

**RAFAEL BEZERRA MARTINS**

**Implementação de sistema de coleta e distribuição de água de chuva**

**Rafael Bezerra Martins**

**Implementação de sistema de coleta e distribuição de água de chuva**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Eliana Vieira Canettieri

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M383i | <p>Martins, Rafael Bezerra</p> <p>Implementação de sistema de coleta e distribuição de água de chuva / Rafael Bezerra Martins – Guaratinguetá, 2019.</p> <p>62 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 61-62</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019.</p> <p>Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliana Vieira Canettieri</p> <p>1. Água - Captação. 2. Água – Reuso. 3. Poços artesianos. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 628.112</p> |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Luciana Máximo

Bibliotecária CRB-8/3595

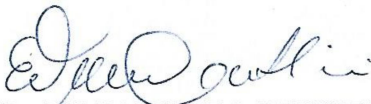
**RAFAEL BEZERRA MARTINS**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. ELIANA VIEIRA CANETTIERI  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. CELSO EDUARDO TUNA  
UNESP-FEG

  
Eng. THIAGO AUGUSTO COUTO FAVILLA  
Membro Externo

Abril - 2019

dedico este trabalho de modo especial, à minha família, meus pais, meus irmãos, meus avós e a todos meus amigos de república, que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram em todos os momentos de alegria e dificuldade.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

ao meu orientador, *Prof. Dr. Eliana Vieira Canettieri* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível,

aos meus pais *Antonio José Carvalho Martins e Paula Aparecida Diogenes Bezerra Martins*, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos,

aos meus irmãos da República Ponto G que sempre me apoiaram e sempre estiveram ao meu lado em todas as situações possíveis,

as repúblicas WCKzona e Toa Toa pelas amizades e os momentos compartilhados ao longo dos anos de faculdade,

às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar,

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“Sonhar grande e sonhar pequeno dá o mesmo trabalho.”

Jorge Paulo Lemann

## RESUMO

Visto que a água é um recurso natural limitado e necessário para o desenvolvimento social e econômico de uma sociedade, questões sobre a conservação e seu uso racional vem sendo destacado nos dias atuais. Como solução sustentável para conservação dos recursos hídricos é observado técnicas de aproveitamento de água das chuvas para fins não potáveis. O presente trabalho foi verificado o potencial de coleta de água de chuvas levantando uma série de dados pluviométricos da região de Guaratinguetá e a escolha do local para coleta e implantação do sistema. Os dados pluviométricos foram coletados de postos pluviométricos do Departamento de Água e Energia Elétrica e o consumo de água da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG/UNESP foi coletado através do termo de outorga que permite o manejo de água dos poços artesianos existentes no campus. Realizado o levantamento de dados e escolha do local, foram desenvolvidos métodos para dimensionamento de um reservatório adequado conforme a demanda de água e bomba hidráulica para abastecimento do bloco escolhido para uso dessa água. Com o presente estudo foi proposto à construção de dois banheiros para atender o bloco III da faculdade, local que não possui banheiro e apresenta necessidade, utilizando o sistema de água proveniente de chuvas com o fim sustentável de diminuir o consumo de água potável dos poços artesianos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água. Sustentabilidade. Aproveitamento de água de chuva. Cisterna. Bomba hidráulica. Poços artesianos. Pluviosidade.

## **ABSTRACT**

The water is a limited and necessary natural resource for the social and economic development of a society, questions about conservation and its rational use are being highlighted today. As a sustainable solution for the conservation of water resources, techniques for the use of rainwater for non-potable purposes are observed. The present work verified the potential of rainwater harvesting by raising a series of pluviometric data from the region of Guaratinguetá and choice of location for collection and system implementation. The pluviometric data were collected from pluviometric stations of the Department of Water and Electric Energy and the water consumption of the Engineering university of Guaratinguetá - FEG / UNESP was collected through the granting term that allows the water management of artesian wells existing on campus. After data collection and location selection, methods were developed for designing a suitable reservoir according to water demand and hydraulic pump to supply the chosen building to use this water. With the present study, it was proposed to construct two toilets to attend University Building III, a place that does not have a bathroom and presents a need, using the rainwater system with the sustainable purpose of reducing water consumption in artesian wells.

**KEYWORDS:** Water. Sustentability. Pluviometric data. Cistern. Pump. Consumption. Rainwater. Artesian wells.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Total de água na Terra.....                                                                                                                              | 16 |
| Figura 2 – Distribuição de água doce na Terra.....                                                                                                                  | 16 |
| Figura 3 – Distribuição de bacias hidrográficas de São Paulo .....                                                                                                  | 19 |
| Figura 4 – Esquema de funcionamento de sistema de aproveitamento de água de chuva .....                                                                             | 22 |
| Figura 5 – Funcionamento de um pluviômetro de balança.....                                                                                                          | 25 |
| Figura 6 – Campus da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá .....                                                                                                 | 29 |
| Figura 7 – Outorga para captação e manejo de água.....                                                                                                              | 31 |
| Figura 8 – Poço artesiano 1 e Bomba hidráulica 1 .....                                                                                                              | 32 |
| Figura 9 – Poço artesiano 2 e Bomba hidráulica 2 .....                                                                                                              | 33 |
| Figura 10 – Painel de controle das bombas hidráulicas.....                                                                                                          | 34 |
| Figura 11 – Reservatório Geral de 30.000 litros .....                                                                                                               | 35 |
| Figura 12 – Imagem panorâmica dos blocos I a IV.....                                                                                                                | 38 |
| Figura 13 – Imagem focada no bloco III .....                                                                                                                        | 39 |
| Figura 14 – Planta baixa da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá: (9) bloco I; (8) bloco II; (7) bloco III, foco do presente trabalho; (5) e (6) bloco IV ..... | 40 |
| Figura 15 – Cálculo do volume de água de chuva.....                                                                                                                 | 41 |
| Figura 16 – Visão superior de um filtro VF12 .....                                                                                                                  | 43 |
| Figura 17 – Reservatório inferior com freio d'água, sifão ladrão e boia.....                                                                                        | 44 |
| Figura 18 – Dimensões dos reservatórios FortLev.....                                                                                                                | 49 |
| Figura 19 – Ligações tubulares do reservatório FortLev.....                                                                                                         | 49 |
| Figura 20 – Planta vertical simplificada do bloco III .....                                                                                                         | 51 |
| Figura 21 – Diagrama de Moody.....                                                                                                                                  | 55 |
| Figura 22 – KSB Hydrobloc – Linha P .....                                                                                                                           | 58 |
| Figura 23 – Curva característica das Hydrobloc P500 e P1000 .....                                                                                                   | 58 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Distribuição de água no Planeta .....                                                                     | 15 |
| Tabela 2: Produção hídrica no mundo por região.....                                                                 | 17 |
| Tabela 3: Produção hídrica de superfície da América do Sul.....                                                     | 17 |
| Tabela 4: Regiões do Brasil com área em km <sup>2</sup> e População.....                                            | 18 |
| Tabela 5: Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões .....                                                       | 18 |
| Tabela 6: Relação de Municípios com sua população e demanda hídrica para 2025 .....                                 | 20 |
| Tabela 7 – Variações da qualidade x Área de coleta.....                                                             | 23 |
| Tabela 8 – Estações pluviométricas selecionadas para extração da série de dados .....                               | 26 |
| Tabela 9 – Pluviosidades “Máximas Diárias” Mensais (mm) – Período de 1937 a 2012 –<br>Região de Guaratinguetá ..... | 27 |
| Tabela 10 – Pluviosidade Mensal – Região de Guaratinguetá .....                                                     | 28 |
| Tabela 11 – Pluviosidade Anual – Região de Guaratinguetá .....                                                      | 28 |
| Tabela 12 – Consumo de Água dos Poços Artesianos em metros cúbicos .....                                            | 36 |
| Tabela 13 – Coeficiente de runoff médios [C] .....                                                                  | 41 |
| Tabela 14 – Consumo estimado para uso não potável do Bloco III.....                                                 | 47 |
| Tabela 15 – Método de Rippl com chuvas médias mensais e demanda constante 27,5 m <sup>3</sup> /mês<br>.....         | 48 |
| Tabela 16 – Perdas de carga localizadas – Equivalência em metros de tubulação de PVC....                            | 56 |

## SUMÁRIO

|          |                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                             | <b>12</b> |
| 1.1      | CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....                        | 12        |
| 1.2      | OBJETIVO .....                                      | 13        |
| 1.3      | ESTRUTURA DO TRABALHO .....                         | 13        |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                  | <b>15</b> |
| 2.1      | RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO.....                     | 15        |
| 2.2      | RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....                    | 17        |
| 2.3      | RECURSOS HÍDRICOS EM SÃO PAULO .....                | 18        |
| 2.4      | OUTORGA.....                                        | 20        |
| 2.5      | APROVEITAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS .....  | 21        |
| <b>3</b> | <b>DADOS METEOROLÓGICOS .....</b>                   | <b>24</b> |
| 3.1      | CONCEITO E IMPORTÂNCIA.....                         | 24        |
| 3.2      | ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO .....                          | 24        |
| 3.3      | MEDIÇÃO EM GUARATINGUETÁ .....                      | 25        |
| 3.4      | REGIÃO DE GUARATINGUETÁ .....                       | 26        |
| <b>4</b> | <b>A UNIVERSIDADE .....</b>                         | <b>29</b> |
| 4.1      | UNESP / CAMPUS GUARATINGUETÁ .....                  | 29        |
| 4.2      | ESTRUTURA DE ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO.....      | 30        |
| 4.3      | CONSUMO DE ÁGUA .....                               | 35        |
| <b>5</b> | <b>ANÁLISE DE APROVEITAMENTO.....</b>               | <b>38</b> |
| 5.1      | ESCOLHA DO LOCAL.....                               | 38        |
| 5.2      | POTENCIAL DE APROVEITAMENTO.....                    | 40        |
| <b>6</b> | <b>EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA O SISTEMA.....</b> | <b>43</b> |
| 6.1      | DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO INFERIOR .....      | 44        |
| 6.1.1    | Método Prático Do Professor Azevedo Neto .....      | 45        |
| 6.1.2    | Método Prático Inglês .....                         | 45        |
| 6.1.3    | Método Prático Alemão.....                          | 46        |
| 6.1.4    | Método De Rippl.....                                | 47        |
| 6.1.5    | Considerações Finais .....                          | 48        |
| 6.2      | DIMENSIONAMENTO DA BOMBA .....                      | 50        |
| 6.2.1    | Considerações Iniciais .....                        | 50        |
| 6.2.2    | Diâmetro De Sucção E Recalque.....                  | 50        |

|              |                                          |           |
|--------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>6.2.3</b> | <b>Altura Manométrica E Perdas .....</b> | <b>51</b> |
| <b>6.2.4</b> | <b>Escolha Da Bomba.....</b>             | <b>57</b> |
| <b>7</b>     | <b>CONCLUSÃO.....</b>                    | <b>59</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                 | <b>60</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

