o pavimento térreo das três torres como salão de festas para os eventos realizados pelos condôminos. Os salões de festa contam com uma área de aproximadamente 220 m<sup>2</sup> e dispõem de banheiros masculino e feminino além de uma “minicozinha” com pia, fogão e freezer. A Figura 10 apresenta uma vista lateral do salão de festas do Edifício Montclair.

Figura 10: Salão de eventos do Edifício Montclair



*Fonte: O autor (2019)*

Outra área de bastante importância social no condomínio Ville de France é a área de vivência no pavimento térreo de cada edifício, onde os moradores se reúnem para realização de atividades de entretenimento. Esta área também entrou no cálculo da demanda de lavagem de pisos pois, assim como o salão de eventos é bem movimentada e precisa constantemente de limpeza e manutenção para comodidade dos condôminos. A Figura 11 é uma fotografia de uma das áreas de vivência do Condomínio Ville de France.

Figura 11: Área de vivência do Edifício Montclair



*Fonte: O autor (2019)*

### **3.2 Coleta de água da chuva**

A coleta das amostras é uma das etapas mais importantes no monitoramento da qualidade de um corpo hídrico, pois a precisão dos resultados assim como sua veracidade depende da correta execução do método. Para May (2004), a qualidade da água varia de acordo com o tempo, então é necessário que haja inúmeras coletas, em diferentes locais, para que se tenha maior precisão nos resultados de qualificação da água a chuva.

Para Parron (2011) a amostragem tem como objetivo coletar uma pequena quantidade de água que seja de fácil transporte e ao mesmo tempo suficiente para realizar todos os ensaios em laboratório sem perder as suas características. Recomenda que antes de serem utilizados, os materiais devem estar devidamente esterilizados, as amostras devem permanecer o mais fiéis possível, sem a interferência de corpos estranhos coletados acidentalmente e, logo após a coleta, a amostra deve ser etiquetada e encaminhada para um recipiente térmico a fim de evitar a proliferação de organismos indesejados.

Figura 12: Sistema de captação de água da chuva para análise em laboratório



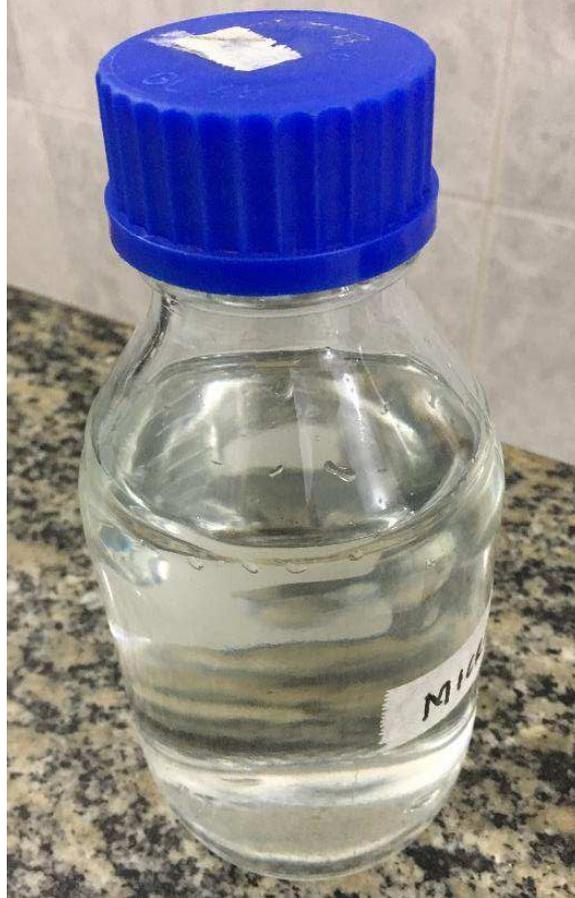
*Fonte: O autor (2019)*

No sistema de colheita de amostras utilizadas neste trabalho foram utilizadas garrafas pet, que foram esterilizadas e um funil, também esterilizado, para aumentar a área de captação da água. Como sugere Hagemann (2009), para os amostradores que coletam água dos telhados não foi previsto nenhum tipo de pré-tratamento, como filtros ou grades para retenção de materiais grosseiros, visando sempre manter as características da água em seu estado natural, sem nenhuma interferência.

### **3.3 Análise físico-química e microbiológica**

As amostras coletadas nos dias 25/03/2019 e 27/05/2019 foram entregues ao laboratório de microbiologia de alimentos e água pertencente ao núcleo de estudo de zoonoses do curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão para realização das análises físico-química e microbiológica.

Figura 13: Água coletada no amostrador encaminhado ao laboratório



*Fonte: O autor (2019)*

### 3.3.1 Análise Físico-química

As análises físico-químicas da água coletada foram realizadas através de titulação. Cada parâmetro tem seu método específico para ser medido e no Manual Prático de Análise de Água (2004) desenvolvido pelo Ministério da Saúde através da FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) estes métodos são explicados.

**Alcalinidade Total:** Toma-se 50 ml da amostra que é colocada no frasco Erlenmeyer de 250 ml para então serem adicionadas 3 gotas da solução indicadora de verde de bromocresol ou vermelho de metila. A mistura então é titulada com a solução de Ácido Sulfúrico 0,02 N até que ocorra a mudança da coloração azul-esverdeada para tons de rosa.

**Cloretos:** Coloca-se 100 ml da amostra de água em um frasco Erlenmeyer de 250 ml, depois ajusta-se o pH da amostra entre 7 e 10 (caso necessário) com adição de NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Adiciona-se 1 ml da solução indicadora de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> para então titular a mistura com a solução padrão de Nitrato de Prata 0,0141 N até a mudança de cor para amarelo avermelhado

onde se encontra o ponto final da titulação. É necessário que seja feito um branco da mesma maneira que a amostra foi feita.

**Dureza:** Toma-se 25 ml da amostra para ser diluída em 50 ml de água destilada em um balão volumétrico. A solução é transferida para um Becker de 100 ml onde são adicionadas 1 ou 2 gotas da solução tampão para aumentar o pH a  $10 \pm 0,1$ . Em seguida a mistura é adicionada em um frasco Erlenmeyer de 250 ml e é acrescentada de aproximadamente 0,05 gramas do indicador Eriochrome Black T. A titulação é feita com DTA 0,01M agitando continuamente até o completo desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o surgimento de uma coloração azul.

**pH:** Liga-se o potenciômetro e espera-se até a estabilização do mesmo enquanto os eletrodos são lavados com água destilada e enxutos. O aparelho é calibrado com as soluções padrões e então introduz-se os eletrodos na amostra a ser examinada. Retira-se então os eletrodos e faz-se a leitura.

**Turbidez:** A análise da turbidez é feita através de um aparelho específico chamado turbidímetro. O procedimento consiste em calibrar o turbidímetro e observar o feixe de luz atenuado pelas partículas sólidas em suspensão presentes na amostra.

### 3.3.2 Análise Microbiológica

Devido aos demorados tempos de análise e falta de precisão dos métodos convencionais de para determinação de *E. coli*, tornou-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de métodos alternativos mais rápidos. Então a IDEXX desenvolveu o método Colilert® que tem como base a DST (Defined Substrate Technology) e é utilizado para a detecção e enumeração de coliformes e *E. coli* nas amostras de água. O processo ocorre por meio da hidrólise enzimática dos substratos ONPG e MUG. (OLIVEIRA, 2013)

O teste Colilert usa a exclusiva Tecnologia do Substrato Definido - Defined Substrate Technology (DST) para detectar simultaneamente coliformes totais e *E. coli*. Dois indicadores nutrientes, ONPG e MUG, são as principais fontes de carbono no Colilert e podem ser metabolizados pela enzima dos coliformes  $\beta$ -galactosidase, e pela enzima da *E. coli*  $\beta$ -glucuronidase, respectivamente. À medida que os coliformes crescem no teste Colilert, eles usam  $\beta$ -galactosidase para metabolizar ONPG e mudam sua cor de incolor para amarelo. *E. coli* usa  $\beta$ -glucuronidase para metabolizar MUG e criar fluorescência. Tendo em conta que a maioria dos não coliformes não tem estas enzimas, eles são incapazes de crescer e interferir. Os poucos não coliformes que têm estas enzimas são seletivamente suprimidos pela matriz especificamente formulada do teste Colilert. (IDEXX, 2019)

O ensaio é feito realizando a separação de 100 ml da amostra com um bico de Bunsen de forma a manter a amostra esterilizada para então adicionar o fator reagente do método Colilert®. Após diluído o reagente na amostra, o composto é colocado em um recipiente plástico de solução do sistema *Quanti-Tray* para em seguida ser vedado na seladora de mesmo nome. Após vedado, o recipiente contendo a amostra é levado a uma incubadora à 35°C para passar 24 horas. Após decorrido o tempo estabelecido, é realizada a leitura no aparelho de espectro ultravioleta (UV) para a contagem microbiológica em NMP (Número Mais Provável) (IDEXX, 2019).

Tabela 6: Resultados aparentes do teste microbiológico Colilert®

<b>Aparência</b>	<b>Resultado</b>
Menos amarelo que o comparador	Negativo para coliformes totais e E. coli
Igualmente ou mais amarelo que o comparador	Positivo para coliformes totais
Fluorescente e igualmente ou mais amarelo que o comparador	Positivo para E. Coli

Fonte: IDEXX (2005)

### 3.4 Previsão de volume de água da chuva

A previsão de volume da chuva foi feita de acordo com dado de precipitações no período de 1998 a 2019 obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia. Próximo a área de estudo há uma estação de coleta de dados pluviométricos que garante a maior precisão dos resultados obtidos. A estação da Reserva do Itapiracó, em São Luís do Maranhão fica a aproximadamente 1,5 km do condomínio em questão. Outras características da estação estão expostas no Quadro 2.

Quadro 2: Dados da estação pluviométrica da Reserva do Itapiracó

Nome	Reserva do Itapiracó
Código	82280
Município	São Luís
Estado	MA
Latitude (graus)	-2.53°
Longitude (graus)	-44.21°
Altitude (metros)	50.86
Início de operação	18/11/1924

Fonte: INMET (2019)

A previsão de volume de água da chuva aproveitável é feita através da equação 1 que correlaciona a área de captação, as precipitações coletadas a partir da estação pluviométrica e o coeficiente de *Runoff* que depende exclusivamente do material da área de coleta.

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

Onde:

$Q(t)$  = volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial

$P$  = precipitação da chuva

$A$  = área de captação

### 3.5 Demanda de consumo

O consumo de água da chuva pode ser aplicado tanto para usos internos quanto para usos externos nas residências. Em questão de volume de água, as atividades de higiene pessoal e limpeza em geral são as que mais consomem no uso interno. Pesquisas realizadas no Brasil apontam que os aparelhos de descarga sanitária são os campeões em uso de água. Em relação ao uso externo a rega de jardins, lavagem de áreas externas e veículos é a responsável pela maior demanda volumétrica de água, representando certa de 40% do uso não potável em uma residência (PROSAB, 2009).