É inegável a preocupação da sociedade quando o assunto é consumo de água nos dias de hoje. Não é segredo que os recursos hídricos mundiais estão esgotando exponencialmente ao longo dos anos e, além do consumo irresponsável temos grandes impactos ambientais de contaminação de água através de esgoto doméstico e industrial.

Apesar da água ser um recurso renovável, temos limites que devem ser respeitados para o uso. No planeta terra é conhecido que o volume de água é predominantemente salgado, atingindo cerca de 97,5% nos oceanos. Dos demais 2,5%, apenas 0,007% estão localizados em lagos, rios e atmosfera sendo classificados como fácil acesso para o consumo (MACHADO, 2005).

O rápido crescimento populacional nos centros urbanos é uma das principais causas dos problemas de abastecimento e demanda de água. Segundo a Organização das Nações Unidas, a atual população mundial com cerca de 7,4 bilhões de pessoas pode alcançar o número de 10 bilhões até 2055 (ONU, 2017), causando maiores impactos no abastecimento de recursos naturais.

Duas resoluções importantes foram aprovadas em 2010 pela ONU: a 15/9, reconhecendo o direito humano ao acesso à água e a 64/292, que reconhece o direito ao saneamento básico e tratamento de água. Tais tratativas tem como objetivo disponibilizar condições de vida e saúde para a população mundial, dentro da sua pluralidade e diferentes localidades. É garantido o direito à água, se ela for segura e potável ao consumo (NU, 2010).

Segundo Giuliana Moreira (2019), assessora de gestão corporativa do Pacto Global da ONU no Brasil, alerta que a situação do país ainda é alarmante. É conhecido que de cerca de 210 milhões de habitantes, 35 milhões não possuem acesso a água potável e cerca de 100 milhões não tem saneamento básico adequado.

Os recursos hídricos no Brasil não são distribuídos de uma forma satisfatória considerando a localização da população. Segundo Machado (2005), comparando o censo do IBGE 2010 e a disponibilidade de água por região do país é observado que na região Norte encontra-se cerca de 70% dos recursos hídricos brasileiros para 7% da população nacional. Com isso, é observado que apenas 30% dos recursos estão disponíveis para cerca de 93% da população brasileira.

No Brasil, para gestão e otimização do uso da água, possui diversos programas e pesquisas voltados a esse assunto. Esses desenvolvimentos tem como principal objetivo o uso de tecnologias para economizar ou reaproveitar o uso da água e, trazendo assim, uma maior conscientização sobre o consumo para os usuários de todo o país.

Segundo Scherer (2003), destaca-se os edifícios escolares para uma potencial fonte de implantação de sistemas prediais de aproveitamento de águas providas das chuvas. Classifica-se como uma potencial fonte devido as grandes áreas de telhados e coberturas espalhadas no território escolar, e em contrapartida a necessidade de desenvolvimento de estudo de casos, viabilidade técnico financeira para a eventual economia e substituição do uso de água potável fornecidas pelas empresas que distribuem o recurso para a cidade.

O tema uso sustentável da água é discutido mundialmente, e até mesmo o Brasil considerado privilegiado devido a apresentar grande quantidade de rios está fadado à crise devido ao uso indiscriminado de tal recurso natural. Neste presente trabalho propomos o reaproveitamento de água de chuva para uso em descargas de banheiros, lavagem de chão, entre outros usos que não demanda água potável, o que contribui com a ideia de sustentabilidade.

## 1.2 OBJETIVOS

Este presente trabalho tem por objetivo analisar o potencial de reaproveitamento de água das chuvas, a fim de implementar o abastecimento de água em um dos blocos da universidade para uso não potáveis como descarga de banheiros, lavagem de pátio e contribuir com a diminuição do uso e extração de água potável provenientes dos poços artesianos presentes na UNESP Guaratinguetá.

Com o desenvolvimento do trabalho, deseja-se estimar o potencial de reaproveitamento de águas pluviais através do histórico pluviométrico da região, dimensionamento do sistema de implementação incluído bomba hidráulica e reservatório para armazenamento da água.

## 1.3 ESTRUTURA

Inicialmente é importante ressaltar a situação atual dos recursos hídricos que temos no planeta e a necessidade de buscar alternativas para seu consumo racional e conscientizado que será visto no capítulo 2.

No capítulo 3 será avaliado a situação meteorológica da região de Guaratinguetá focando no índice pluviométrico que é o foco desse projeto de aproveitamento de água de chuva.

No capítulo 4 será abordado o local para implantação do sistema de coleta de águas pluviais, focando na estrutura de armazenamento e distribuição de água e dados dimensionais, seguindo para o capítulo 5 tem-se uma análise de potencial de aproveitamento dentro da universidade.

No capítulo 6 será dimensionado o reservatório superior para armazenamento da água coletada e da bomba hidráulica para distribuição da água pluvial. Lembrando que o uso dessa água é destinado para fins não potáveis.

O capítulo 7 será destinado as considerações finais do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO

A água é um recurso de extrema relevância para existência e manutenção de vida no Planeta Terra. Além disso, a água é igualmente necessária para o desenvolvimento de diversas atividades sócio econômicas, como a produção de alimentos (agricultura e pecuária), geração de energia para centros urbanos e indústrias, transporte, lazer, entre outras.

Estima-se que aproximadamente 97,5% da água disponível em nosso planeta é salgada e não apropriada ao consumo humano (tabela 1). Dos 2,5% restantes classificados como água potável e doce, sua maior parte é encontrada no seu estado sólido, em geleiras e montanhas. 30% são encontrados em lençóis subterrâneos e aquíferos de difícil acesso e apenas 1% classifica-se como fácil acesso, em rios, lagos e superfície terrestre (ANA, 2018).

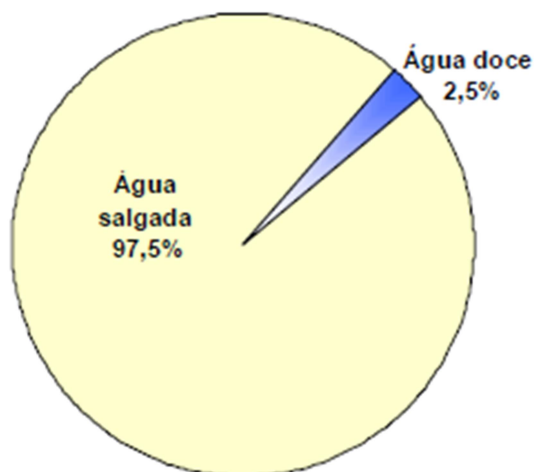
Tabela 1: Distribuição de água no Planeta

| Reservatório                               | Volume<br>(10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup> ) | % do volume<br>total | % do volume<br>de água doce |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>Oceanos</b>                             | <b>1.338.000,0</b>                           | <b>96,5379</b>       | <b>-</b>                    |
| <b>Subsolo:</b>                            | <b>23.400,0</b>                              | <b>1,6883</b>        | <b>-</b>                    |
| Água doce                                  | 10.530,0                                     | 0,7597               | 30,0607                     |
| Água salgada                               | 12.870,0                                     | 0,9286               | -                           |
| <b>Umidade do solo</b>                     | <b>16,5</b>                                  | <b>0,0012</b>        | <b>0,0471</b>               |
| <b>Áreas congeladas:</b>                   | <b>24.064,1</b>                              | <b>1,7362</b>        | <b>68,6971</b>              |
| <i>Antártida</i>                           | 21.600,0                                     | 1,5585               | 61,6629                     |
| <i>Groenlândia</i>                         | 2.340,0                                      | 0,1688               | 6,6802                      |
| <i>Ártico</i>                              | 83,5                                         | 0,0060               | 0,2384                      |
| <i>Montanhas</i>                           | 40,6                                         | 0,0029               | 0,1159                      |
| <b>Solos congelados</b>                    | <b>300,0</b>                                 | <b>0,0216</b>        | <b>0,8564</b>               |
| <b>Lagos:</b>                              | <b>176,4</b>                                 | <b>0,0128</b>        | <b>-</b>                    |
| Água doce                                  | 91,0                                         | 0,0066               | 0,2598                      |
| Água salgada                               | 85,4                                         | 0,0062               | -                           |
| <b>Pântanos</b>                            | <b>11,5</b>                                  | <b>0,0008</b>        | <b>0,0328</b>               |
| <b>Rios</b>                                | <b>2,1</b>                                   | <b>0,0002</b>        | <b>0,0061</b>               |
| <b>Biomassa</b>                            | <b>1,1</b>                                   | <b>0,0001</b>        | <b>0,0032</b>               |
| <b>Vapor d'água na atmosfera</b>           | <b>12,9</b>                                  | <b>0,0009</b>        | <b>0,0368</b>               |
| <b>Armazenamento total de água salgada</b> | <b>1.350.955,4</b>                           | <b>97,4726</b>       | <b>-</b>                    |
| <b>Armazenamento total de água doce</b>    | <b>35.029,2</b>                              | <b>2,5274</b>        | <b>100,0</b>                |
| <b>Armazenamento total de água</b>         | <b>1.385.984,6</b>                           | <b>100,0</b>         | <b>-</b>                    |

Fonte: Shiklomanov (1997).