Neste estudo, definiu-se que, por questão de aplicabilidade de projeto, a água captada do sistema de captação de águas pluviais será direcionada a irrigação de jardins e a lavagem de áreas externas comuns aos condôminos. Buscou-se na literatura padrões de consumos já testados e comprovados que tratassem a demanda preferencialmente de acordo com a metragem quadrada da área. Melo e Neto (1988) apud Tomaz (1999) definiram que o consumo médio de água para lavagem de áreas, pátios e calçadas é de 1 a 2 L/m<sup>2</sup>. Adotou-se o valor de 2 L/m<sup>2</sup> por se tratar da situação mais extrema e assim evitar o subdimensionamento da demanda. Para a rega de jardins, Macintyre (2010) definiu o consumo como sendo 1,5 L/m<sup>2</sup> como mostra a Tabela 7.

Tabela 7: Relação de consumo por estabelecimento

<b>Estabelecimento</b>	<b>Consumo</b>
Aeroporto	8-15 L/passageiro
Banheiro público	10-25 L/usuário
Clínica de repouso	200-45 L/paciente, 20-60 L/empregado
Prisão	200-500 L/detento, 20-60 L/empregado
Quartel	150 L/soldado
Rega de jardim	1,5 L/m <sup>2</sup>

Fonte: Macintyre (2010)

Tendo em mãos o valor do consumo necessário para cada atividade, foi necessário realizar a medição das áreas de jardins e comuns do condomínio. Este procedimento foi realizado através da análise das plantas disponibilizadas pela construtora, onde, por meio do comando “*measure*” da plataforma *AutoCad*, foi possível medir com precisão as áreas em questão.

A demanda foi calculada através de uma fórmula de correlaciona a frequência de uso das águas reservadas em vezes por ano, a área em metros quadrados que será lavada ou regada e o consumo de casa uso especificado. A equação 2 será utilizada para cálculo da demanda dos dois usos especificados pois ambos estão relacionados com a metragem quadrada, não sendo necessário nenhuma transformação de unidade:

$$D = Fr \times A \times Q \quad (2)$$

Onde:

D: Demanda de água da chuva (L)

Fr: Frequência de uso da água reservada (vezes/ano)

A: Área a ser lavada ou irrigada (m<sup>2</sup>)

Q: Consumo de cada uso (L/m<sup>2</sup>)

### 3.6 O método de Rippl

Devido a facilidade em ser aplicado e a simplicidade, atualmente o método de Rippl é o método mais utilizado para dimensionamento de reservatórios de água da chuva. Usualmente, o método apresenta como resultado o valor máximo do reservatório e é mais eficaz em regiões onde há grande variação no volume pluviométrico. Em regiões onde há pouca variação no volume de chuvas, o método de Rippl acaba sendo ineficaz (TOMAZ, 2003).

O Método de Rippl é um método de cálculo do volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado. Esse método baseia-se no diagrama de massa do sistema, também denominado diagrama de Rippl, originalmente desenvolvido no final do século XX, utilizado amplamente para o cálculo de reservatórios de água destinados a acumular água para abastecimento, para aproveitamento hidroelétrico, para irrigação, para controle de enchentes e para a regularização de cursos d'água (YOSHINO, 2012, p.55).

Conforme expõe Gianchinni (2016), o método de Rippl também conhecido por método do digrama de massas tem como base o conceito e regularização de vazão, ou seja, armazena a água da chuva em períodos chuvosos para compensar a falta desta em períodos de estiagem. Utilizando das precipitações mensais para a construção do diagrama de massas consideram-se duas hipóteses, a primeira que considera o reservatório cheio no tempo zero, caracterizando o começo do período de escassez, e a segunda que considera que os dados de precipitação mensal obtidos não são alterados durante a sequência. O volume do reservatório é calculado através da equação 3:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (3)$$

$$V = \sum S(t) \text{ somente para } S(t) > 0$$

$$\text{Sendo que } \sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:

$S(t)$  = volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$D(t)$  = demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  = volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

O dimensionamento dos reservatórios de captação de água da chuva através do método de Rippl foi feito para três cenários distintos:

- Dimensionamento do reservatório de captação de água da chuva para precipitações mensais médias no período de 1998 a 2019
- Dimensionamento do reservatório de água da chuva para o ano da série pluviométrica com menor precipitação total anual
- Dimensionamento do reservatório de água da chuva para o ano da série pluviométrica com maior período de estiagem

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Avaliação da qualidade da água da chuva

#### 4.1.1 Avaliação Físico-química

As duas amostras foram entregues ao Laboratório de microbiologia de alimentos e água na universidade estadual do maranhão para análise físico-química por meio de titulação e os resultados destas análises estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8: Resultados das análises físico-químicas

Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	VMP	Unidades
Cálcio	0,0	0,0	NC	Mg/L CaCO <sub>3</sub>
Magnésio	0,0	0,0	NC	Mg/L CaCO <sub>3</sub>
Dureza total	0,0	0,0	≤ 500,0	Mg/L CaCO <sub>3</sub>
Alcalinidade em OH <sup>-</sup>	6,0	2,0	NC	Mg/L CaCO <sub>3</sub>
Alcalinidade em CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,0	2,0	NC	Mg/L CaCO <sub>3</sub>
Alcalinidade em HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,0	2,0	NC	Mg/L CaCO <sub>3</sub>
Alcalinidade total	6,0	2,0	NC	Mg/L CaCO <sub>3</sub>
Cloretos (Cl <sup>-</sup> )	7,09	<u>0,99</u>	≤ 250	Mg/L Cl <sup>-</sup>
pH	6,48	5,28	6,0 a 9,0	-
Turbidez	0,01	0,32	100	U.N.T

*Fonte: O autor (2019)*

De acordo com a resolução N° 430, de 13 de maio de 2011 do conselho Nacional de Meio ambiente – CONAMA a água analisada está de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação, para as análises realizadas.

#### 4.1.2 Avaliação microbiológica

As duas amostras foram entregues ao Laboratório de microbiologia de alimentos e água na universidade estadual do maranhão para microbiológica por meio do método de Colilert®. A tabela 9 mostra o resultado dos testes realizados.