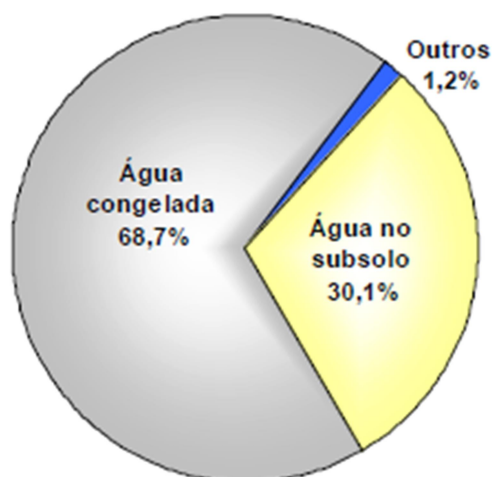
A figura 1 demonstra a disponibilidade de água doce disponível no planeta e a figura 2 apresenta a distribuição de água doce, direcionada ao consumo humano, no planeta.

Figura 1 – Total de água na Terra



Fonte: Shiklomanov (1997).

Figura 2 – Distribuição de água doce na Terra



Fonte: Shiklomanov (1997).

A distribuição da água não é uniforme ao longo da esfera terrestre, é observado que alguns continentes detêm maiores quantidades do recurso que outros (tabela 2). As maiores parcelas de volumes disponíveis estão na América do Sul e Ásia. Os menores potenciais estão na região da Austrália e Nova Zelândia (TOMAZ, 2011).

Tabela 2: Produção hídrica no mundo por região

| <b>Região do Mundo</b> | <b>Vazão (km³/ano)</b> | <b>Porcentagem (%)</b> |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| Ásia                   | 458.000                | 31,6                   |
| América do Sul         | 334.000                | 23,1                   |
| América do Norte       | 260.000                | 18                     |
| África                 | 145.000                | 10                     |
| Europa                 | 102.000                | 7                      |
| Antártida              | 73.000                 | 5                      |
| Oceania                | 65.000                 | 4,5                    |
| Austrália e Tasmânia   | 11.000                 | 0,8                    |
| <b>Total</b>           | <b>1.448.000</b>       | <b>100</b>             |

Fonte: Tomaz (2011).

## 2.2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Conforme os dados fornecidos na seção anterior, observa-se que no Brasil se encontra cerca de 12% do montante total de água doce disponível no mundo. Em comparação com a América do Sul, como mostra a tabela 3, encontra-se mais da metade dos recursos hídricos no país.

Tabela 3: Produção hídrica de superfície da América do Sul

| <b>América do sul</b> | <b>Vazão média<br/>(m³/s)</b> | <b>Porcentagem<br/>(%)</b> |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| <b>Brasil</b>         | <b>177.900</b>                | <b>53</b>                  |
| <b>Outros países</b>  | <b>156.100</b>                | <b>47</b>                  |
| <b>Total</b>          | <b>334.000</b>                | <b>100%</b>                |

Fonte: Tomaz (2011).

Segundo o IBGE, Censo2010 é possível observar que a distribuição hídrica brasileira não é uniforme. Na tabela 4 e tabela 5, a região Norte encontra-se a maior parte dos recursos hídricos de superfície do país e apenas cerca de 8% da população nacional, em contrapartida na região sudeste é observado o maior nível de densidade demográfica, cerca de 42% da população, e com o acentuado nível de urbanização e atividade industrial, o problema aumenta devido a poluição das fontes hídricas.

Tabela 4: Regiões do Brasil com área em km<sup>2</sup> e População

| Regiões do Brasil | Área (Km <sup>2</sup> ) | População 2010     | População 2010 (%) |
|-------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Norte             | 3.869.637               | 15.864.454         | 8,32%              |
| Nordeste          | 1.561.177               | 53.081.950         | 27,83%             |
| Sudeste           | 927.286                 | 80.364.410         | 42,13%             |
| Sul               | 577.214                 | 27.386.891         | 14,36%             |
| Centro Oeste      | 1.612.077               | 14.058.094         | 7,37%              |
| <b>TOTAL</b>      | <b>8.547.391</b>        | <b>190.755.799</b> | <b>100%</b>        |

Fonte: IBGE (2010).

Tabela 5: Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões

| Regiões do Brasil | Vazão (km <sup>3</sup> /ano) | Porcentagem (%) |
|-------------------|------------------------------|-----------------|
| Norte             | 3.845,5                      | 68,5            |
| Nordeste          | 186,2                        | 3,3             |
| Sudeste           | 334,2                        | 6,0             |
| Sul               | 365,4                        | 6,5             |
| Centro-Oeste      | 878,7                        | 15,7            |
| <b>Total</b>      | <b>5.610,0</b>               | <b>100,0%</b>   |

Fonte: IBGE (2010).

Segundo Tomaz (2011), a previsão de falta de água nos próximos trinta anos atinge cerca de 1/3 da população mundial e que mais da metade das internações hospitalares no país sejam oriundas de problemas relacionados ao tratamento de água.

É pertinente, ainda, citar as palavras de Makoto Murase, presidente da Conferência Internacional sobre Aproveitamento de Águas de Chuvas: estima-se que, pelo meio do século XXI, 60% da população estarão concentradas nas áreas urbanas, principalmente na Ásia, África e América Latina, e aparecerão os problemas de secas e enchentes.

Uma nova cultura sobre a água de chuva deverá ser desenvolvida, para uma vida mais harmoniosa. Como se sabe, no Brasil, nas regiões Sudeste e Sul, a urbanização já passou dos 60% (em alguns casos está próxima dos 90%) e regiões Norte e Nordeste, ainda oscila perto de 50%.

Por suas características climáticas, com o predomínio dos climas equatorial e tropical, o Brasil recebe um significativo volume de chuva por ano, que varia de 3.000mm na Amazônia e 1.300mm no centro do país.

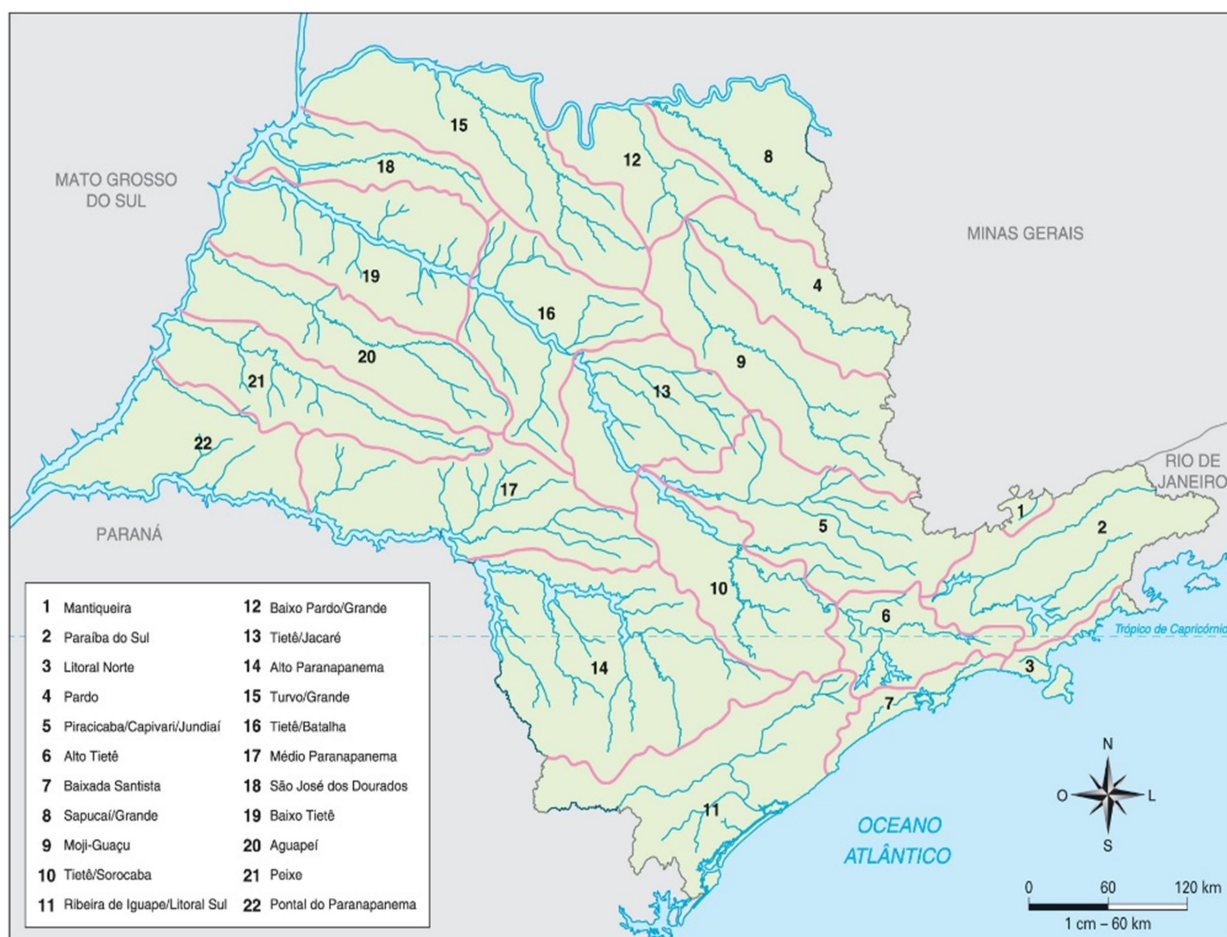
No sertão nordestino este índice varia entre 250mm/ano a 600mm/ano. (TOMAZ P., 2011, p. 17)

## 2.3 RECURSOS HÍDRICOS EM SÃO PAULO

O estado de São Paulo, localizado na Região Sudeste do país, conta com um território de área física de 248.222 km<sup>2</sup>. Ao longo de sua extensão existem 645 municípios e população estimada de 44.749.699 habitantes (IBGE,2016).

Na figura 3 encontra-se a distribuição de bacias hidrográficas do estado de São Paulo.

Figura 3 – Distribuição de bacias hidrográficas de São Paulo (DAEE)



Fonte: IBGE (2016).

É considerada como bacia hidrográfica uma área com um conjunto de superfícies vertentes, captação de água proveniente de chuvas e drenagem formada por cursos de água que convergem em um único ponto de saída. (TUCCI, 1997)

O estado de São Paulo conta com uma estrutura formada por duas grandes regiões hidrográficas: Paraná e Atlântico Sudeste. Além disso, existem diversos rios e lagos para captações superficiais suprindo o abastecimento de 29% dos municípios paulistas. Dentre os principais rios, pode-se citar o Tietê, Rio Grande, Mogi-Guaçu, Paraíba do Sul, Paranapanema, Piracicaba e Ribeira do Iguape (ANA, 2010). Na tabela 6 é apresentada uma estimativa para 2025 de demanda hídrica (L/s) para alguns municípios.

No cenário paulista encontra-se mais da metade dos municípios com abastecimento proveniente de mananciais subterrâneos, cerca de 20% com abastecimento misto e o restante apenas com captações superficiais, os últimos localizados próximo à capital e leste paulista. (ANA, 2010)

Tabela 6: Relação de Municípios com sua população e demanda hídrica para 2025

| SÃO PAULO                                     |     |                       |                    |
|-----------------------------------------------|-----|-----------------------|--------------------|
| Municípios Estudados                          | Nº  | Pop Urbana 2007 (hab) | Demanda 2025 (L/s) |
| Capital ou integrante de Região Metropolitana | 67  | 22.574.954            | 102.625            |
| Pop. superior a 250 mil habitantes            | 10  | 3.892.104             | 15.961             |
| Pop. entre 50 mil e 250 mil habitantes        | 53  | 5.243.738             | 20.251             |
| Pop. inferior a 50 mil habitantes             | 515 | 5.553.318             | 19.823             |
| Sem informação                                | --- | ---                   | ---                |
| Total                                         | 645 | 37.264.114            | 158.659            |

Fonte: ANA (2010).

## 2.4 OUTORGA

São considerados como bens públicos todos os recursos hídricos, sendo eles de superfície ou subterrâneos. Toda pessoa física ou jurídica tem direito ao acesso e utilização desse bem, cabendo ao Poder público e órgãos capacitados sua administração e controle.

A autorização, concessão ou licença para o uso das águas pertencentes a rios, lagos ou lençóis subterrâneos (poços artesianos) é denominado Outorga. A outorga é concedida a pessoas físicas e jurídicas pelo Poder Público para diversos usos restringindo por um determinado tempo e finalidade.

Desta forma, depende de outorga (DAAE):

- a execução de obras ou serviços que possam alterar o regime, a quantidade e a qualidade de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos;
- a execução de obras para extração de águas subterrâneas;
- a derivação de água do seu curso ou depósito, superficial ou subterrâneo, para fins de abastecimento urbano, industrial, agrícola e outros;

- o lançamento de efluentes nos corpos d'água, como esgotos e demais resíduos líquidos tratados, nos termos da legislação pertinente, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.

Segundo a Agência Nacional de Águas, o objetivo dessa concessão é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, gestão hídrica de mananciais e lençóis subterrâneos e direito de acesso aos recursos hídricos para todos.

Prevista pela Política Nacional de Recursos Hídricos, pela lei nº 9.433/97, a cobrança pelo uso da água tem como objetivos:

- Captação de verba para recuperação de bacias hidrográficas brasileiras;
- Estimular o investimento em projetos de despoluição e tratamento;
- Incentivar a utilização de tecnologias limpas e poupadoras de recursos;
- Redução e valorização do uso da água.

## 2.5 APROVEITAMENTO E QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para a implementação de sistemas de aproveitamento de água de chuvas, é possível observar algumas vantagens para a instituição e sociedade como substituição do uso de água potável, consequentemente economia no custo de abastecimento pelas companhias, armazenamento de água auxiliando e minimizando riscos de enchentes nos centros urbanos (MAY, 2004).

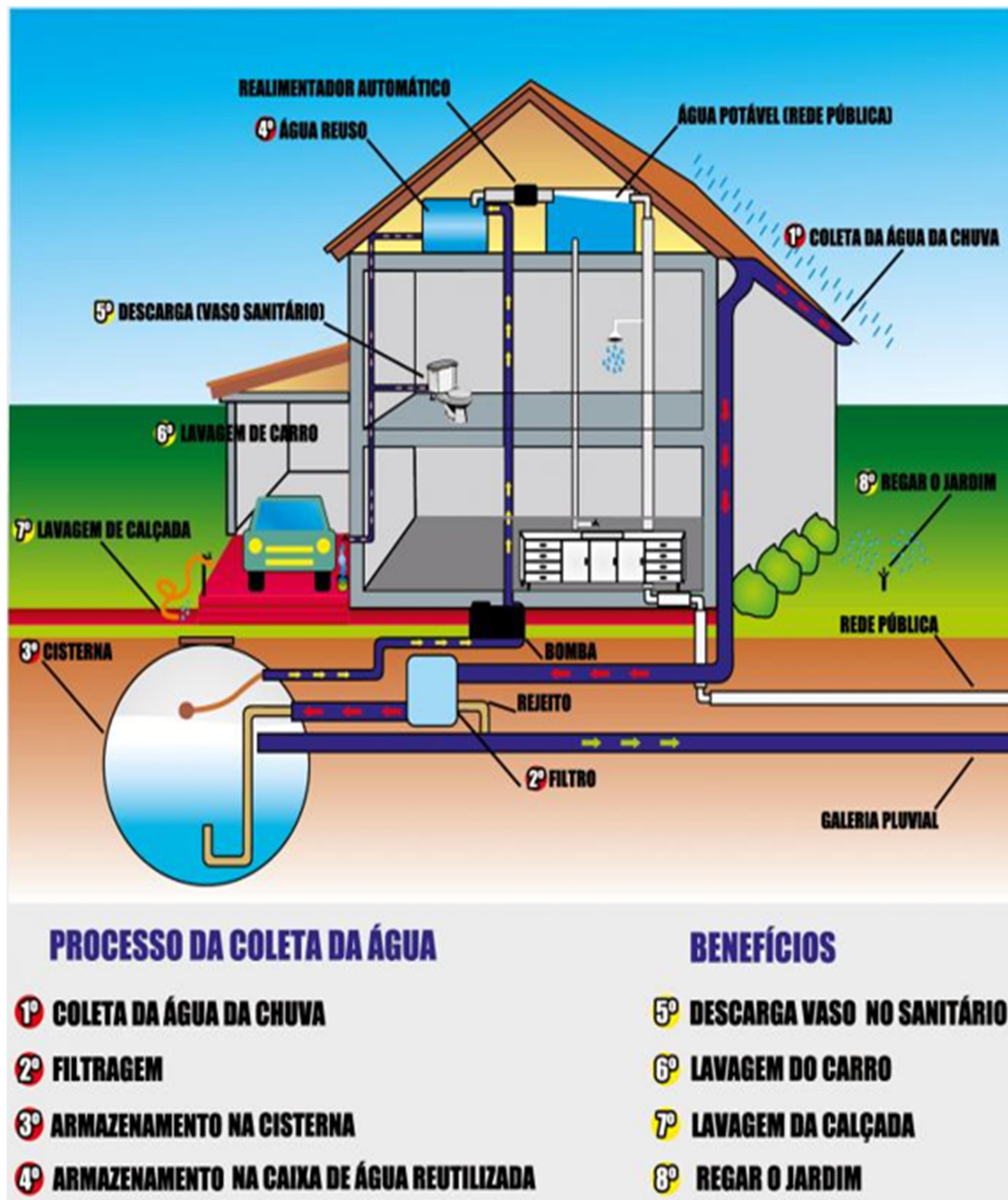
Como todo projeto de melhoria, essa implementação deve ser iniciada com uma viabilidade técnica onde são analisados os seguintes fatores segundo a ABNT NBR 15.527/07:

- Precipitação da região escolhida. Indica-se análise de uma série de dados pluviométricos de cerca de 30 anos (SILVA, 2015);
- Área de captação de água da chuva;
- Demanda de uso de água no estabelecimento a ser implantado.