Tabela 9: Resultados das análises microbiológicas

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	NMP
Coliformes totais	20	24.196	1000
<i>Escherichia coli</i>	< 10	24.196	1000

*Fonte: O autor (2019)*

A Figura 12 mostra a cartela utilizada no ensaio da segunda amostra para coliformes totais e *Escherichia Coli*, apresentando a cor amarelada que, segundo a fabricante do método,

indica presença de contaminantes microbiológicos comprovado pelos resultados obtidos na tabela.

Figura 14: Cartela de análise pelo método Colilert® da água coleta



*Fonte: O autor (2019)*

De acordo com a Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, a primeira amostra de água analisada apresentou qualidade satisfatória, atendendo aos padrões permitidos pela legislação vigente. Entretanto, a segunda amostra apresentou indicativos muito altos para coliformes totais e *Escherichia coli*, ultrapassando os padrões exigidos pela lei.

De acordo com o § 1° do Art. 27 da Portaria de consolidação n° 5 do Ministério da Saúde, para ser considerada potável, a água deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme o exposto no Anexo 1 da mesma portaria. Quando forem detectadas amostras com resultados positivos para coliformes totais, mesmo que em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas incluindo a nova coleta de novas amostras em dias consecutivos até que sejam obtidos resultados satisfatórios.

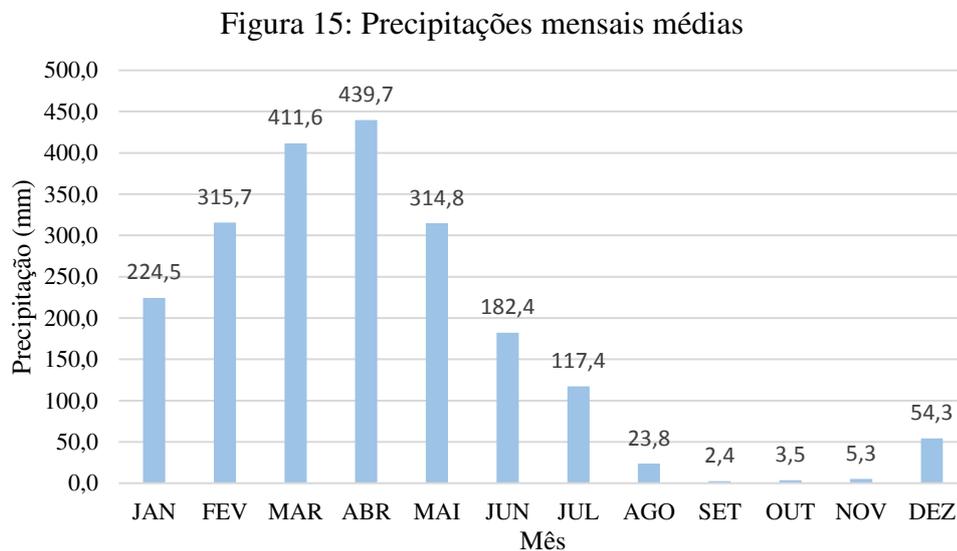
Considerando que as condições de coleta foram exatamente iguais, esta disparidade de resultados deve-se a irregularidade da frequência das chuvas. Quando a primeira coleta foi realizada, chuvas de grande intensidade eram eventos diários, realizando assim uma “lavagem” constante da área de captação, enquanto que na segunda coleta, as chuvas eram mais espaçadas umas das outras, possibilitando o acúmulo de sujeira que alterou a qualidade da água.

Conforme o resultado da análise, a água coletada da chuva está imprópria para uso potável, porém, esta água terá finalidades de uso não nobre, sendo a presença de agentes microbiológicos inofensiva para a saúde humana, neste caso.

## 4.2 Previsão do volume de água da chuva

### 4.2.1 Determinação das precipitações na região de São Luís – MA

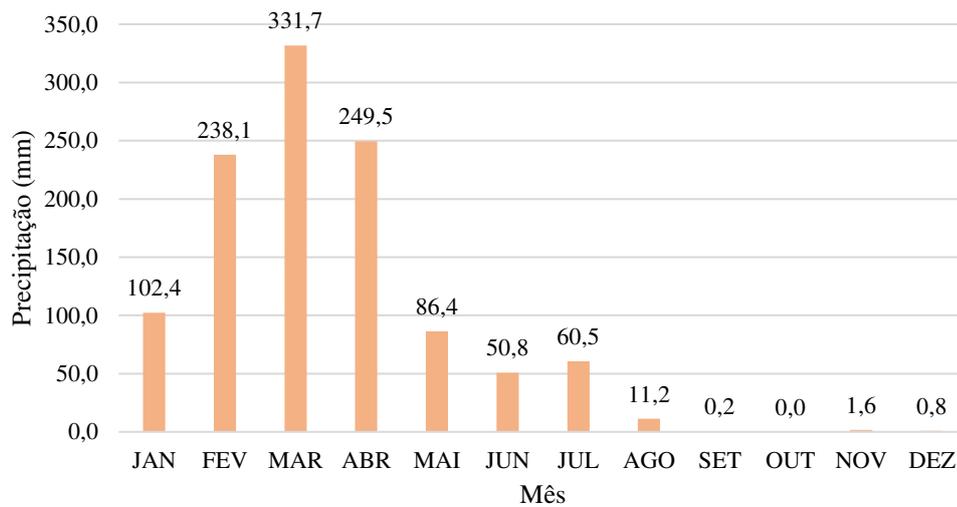
As precipitações mensais médias foram obtidas através da divisão entre as precipitações anuais por mês pelo número de anos considerados para uma boa confiabilidade de dados (20 anos). As precipitações mensais médias estão representadas na Figura 15.