O sistema de coleta e aproveitamento de água de chuvas funciona conforme a Figura 4. Dessa maneira observa-se que a captação de água ocorre nos telhados, canalizadas e direcionadas através de calhas e condutores verticais e horizontais. O destino dessa água é o reservatório que se encontra abaixo do nível terrestre ou no nível do solo, antes de ser depositada no reservatório é importante a passagem em um equipamento de filtragem. O bombeamento é feito por bomba hidráulica para um reservatório superior de água não potável.

Por fim essa água é distribuída para locais de uso não potável como descargas sanitárias, lavagem de carros e calçadas e irrigação, por exemplo.

Figura 4 – Esquema de funcionamento de sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: Hidro Brasil (2019).

A qualidade da água proveniente das chuvas depende da área de captação que está sendo estudada para o uso, a tabela 7 descreve quatro graus de purificação, suas áreas de coleta e observações para o uso.

Tabela 7 – Variações da qualidade x Área de coleta

| <b>Grau de purificação</b> | <b>Área de coleta de chuva</b>                             | <b>Observações</b>                                   |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| A                          | Telhados (lugares não freqüentados por pessoas ou animais) | Se a água for purificada, é potável                  |
| B                          | Telhados (lugares freqüentados por pessoas ou animais)     | Apenas usos não potáveis                             |
| C                          | Pisos e estacionamentos                                    | Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis |
| D                          | Estradas                                                   | Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis |

Fonte: Raindrops (2002).

### 3 DADOS METEOROLÓGICOS

#### 3.1 CONCEITO E IMPORTÂNCIA

Segundo Moran e Morgan (1989), a ciência que estuda a atmosfera terrestre é denominada por meteorologia e seus principais aspectos são o clima e previsão do tempo. O tempo é definido como o estado da atmosfera em determinado instante e lugar, já o clima é um conjunto de condições normais que dominam uma região. Tais condições são obtidas das médias observadas durante um longo intervalo de tempo.

O clima é o montante de informações estatísticas sobre o tempo no local estudado e a longo prazo é possível determinar se a região é habitável, possibilidade de atividades agropecuárias, dispersão de poluentes, segurança dos meios de transportes e como forma de lazer. Os dados estatísticos permitem avaliar médias de precipitação e frequência de meses sem chuva, além de permitir o gerenciamento de recursos hídricos através de valores extremos e probabilidades de ocorrência.

A partir do recolhimento de informações sobre a umidade do ar, pressão atmosférica, temperatura do ar, volume de chuva, entre outras, os meteorologistas, profissionais formados no curso de ensino superior em meteorologia, conseguem traçar uma previsão da condição do clima para determinada região.

Ferramenta essencial para o desenvolvimento socioeconômico do país, a previsão do tempo é de extrema importância para agricultura, na geração de energia em usinas hidrelétricas, que dependem do volume de água, e nas mais diversas atividades econômicas, principalmente a agricultura e atividades industriais. Além disso, contribuem para prevenir acidentes e prejuízos para os setores de serviços e produção.

#### 3.2 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

O índice pluviométrico é medido através da quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e período. O índice é apresentado em milímetros, quando constatado que o índice pluviométrico de um dia foi de 4mm, isso representa que no local escolhido para análise é observado uma altura de 4mm em um espaço de 1 metro quadrado (DAEE, 2019).

Para medição desse índice, existem diversas estações meteorológicas espalhadas pelo país que utilizam um aparelho conhecido como pluviômetro. Conforme a figura 5, esse instrumento é formado, basicamente, de funil de captação por onde a água entra no

pluviômetro e básculas que enviam sinais elétricos para uma estação meteorológica após a sua lotação e escoamento da água. Com base na série de aparelhos instalados em uma determinada região, é possível estatisticamente, constatar a média de precipitação da região escolhida.

Figura 5 – Funcionamento de um pluviômetro de báscula



Fonte: CEMADEN (2018).

### 3.3 MEDIÇÃO NA REGIÃO DE GUARATINGUETÁ

A Rede Hidrológica do Estado de São Paulo, iniciada na década de 80, é gerenciada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) desde 1951. Hoje, o DAEE possui a maior fonte de dados históricos quantitativos do Estado de São Paulo.

Segundo João Silva (2015), com o objetivo de analisar o potencial de aproveitamento de águas pluviais na UNESP é necessário extrair uma série histórica de dados pluviométricos de pelo menos 30 anos da região selecionada.

Foram selecionadas 30 estações pluviométricas monitoradas pelo DAEE e o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), conforme tabela 8 com suas localizações e coordenadas.

Tabela 8 – Estações pluviométricas selecionadas para extração da série de dados

| Relação dos Postos Pluviométricos – Região de Guaratinguetá |                    |             |          |           |                    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|-------------|----------|-----------|--------------------|
| Estação                                                     | Nome               | Altitude(m) | Latitude | Longitude | Município          |
| D2-002                                                      | Guaratinguetá      | 560         | 22°48'   | 45°10'    | Guaratinguetá      |
| D2-009                                                      | Brumado            | 640         | 22°54'   | 45°09'    | Guaratinguetá      |
| D2-022                                                      | Rocinha            | 1000        | 22°54'   | 45°05'    | Guaratinguetá      |
| D2-031                                                      | Faz. Palmeiras     | 530         | 22°50'   | 45°10'    | Guaratinguetá      |
| D2-033                                                      | Guaratinguetá      | 530         | 22°48'   | 45°11'    | Guaratinguetá      |
| D2-063                                                      | Faz. Santo Antônio | 600         | 22°42'   | 45°17'    | Guaratinguetá      |
| D2-069                                                      | Bairro dos Lemes   | 570         | 22°43'   | 45°10'    | Guaratinguetá      |
| D2-076                                                      | Capituba           | 550         | 22°45'   | 45°14'    | Guaratinguetá      |
| D2-077                                                      | Faz. Monte Verde   | 900         | 22°43'   | 45°21'    | Guaratinguetá      |
| D2-079                                                      | Faz. Natal         | 580         | 22°47'   | 45°21'    | Guaratinguetá      |
| D2-094                                                      | Fazendinha         | 960         | 22°49'   | 45°11'    | Guaratinguetá      |
| D2-034                                                      | Faz. Três Barras   | 640         | 22°59'   | 15°04'    | Lorena             |
| D2-097                                                      | Faz. Cerro Alto    | 700         | 22°48'   | 45°02'    | Lorena             |
| D2-032                                                      | Faz. Cerro Alto    | 800         | 22°49'   | 45°02'    | Lorena             |
| D2-065                                                      | Bonfim             | 690         | 22°57'   | 45°15'    | Aparecida          |
| D2-007                                                      | Aparecida          | 520         | 22°49'   | 45°14'    | Aparecida          |
| D2-014                                                      | Pinda              | 528         | 22°54'   | 45°26'    | Pindamonhangaba    |
| D2-071                                                      | Bela Vista         | 610         | 22°58'   | 45°25'    | Pindamonhangaba    |
| D2-072                                                      | Faz. Sapucaia      | 540         | 22°49'   | 45°22'    | Pindamonhangaba    |
| D2-075                                                      | Faz. Vera Cruz     | 700         | 22°46'   | 45°27'    | Pindamonhangaba    |
| D2-080                                                      | Piquete            | 660         | 22°36'   | 45°11'    | Piquete            |
| D2-078                                                      | Represa            | 860         | 22°36'   | 45°13'    | Piquete            |
| D2-035                                                      | Lorena             | 540         | 22°44'   | 45°05'    | Lorena             |
| D2-062                                                      | Haras Mondesir     | 540         | 22°46'   | 45°07'    | Lorena             |
| D2-008                                                      | Faz. São José      | 560         | 22°42'   | 45°08'    | Cachoeira Paulista |
| D2-006                                                      | Roseira            | 540         | 22°54'   | 45°18'    | Roseira            |
| D2-060                                                      | Faz. São João      | 560         | 22°56'   | 45°19'    | Roseira            |
| D2-061                                                      | Vaticano           | 960         | 22°59'   | 15°17'    | Roseira            |
| E2-049                                                      | Lagoinha           | 910         | 23°05'   | 45°12'    | Lagoinha           |
| D2-025                                                      | Paraitinga         | 800         | 23°00'   | 45°03'    | Cunha              |

Fonte: DAEE (2012).

### 3.4 REGIÃO DE GUARATINGUETÁ

Conforme os postos pluviométricos selecionados, foi extraído uma base de dados na central de hidrologia do Departamento de Águas e Energia Elétrica. Na tabela 9 encontra-se a

primeira série de dados selecionada, a de pluviosidades máximas diárias mensais, com esses dados é possível observar picos de chuva ao longo dos anos de 1937 a 2012.