Fonte: O autor (2019)

A menor precipitação total anual foi obtida através da soma das precipitações mensais em todos os anos e observado aquele que totalizava uma menor precipitação total. Observou-se que o ano que menos choveu foi o ano de 2012. A Figura 16 mostra as precipitações resultantes de cada mês do ano de 2012.

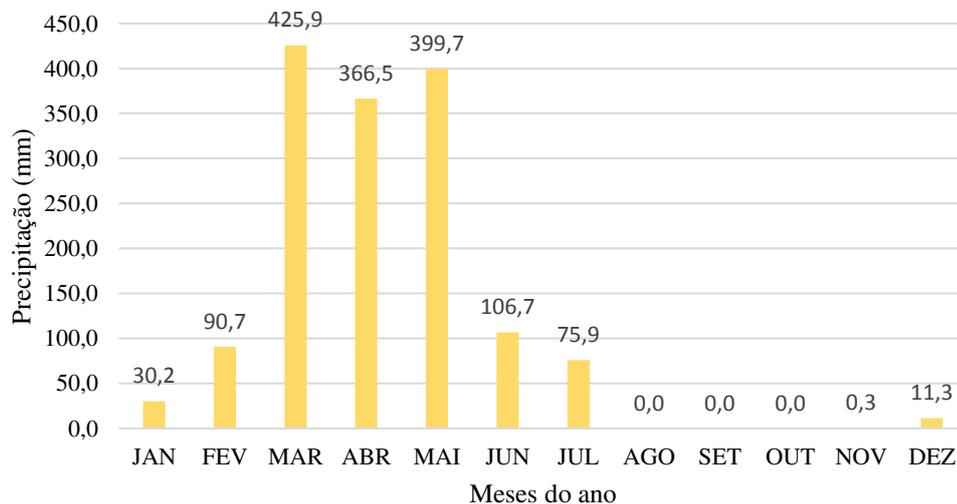
Figura 16: Precipitações no ano de menor precipitação total anual



Fonte: O autor (2019)

Para as precipitações para ano de maior estiagem considerou-se estiagem o período em que não há ocorrência de chuvas. Na região de São Luís, os meses de agosto a outubro são caracterizados por pouco volume de precipitação, porém, no ano de 2015 estes meses não apresentaram nenhum evento pluviométrico, considerando este ano como o de maior estiagem dentro dos últimos 20 anos. As precipitações obtidas estão representadas na Figura 17.

Figura 17: Precipitações no ano de maior estiagem



Fonte: O autor (2019)

As precipitações totais anuais foram obtidas somando os valores das precipitações mensais de janeiro a dezembro dos anos de 1998 a 2019 e estão representadas na Figura 18.

Figura 18: Precipitações totais anuais



Fonte: O autor (2019)

#### 4.2.2 Volume de água da chuva aproveitável

O condomínio dispõe de três torres e analogamente de três coberturas. Todavia, no Edifício Montclair a cobertura foi cedida a uma empresa de telefonia para instalação de torre de transmissão de sinal como forma de implementar a receita do condomínio e diminuir assim o valor das taxas de manutenção cobradas aos condôminos, restando apenas duas torres com cobertura disponível para captação. A Figura 19 é uma imagem de satélite obtida e editada através do Google Earth que representa as coberturas do condomínio estudado.

Figura 19: Visão de satélite da área de estudo e as áreas de captação



Fonte: Google Maps (2019)

Inicialmente, usou-se a cobertura dessas duas torres para captação da água da chuva totalizando aproximadamente 690 metros quadrados. Foi observado então que o volume captado pelas duas torres em conjunto era muito maior do que a demanda solicitada. Então, para fins de cálculo do volume de água da chuva aproveitável levou-se em consideração apenas a cobertura do edifício Castellane, identificado na Figura 19 como II.

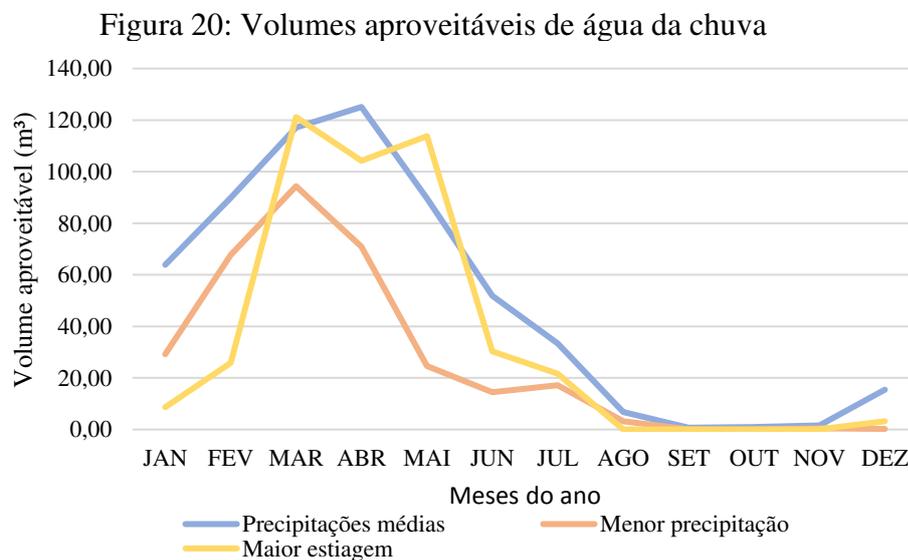
Os volumes aproveitáveis foram calculados levando em consideração as médias de precipitação, o ano de menor precipitação total anual e o ano de maior estiagem