Tabela 9 – Pluviosidades “Máximas Diárias” Mensais (mm) – Período de 1937 a 2012 – Região de Guaratinguetá

| Estação | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul  | Ago   | Set  | Out   | Nov   | Dez   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| D2-002  | 149,9 | 92,3  | 115,5 | 102,5 | 44,6  | 64,4  | 31,4 | 33,6  | 48,4 | 67,6  | 74,2  | 104,6 |
| D2-009  | 105,3 | 187,3 | 115,9 | 90,5  | 61,7  | 70,9  | 67,3 | 35,9  | 50   | 60,3  | 74,7  | 175,6 |
| D2-022  | 92,1  | 100,2 | 87,6  | 94,8  | 72,5  | 100,1 | 90,5 | 36,2  | 76,5 | 94,3  | 91    | 91,6  |
| D2-031  | 75,4  | 124,5 | 110   | 73,5  | 69,3  | 29,3  | 69,8 | 38,6  | 47,5 | 84,9  | 100   | 121,5 |
| D2-033  | 149,6 | 71,7  | 146,2 | 84,2  | 53,6  | 79,5  | 41,6 | 36,1  | 49,1 | 104   | 68,2  | 105,5 |
| D2-063  | 100,4 | 120,2 | 128,5 | 86,9  | 65,1  | 72,3  | 65,2 | 35,2  | 43,5 | 66,5  | 127,5 | 115,7 |
| D2-069  | 95    | 91,3  | 99,2  | 92,9  | 36,6  | 65,3  | 74,1 | 34,3  | 51,8 | 80,2  | 100,1 | 127   |
| D2-076  | 105,9 | 211,2 | 181,7 | 82,7  | 52,9  | 48,3  | 81,2 | 49,7  | 46,8 | 126,5 | 113,5 | 130,5 |
| D2-077  | 214,3 | 121,5 | 174,3 | 81,9  | 27,7  | 70,7  | 79,3 | 50,4  | 53,4 | 78,3  | 96,4  | 94,6  |
| D2-079  | 122,5 | 105,1 | 141,9 | 104,1 | 74,8  | 44,4  | 62,4 | 47,6  | 88,6 | 59    | 127   | 112,2 |
| D2-094  | 88,6  | 54,4  | 70,7  | 55,1  | 51,5  | 45,5  | 56,4 | 94,5  | 29,9 | 46,5  | 85,5  | 86,2  |
| D2-034  | 95,5  | 105,2 | 85,5  | 58,7  | 57,1  | 65,2  | 72,2 | 60    | 40,4 | 91,3  | 87,4  | 92,1  |
| D2-097  | 73,8  | 93    | 159,6 | 68,3  | 39,9  | 42,1  | 97,4 | 38,1  | 49,2 | 106,1 | 94,8  | 75,3  |
| D2-032  | 108,6 | 78,6  | 164,6 | 34,3  | 34,2  | 62,4  | 33,9 | 78,1  | 52,4 | 58    | 85,9  | 86,6  |
| D2-065  | 98    | 125,3 | 103,9 | 47,3  | 111,5 | 57,5  | 65,1 | 35    | 57,5 | 63,1  | 102,6 | 86    |
| D2-007  | 103,5 | 90,1  | 168,4 | 61    | 64,5  | 75,2  | 64,7 | 50,5  | 44,3 | 87,4  | 106   | 105,5 |
| D2-014  | 116,8 | 93,1  | 89,4  | 93,7  | 65,5  | 62,4  | 62,3 | 39,2  | 50,7 | 59    | 95,2  | 117,7 |
| D2-071  | 97,1  | 98,5  | 78,3  | 128,4 | 73,1  | 62,9  | 60,5 | 40,8  | 50,1 | 55,3  | 69,5  | 116,1 |
| D2-072  | 103,5 | 102   | 102,3 | 85,6  | 64,9  | 78    | 40,1 | 49,8  | 41,2 | 51,3  | 114,1 | 103   |
| D2-075  | 116,4 | 106,5 | 118,4 | 72,3  | 61,2  | 56,3  | 70,2 | 54,2  | 56   | 96,4  | 97,4  | 122,9 |
| D2-080  | 108   | 96,3  | 120,3 | 76,9  | 74,9  | 78,5  | 82,6 | 100,4 | 59,8 | 82,6  | 77,5  | 145,7 |
| D2-078  | 128,7 | 93,4  | 81,8  | 89,1  | 69,3  | 61,4  | 73,2 | 41,6  | 80,2 | 102,6 | 90,4  | 130,7 |
| D2-035  | 162   | 87,3  | 106,8 | 80,4  | 69,8  | 52,7  | 69,1 | 43    | 62,2 | 136,2 | 93,5  | 110,8 |
| D2-062  | 74,2  | 94,1  | 112,5 | 68,2  | 63,2  | 55,1  | 63,1 | 41,1  | 46,4 | 108,7 | 92,9  | 74,2  |
| D2-008  | 85,7  | 87,1  | 96,4  | 80,3  | 30,1  | 69,3  | 22,5 | 35,3  | 69,5 | 61,4  | 56    | 140,3 |
| D2-006  | 98,4  | 111,3 | 70,8  | 62,7  | 32,6  | 69,3  | 33,1 | 51,2  | 43,8 | 61,6  | 79    | 76,3  |
| D2-060  | 139,3 | 124,1 | 80,8  | 91,8  | 45,7  | 53,5  | 61,8 | 31,8  | 66,1 | 85,3  | 112,2 | 108,9 |
| D2-061  | 98,6  | 112,2 | 113,2 | 94,5  | 62    | 40,4  | 22,7 | 30,6  | 48,3 | 68,7  | 113,6 | 80,5  |
| E2-049  | 99,2  | 160,6 | 64,8  | 72,4  | 65    | 58,6  | 49,8 | 36,1  | 39,2 | 46,4  | 78    | 71,4  |
| D2-025  | 98,6  | 119,9 | 68,6  | 78,3  | 51,7  | 44,2  | 49,9 | 35,7  | 50   | 58    | 81,9  | 75,5  |
| MÉDIA   | 110,2 | 108,6 | 111,9 | 79,8  | 58,2  | 61,2  | 60,4 | 46,2  | 53,1 | 78,3  | 92,9  | 106,2 |

|  |                                                 |
|--|-------------------------------------------------|
|  | Pluviosidades Máximas Diárias acima de 100 mm   |
|  | Pluviosidades Máximas Diárias entre 50 e 100 mm |
|  | Pluviosidades Máximas Diárias abaixo de 50 mm   |

Fonte: DAEE (2012).

Na tabela 10, encontra-se a média mensal de pluviosidade referentes aos anos de 1974 a 2012. Comparando os dados, é possível observar que nos meses de janeiro a março as máximas diárias atingem números próximos as médias mensais previstas sendo considerados meses chuvosos. Em contrapartida, são considerados meses de estiagem de junho a agosto com médias mensais abaixo de 30mm.

Tabela 10 – Pluviosidade Mensal – Região de Guaratinguetá

| Pluviosidade Mensal (mm) – Período de 1974 a 2012 – Região de Guaratinguetá |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| Meses                                                                       | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | TOTAL | MÉDIA |
| Chuva(mm)                                                                   | 227 | 208 | 181 | 69  | 42  | 27  | 20  | 28  | 51  | 123 | 143 | 199 | 1318  | 109,8 |

Fonte: DAEE (2012).

Na tabela 11, encontra-se a média anual de pluviosidade referente aos anos de 1974 a 2012. Observa-se que ao longo dos anos as médias quase caem pela metade, isso mostra a importância de uma série de dados de pelo menos 30 anos para análise histórica de pluviosidade.

Tabela 11 – Pluviosidade Anual – Região de Guaratinguetá

| Pluviosidade Anual – Guaratinguetá (1974 a 2012) |                   |       |                   |
|--------------------------------------------------|-------------------|-------|-------------------|
| Anos                                             | Pluviosidade (mm) | Anos  | Pluviosidade (mm) |
| 1974                                             | 1059,3            | 1994  | 937,4             |
| 1975                                             | 1500,3            | 1995  | 1546,3            |
| 1976                                             | 2027,7            | 1996  | 1459,5            |
| 1977                                             | 1065              | 1997  | 1245,3            |
| 1978                                             | 1145,6            | 1998  | 1348,2            |
| 1979                                             | 1062,4            | 1999  | 1180,9            |
| 1980                                             | 1039,1            | 2000  | 1713,6            |
| 1981                                             | 1200,9            | 2001  | 1387,2            |
| 1982                                             | 1299,7            | 2002  | 1250,2            |
| 1983                                             | 1638,9            | 2003  | 1100,4            |
| 1984                                             | 841,2             | 2004  | 1348,7            |
| 1985                                             | 1556,8            | 2005  | 1596,4            |
| 1986                                             | 1281,7            | 2006  | 1147,6            |
| 1987                                             | 1389,6            | 2007  | 1234,5            |
| 1988                                             | 1462,4            | 2008  | 1498,8            |
| 1989                                             | 1339              | 2009  | 1379,9            |
| 1990                                             | 928,6             | 2010  | 1299,8            |
| 1991                                             | 1553,4            | 2011  | 1191,4            |
| 1992                                             | 1311,3            | 2012  | 1257,4            |
| 1993                                             | 1573,7            | MÉDIA | 1317,95           |

Fonte: DAEE (2012).

## 4 A UNIVERSIDADE

### 4.1 UNESP / CAMPUS GUARATINGUETÁ

Localizada no Vale do Paraíba, a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG) foi criada como Instituto Isolado de Ensino Superior no dia 4 de dezembro de 1964. Após dois anos de luta para criação da universidade, em 6 de maio de 1966, através do decreto 46.242, a FEG recebe a autorização definitiva para funcionamento como Faculdade de Engenharia.

Seu primeiro curso foi o de Engenharia Mecânica, o corpo docente era composto por professores do ITA que participaram ativamente na estruturação do currículo, estatuto e regimento da universidade. Com algumas dificuldades por falta de laboratórios, os alunos da época se deslocavam afim de desenvolver as aulas práticas para as universidades já consolidadas: ITA-SJC e UNIFEI-Itajubá;

O Campus universitário foi inaugurado em 1972 com cerca de 40% das instalações atuais, desse ano até 2003 foram criados novos cursos de engenharia, licenciatura em Física e Matemática. Criada a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, no ano de 1976, reunindo os institutos isolados de ensino superior do Estado.

Figura 6 – Campus da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá



Fonte: UNESP (2016).