Tabela 10: Volumes aproveitáveis de água da chuva

Meses do ano	Volume de água aproveitável (m <sup>3</sup> )		
	Precipitações médias	Menor P. total anual	Maior estiagem
Janeiro	63,86	29,13	8,59
Fevereiro	89,82	67,73	25,80
Março	117,11	94,36	121,16
Abril	125,09	70,98	104,26
Mai	89,56	24,58	113,71
Junho	51,88	14,45	30,35
Julho	33,39	17,21	21,59
Agosto	6,76	3,19	0,00
Setembro	0,69	0,06	0,00
Outubro	0,99	0,00	0,00
Novembro	1,52	0,46	0,09
Dezembro	15,45	0,23	3,21
<b>Total</b>	<b>596,11</b>	<b>322,37</b>	<b>428,77</b>

Fonte: O autor (2019)

Graficamente, os volumes aproveitáveis de água da chuva podem ser apresentados pela Figura 20 abaixo:



Fonte: O autor (2019)

### 4.3 Previsão do consumo de água

Considerando os dois usos que serão destinados às águas captadas no sistema de captação de água da chuva, adotou-se dois cenários: o uso constante da demanda sendo distribuída igualmente entre todos os meses do ano e o uso variável, onde a demanda é diferente entre os meses de junho a dezembro.

#### 4.3.1 Consumo constante

Para a demanda constante adotou-se a rega dos jardins acontecendo durante todos os meses do ano três vezes por semana, totalizando um total de 144 regas por ano. Considerando a literatura consultada que aponta o consumo de água para este fim (1,5 L/m<sup>2</sup>) e multiplicando este valor pela área de jardins e a frequência de rega obtêm-se um total de 188002,1 litros de água por ano. Distribuindo esse consumo por mês, tem-se um valor de 15,66 litros por mês.

A lavagem das áreas comuns é regular durante todos os meses do ano sendo efetuada duas vezes por semana totalizando um total de 96 vezes por ano e demandando um total de 126385,9 litros anualmente, que distribuídos entre os meses do ano fica 10,53 litros por mês. As demandas de consumo acumuladas estão representadas na tabela 11.

Tabela 11: Demanda de consumo constante

<b>Meses do ano</b>	<b>Demanda acumulada (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	26,199
Fevereiro	52,398
Março	78,597
Abril	104,796
Maio	130,995
Junho	157,194
Julho	183,393
Agosto	209,592
Setembro	235,791
Outubro	261,99
Novembro	288,189
Dezembro	314,388
<b>Total</b>	<b>314,388</b>

*Fonte: O autor (2019)*

Para consumo de demanda constante, tem-se um total acumulado em dezembro de 314,318 m<sup>3</sup>.

#### 4.3.2 Consumo variável

A sugestão do uso de uma demanda variável deve-se ao fato de não precisar ser feito a rega de jardins durante os meses de janeiro a junho, visto que estes são os meses de maior precipitação pluviométrica e as chuvas são praticamente diárias. Dessa forma, considerou-se apenas a lavagem de áreas comuns nesse período de muitas chuvas. A partir do mês de junho, voltou-se a considerar a rega de jardins.

Levando em consideração o exposto, a frequência de lavagem dos salões de festa e das áreas de vivência continuou com a mesma frequência de 96 vezes por ano e uma demanda anual de 126385,9 litros. Entretanto, a rega de jardins reduziu sua frequência para 84 vezes por ano e uma demanda anual de 109667,9 litros. A demanda acumulada para consumo variável está representada pela tabela 12.

Tabela 12: Demanda para consumo variável

<b>Meses do ano</b>	<b>Demanda acumulada (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	10,532
Fevereiro	21,064
Março	31,596
Abril	42,128
Maio	52,66
Junho	78,859
Julho	105,058
Agosto	131,257
Setembro	157,456
Outubro	183,655
Novembro	209,854
Dezembro	236,053
<b>Total</b>	<b>236,053</b>

*Fonte: O autor (2019)*

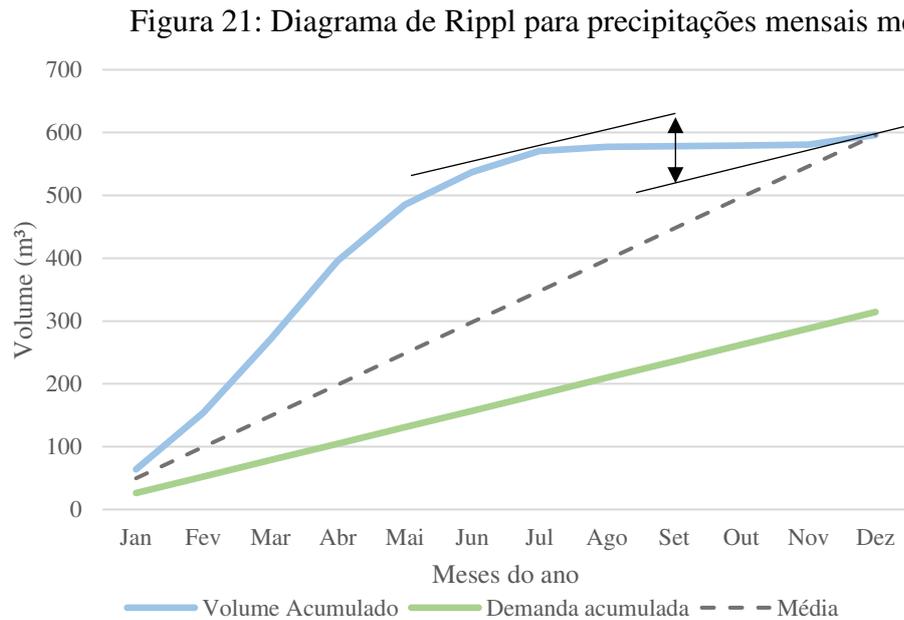
Para consumo de demanda variável, tem-se um total de 236,053 metros cúbicos acumulados no final do ano.

#### 4.4 Dimensionamento do reservatório para captação de água da chuva

Para o dimensionamento dos reservatórios utilizou-se a demanda para consumo constante para evitar subdimensionamentos e ainda permitir uma certa folga no reservatório caso sejam necessários outros usos fora do dimensionamento previsto.

#### 4.4.1 Diagrama de Rippl para precipitações mensais médias

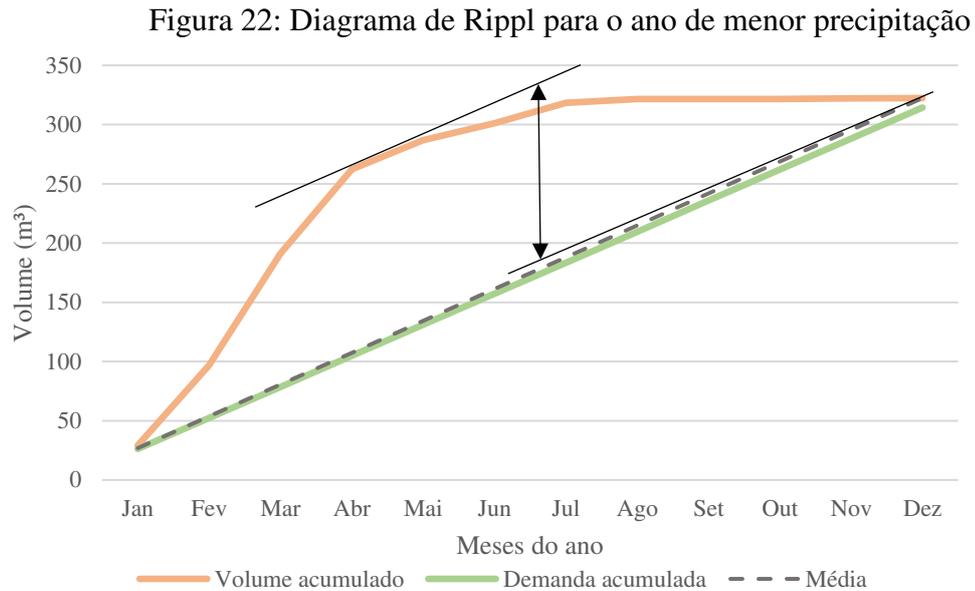
Pelo método do diagrama de massas de Rippl a diferença entre o ponto mais alto do gráfico pelo mais baixo representa o volume de reservatório recomendado para as precipitações apontadas. Para o caso das precipitações mensais médias o reservatório teve um tamanho dimensionado de aproximadamente 105 m<sup>3</sup>. O gráfico de Rippl que permite calcular pelas diferenças o tamanho do reservatório está representado na Figura 21.



Fonte: O autor (2019)

#### 4.4.2 Diagrama de Rippl para ano com menor precipitação total anual

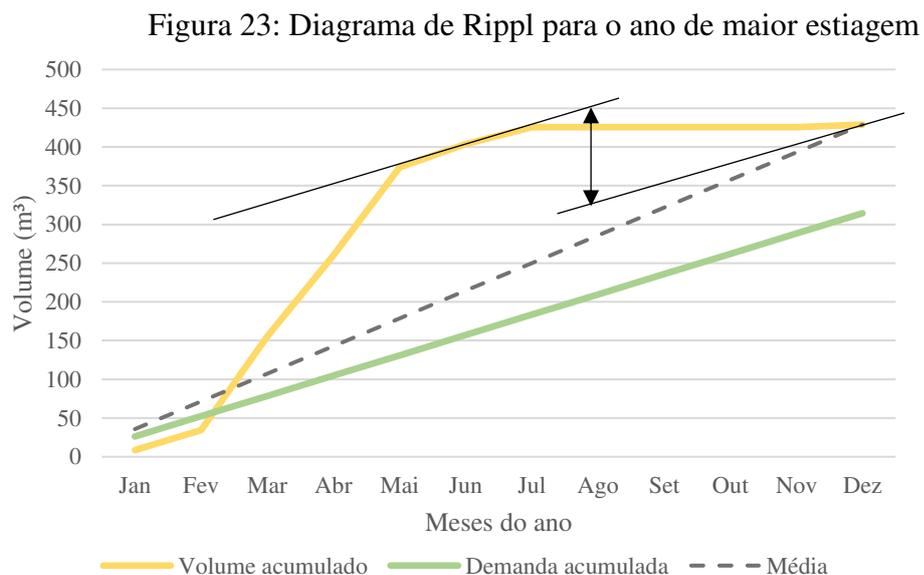
Nesta situação, com as precipitações do ano de menor precipitação total anual, o dimensionamento do reservatório pelo método das massas de Rippl resultou em um reservatório com um volume de 149 m<sup>3</sup>. Este elevado valor deve-se ao período em que o volume de chuvas é menor que a demanda de consumo, então, nesse período o reservatório encontra-se em estado de esvaziamento. Graficamente, esta diminuição no volume acumulado no reservatório está expressa pela aproximação das duas linhas de tendência que chegam a se tocar no período em que o reservatório está quase vazio. A Figura 22 apresenta o gráfico para os dados apresentados.



Fonte: O autor (2019)

#### 4.4.3 Diagrama de Rippl para o ano com maior estiagem

Para o ano de maior estiagem esperava-se um volume de reservação bem maior devido ao tempo de 5 meses em que as precipitações estavam bem abaixo da média. Dessa forma, a demanda passou mais tempo drenando a água reservada. Entretanto, o ano de maior estiagem não foi o de menor precipitação, então a estiagem acabou sendo compensada em outros meses. Pelo método das massas de Rippl, foi encontrado um reservatório de aproximadamente 132 m<sup>3</sup> de volume apresentado na Figura 23.