Hoje, a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá conta com os cursos de graduação para Engenharia Mecânica (1966), Engenharia Civil (1983), Engenharia Elétrica (1986), Licenciatura em Física (1988), Engenharia de Produção (1996), Licenciatura em Matemática (2002) e Engenharia de Materiais (2003). Cerca de 2300 alunos de graduação, 373 alunos de pós-graduação, 150 professores e 200 servidores técnico-administrativos compõe a comunidade universitária em uma área física de 205.307,41m<sup>2</sup> e área construída de 37.962,16m<sup>2</sup> (Anuário Estatístico, 2016)

#### 4.2 ESTRUTURA DE ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO

Para entender um pouco mais sobre a estrutura da universidade e seu abastecimento de água para o consumo, foi visitado as instalações junto com funcionários responsáveis da FEG-UNESP. Nessa visita foi constatado que o abastecimento de água da faculdade é proveniente dos dois poços artesianos existentes no campus e também da SAEG - Companhia De Serviços De Água, Esgoto E Resíduos De Guaratinguetá.

Para o abastecimento dos poços artesianos é necessária uma outorga para manejo de água dos lençóis freáticos locais disponíveis, com essa autorização é necessário a emissão de um relatório pelo solicitante do consumo de água de extração e o lançamento de esgoto no sistema da SAEG.

Com a emissão desse relatório anualmente foi analisado a alimentação de água da FEG, para os Blocos I, II, IV, Biblioteca, Laboratório da Engenharia de Materiais, Bloco da Civil, Bloco V, Administração, Bloco VI e Bloco da Matemática são fornecidos a água retirada dos dois poços artesianos, licenciados e cadastrados no DAEE, localizados atrás do bloco IV e esgoto da SAEG. A moradia estudantil, a creche, o LOSE (Laboratório de Otimização de Sistemas Energéticos) e a garagem contam com a alimentação de água e esgoto da SAEG.

Na figura 7, está a outorga que autoriza a captação e manejo de água do Aquífero de Caçapava, além de realização de obras e responsabilidade civil para possíveis danos ao meio ambiente e a terceiros.

Figura 7 – Outorga para captação e manejo de água



**SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS**  
**DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA**  
 Rua Boa Vista, 175 - 1º andar - tel. 3293-8557 - CEP 01014-000 - São Paulo - SP

**PORTARIA DAEE Nº 2834, DE 08 DE SETEMBRO DE 2015**

O SUPERINTENDENTE DO DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, no uso de suas atribuições legais e com fundamento no artigo 11, incisos I e XVI do Decreto nº 52.636 de 03/02/71, e à vista do Código de Águas, da Lei Federal 9433 de 08/01/97, da Lei nº 6.134 de 02/06/88, do Decreto nº 32.955 de 07/02/91, da Lei nº 7.663 de 30/12/91, do Decreto 41.258 de 01/11/96 e da Portaria D.A.E.E. nº 717 de 12/12/96, em solução ao requerimento constante dos Autos nº 9600020, Vol. 02 - DAEE

**D E T E R M I N A**

**ARTIGO 1º** - Fica a UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO - UNESP, CNPJ 48.031.918/0003-96, autorizada a utilizar recurso hídrico, na Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, n.º 333, Bairro: Pedregulho, município de GUARATINGUETÁ, para fins de solução alternativa tipo I e rega de jardim, conforme abaixo relacionado:

| USO                             | RECURSO HÍDRICO            | COORD. UTM KM |        |    | Prazo (anos) | VAZÃO M³/H | PERÍODO |       |
|---------------------------------|----------------------------|---------------|--------|----|--------------|------------|---------|-------|
|                                 |                            | N             | E      | MC |              |            | H/D     | D/M   |
| Poço Local-001<br>DAEE 285-0009 | Aqüífero Formação Caçapava | 7.478,40      | 480,20 | 45 | 05           | 14,00      | 07      | todos |

**ARTIGO 2º** - As captações de águas subterrâneas, deverão ser dotadas de equipamentos de medição e registro das vazões derivadas e do nível de água. O outorgado deverá apresentar, nas sedes ou escritórios de apoio das Diretorias de Bacia Hidrográfica do DAEE onde foi protocolada a documentação referente aos pedidos de outorga de usos, o registro desses dados, bem como análise físico-química e bacteriológica da água conforme os anexos I, VII e X, mais o parâmetro pH da Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 14/12/2011, anualmente ou sempre que solicitado.

**ARTIGO 3º** - Fica a autorizada obrigada a:

- 1- operar as obras, segundo as condições que venham a ser determinadas pelo DAEE;
- 2- manter as obras e serviços em perfeitas condições de estabilidade e segurança, respondendo pelos danos a que der causa, em relação ao meio ambiente e a terceiros;
- 3- responder, civilmente, por danos causados à vida, à saúde, e ao meio ambiente, prejuízos de qualquer natureza a terceiros, em razão da manutenção, operação ou funcionamento das obras, bem como do uso inadequado que vier a fazer da outorga solicitada.
- 4- responder por todos os encargos relativos à execução de serviços ou obras e a implantação de equipamentos ou mecanismos, necessários a manter as condições acima, bem como nos casos de alteração, modificação ou adaptação dos sistemas que, a critério do DAEE, venham a ser exigidos, em função do interesse público ou social;

**ARTIGO 4º** - Esta outorga deverá, obrigatoriamente, permanecer no local onde foram autorizados os usos e/ou interferências nos recursos hídricos, citados nesse documento, para fins de fiscalização.

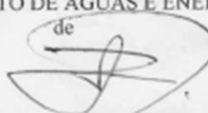
**ARTIGO 5º** - A não observância ao estabelecido neste ato, poderá caracterizar o usuário como infrator com a conseqüente aplicação das penalidades previstas na Portaria DAEE nº 1/98, que regulamentou os artigos 11 a 13 da Lei Estadual nº 7663/91.

**ARTIGO 6º** - Esta Portaria poderá ser revogada, sem que caiba indenização a qualquer título, além dos casos gerais, nos seguintes casos especiais:

- I - quando os estudos de planejamento regional de utilização dos recursos hídricos tornarem necessárias adequações dos sistemas outorgados;
- II - na hipótese de infringência das disposições relativas à legislação pertinente.

**ARTIGO 7º** - Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação, ficando revogadas as disposições em contrário.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA,  
 aos                      de                      de 2015

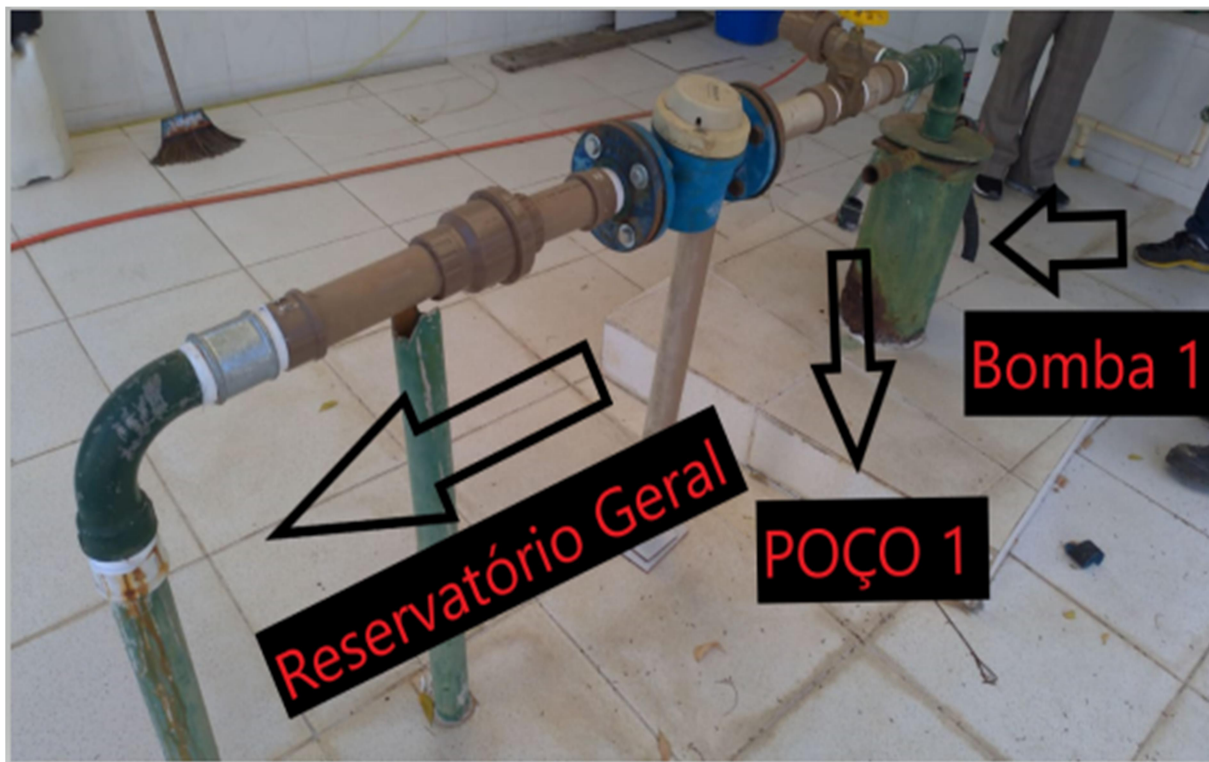
  
**RICARDO DARUIZ BORSARI**  
 Superintendente

Publicado no D.O.E. de 09/09 / 2015

Fonte: DAEE (2015).

O primeiro poço artesiano tem uma profundidade de 145 metros, 45 metros de lençol freático disponível e para extração possui uma bomba hidráulica com capacidade de 14.400 litros/min conforme figura 8.

Figura 8 – Poço artesiano 1 e Bomba hidráulica 1



Fonte: Produção do próprio autor

O segundo poço artesiano tem uma profundidade de 72 metros, 35 metros de lençol freático disponível e para extração possui uma bomba hidráulica com capacidade de 5.600 litros/min conforme figura 9.