Fonte: O autor (2019)

## 5 CONCLUSÕES

A água proveniente da chuva na região de São Luís se apresenta como um recurso viável e acessível tecnicamente para implantação de um sistema de aproveitamento, com base nos resultados deste trabalho, visto que existe uma necessidade de ações que preservem os recursos naturais e o meio ambiente do planeta Terra.

A realização do estudo hidrológico local, por sua vez, mostrou, através de registros históricos, o grande volume pluviométrico disponível na região de São Luís, que poderia ser utilizado para sistemas de aproveitamento, mas que é desperdiçado, de modo que é direcionado para os sistemas de drenagem urbana da cidade, o que leva ao sobre carregamento do mesmo e ocasiona enchentes, que afetam a infraestrutura local.

As amostras de água coletadas dos telhados do condomínio Ville de France foram analisadas pelo Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água localizado na Universidade Estadual do Maranhão e apresentaram resultados insatisfatórios para consumo humano, quanto a potabilidade, porém, de acordo com a resolução do CONAMA e a Portaria de Consolidação nº 5, possui qualidade suficiente para os fins determinados neste trabalho.

O consumo mensal de água na área comum do condomínio foi definido a partir do princípio do desperdício, ou seja, foi determinado a partir da utilização de água potável, em casos em que não havia necessidade da mesma. A demanda foi definida para rega de jardins e lavagem de pátios apresentando um volume relativamente alto que seria drenado do posto de abastecimento.

A determinação do volume de água de chuva aproveitável depende da área de captação. Devido ao grande volume pluviométrico obtido optou-se por adotar apenas uma das coberturas disponíveis, o que gerou ainda, um volume de oferta, na maior parte do tempo maior que a demanda.

O dimensionamento dos reservatórios para aproveitamento de água da chuva adotando situações extremas de projeto, como períodos longos de estiagem, se mostrou um método eficaz e viável tecnicamente. É natural que, devido ao grande volume pluviométrico da região, o reservatório tenha grandes proporções como foi comprovado neste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas Urbanas para Fins Não Potáveis**. NBR 15.527. 2007.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação predial de água fria**. NBR 5.626.1998
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de água pluvial**. NBR 10.844.1989
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. NBR 12.217.1994.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- BAPTISTA, Márcio Benedito, COELHO, Márcia Maria Lara Pinto. **Fundamentos de engenharia Hidráulica**. 3ª ed. rev. e ampl. – Belo Horizont: Editora UFMG, 2010. 473 p.
- BAPTISTA, Márcio Benedito. NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. BARRAUD, Sylvie. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2011.
- BERTOLO, Elisabete de Jesus Perer. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Universidade do Porto, 2006.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3ª ed. rev. e ampl. Editora Blucher, 2011.
- BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei nº 9.433 de janeiro de 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância da água sanitária para consumo**. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CALDEIRA, Jennifer Karen Alves. **Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica: aspectos econômicos e ambientais**. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016

COHIM, Eduardo. GARCIA, Ana. KIPERSTOCK, Asher. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008.

DIAS, Isabelly Cícera Souza. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba, 2007.

GIANCCHINI, Margolaine. **O método de Rippl para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento da água de chuva**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, 2016.

GNADLINGER, João. **Impressões e lições da Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva em Landzou, China**. 2004.

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo. DOMENECH, Laia. PENA, João Luiz, HELLER, Leo, PALMIER, Luiz Rafael. **A captação e água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH. Volume 19. N° 1 Pag. 7-16, 2014.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, 2009

HELLER, Leo. PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editor UFMG, 2010.

IDEXX. **Colilert Test Kit**. Disponível em: <<http://www.idexx.com/resource-library/water/colilert-procedure-en.pdf>>. Acesso em: 20 de mai. de 2019.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 188f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 222f. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

ODER, Tom. **It's illegal to have a rain barrel in Colorado, but that's about to change**. Mother Nature Network. Disponível em <<https://www.mnn.com/earth-matters/wilderness-resources/stories/its-illegal-have-rain-barrel-colorado-about-change>>. Acesso em 17 mai. 2019.

OLIVEIRA, Frederico Moyle Batera. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no campus da universidade federal de ouro preto.** 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.

OLIVEIRA, Catarina Filipa Peixoto Monteiro. **Aplicação do Colilert® à enumeração de Escherichia Coli em alimentos.** 97f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Qualidade e Segurança Alimentar). Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, 2013.

PARRON, Lucilia Maria. MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas. PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimento de amostragem e análise físico-química de água.** Colombo: EMBRAPA Florestas, 2011.

PROSAB. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água,** 2009.

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves. ROLIM, Neide Duarte. **Planeta água de quem e para quem: uma análise de água doce como direito fundamental e sua valorização mercadológica.** Revista Direito Ambiental e Sociedade, volume 7, n. 1, p. 7-33, 2017.

SACADURA, Francisco Oliveira Martins Oom. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios.** 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, 2011.

SILVA, Salomão Anselmo. OLIVEIRA, Rui. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias.** 266p. Campina Grande, Paraíba. O Autor, 2001.

TEXAS. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.** Third edition, 2005.

TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água: Interface nas instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos.** 250p. Navegar editora, 1999.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre medidas convencionais e não convencionais do uso racional da água.** Navegar, 2001. p. 112.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água da chuva.** 2ª ed. 530p. Navegar editora, 2003.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas.** Ministério das cidades – Global Water Partnership – World Bank – Unesco, 2005.

Universidade Estadual do Maranhão. Sistema Integrado da Biblioteca da UEMA. **Manual para normatização de trabalhos acadêmicos.** 3ª ed. ver. atual. e ampl. – São Luís, EDUEMA, 2019.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019.** United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2019.

YOSHINO, Gabriel Hiromite. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária Professor José da Silveira Netto – Belém/PA.** 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará, 2012.