Figura 9 – Poço artesiano 2 e Bomba hidráulica 2



Fonte: Produção do próprio autor

O funcionamento das bombas é alternado a cada quinze dias para revezamento da extração dos poços. Na figura 10 temos o painel de controle das bombas para ligar manualmente, desligar ou manter no automático que permite o funcionamento da bomba apenas enquanto o reservatório não está cheio. O sistema é acionado através da boia do reservatório geral. Adicionalmente temos uma bomba de recalque no poço 1 para usos menores e extração direta do poço, geralmente utilizada para lavagem, análise de água e alternância no caso de falha da bomba 1.

Figura 10 – Painel de controle das bombas hidráulicas



Fonte: Produção do próprio autor

Na figura 11 pode-se observar o reservatório geral que distribuí água para os blocos que são alimentados pela água do poço artesiano. O reservatório possui capacidade máxima de 30.000 litros de água.

Como o foco da análise será entre os blocos I, II, III e IV, sabe-se que para a distribuição por blocos temos:

- Reservatório superior do Bloco I: 5.000 litros
- Reservatório superior do Bloco II: 1.000 litros, apenas para banheiros
- Reservatório superior do Bloco III: Não existe alimentação para o bloco
- Reservatório superior do Bloco IV: 5.000 litros

Figura 11 – Reservatório Geral de 30.000 litros



Fonte: Produção do próprio autor

#### 4.3 CONSUMO DE ÁGUA

Na faculdade de Engenharia de Guaratinguetá temos dois tipos de abastecimentos: SAEG e poço artesiano. Será focado o consumo dos poços artesanais por abastecer grande parte do campus. Através dos relatórios anuais necessários para declarar a extração para o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), órgão emissor da outorga de uso dos

poços, foi elaborado uma série de dados sobre o consumo de água na universidade conforme tabela 12.

Tabela 12 – Consumo de Água dos Poços Artesianos em metros cúbicos

| <b>Consumo de Água dos Poços Artesianos [m³] - UNESP GUARATINGUETÁ</b> |             |             |             |             |             |              |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>MESES</b>                                                           | <b>2014</b> | <b>2015</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> | <b>MÉDIA</b> |
| <b>Janeiro</b>                                                         | 583         | 621         | 1065        | 0           | 889         | 631,6        |
| <b>Fevereiro</b>                                                       | 529         | 1023        | 1058        | 150         | 545         | 661          |
| <b>Março</b>                                                           | 950         | 574         | 1181        | 397         | 0           | 620,4        |
| <b>Abril</b>                                                           | 803         | 734         | 550         | 1916        | 689         | 938,4        |
| <b>Maiο</b>                                                            | 556         | 1538        | 528         | 793         | 802         | 843,4        |
| <b>Junho</b>                                                           | 556         | 991         | 626         | 158         | 148         | 495,8        |
| <b>Julho</b>                                                           | 867         | 531         | 250         | 1077        | 356         | 616,2        |
| <b>Agosto</b>                                                          | 539         | 428         | 500         | 740         | 265         | 494,4        |
| <b>Setembro</b>                                                        | 582         | 557         | 543         | 548         | 549         | 555,8        |
| <b>Outubro</b>                                                         | 623         | 854         | 689         | 289         | 1596        | 810,2        |
| <b>Novembro</b>                                                        | 858         | 456         | 750         | 775         | 865         | 740,8        |
| <b>Dezembro</b>                                                        | 435         | 503         | 435         | 515         | 401         | 457,8        |
| <b>TOTAL ANUAL</b>                                                     | <b>7881</b> | <b>8810</b> | <b>8175</b> | <b>7358</b> | <b>7105</b> | <b>655,5</b> |

Fonte: Produção do próprio autor

Na tabela 12 é observado o consumo dos últimos cinco anos dos poços artesianos e adicionalmente foi constatado que não possui registros independentes por bloco, assim o consumo de água é total de toda extensão do campus, citado na seção anterior, que utiliza a água proveniente dos poços.

Para estimar o consumo por aluno ou funcionário, afim de dimensionar um sistema de aproveitamento de água de chuva foi utilizado como base o programa ÁGUAPURA – Programa de Uso Racional de Água desenvolvido na Universidade Federal da Bahia (UFBA). O programa visa reduzir o consumo de água através de algumas ações na universidade, como minimização de desperdícios, implantação de equipamentos e orientação para o uso racional da água.

Segundo Nakagawa (2009), o programa foi iniciado no ano de 2001 e teve cinco linhas de estudo: consumo de água, população equivalente, consumo especial, perdas físicas e caracterização do consumo conforme linhas anteriores. O consumo de 1998 a 2000 era por volta de 26.000 m³/mês e após o desenvolvimento do projeto foi reduzido em 2006 e 2007 para cerca de 15.000 m³/mês, resultando assim em um consumo de 45% da água proveniente do sistema público de abastecimento.

Através desse estudo foi estudado a população equivalente considerando o número de usuários e o seu tempo de permanência. Com isso, chega-se ao consumo médio de 30 litros/estudante por dia e para professores e funcionários o consumo médio de 50 litros/dia (NAKAGAWA, 2009). Também de acordo com Creder (1982) e Santos, 1979, para fins de cálculo do consumo de água diário para prédios públicos / escolas-externatos pode-se adotar 50 litros/pessoa.

## 5 ANÁLISE DE APROVEITAMENTO

### 5.1 ESCOLHA DO LOCAL

O objetivo desse projeto é implementar um sistema de aproveitamento de água de chuva em um bloco do campus da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Como visto na seção anterior, não temos alimentação de água no bloco III.

Seguiremos com o projeto para o bloco III, afim de propor a construção de 2 banheiros para o bloco. A água a ser alimentada para as bacias sanitárias e lavagem do bloco seria proveniente do sistema de coleta de água de chuva, e contaríamos com uma caixa d'água para fins potáveis.

Na figura 12 pode-se observar a vista panorâmica dos blocos I a IV com detalhes para as coberturas dos blocos e na figura 13 encontra-se o bloco III e sua cobertura para análise de potencial de captação de água de chuva.

Figura 12 – Imagem panorâmica dos blocos I a IV



Fonte: Vera, V. (2017).

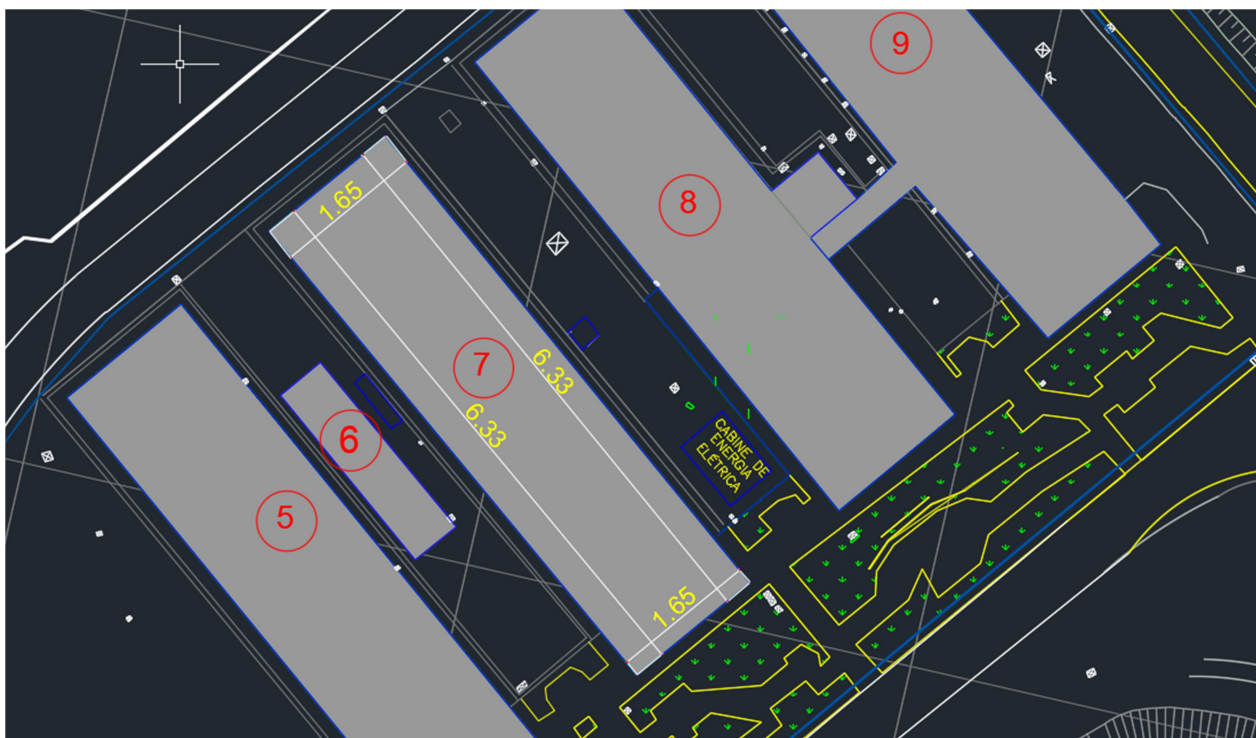
Figura 13 – Imagem focada no bloco III



Fonte: Vera, V. (2017).

Para a análise do potencial de aproveitamento de água da chuva no bloco referido, é necessária a dimensão de área de contato com a chuva que o telhado dispõe. Na figura 14 foi obtido acesso à planta baixa da FEG com o técnico Milton Marques do Departamento da Civil.

Figura 14 – Planta baixa da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá: (9) bloco I; (8) bloco II; (7) bloco III, foco do presente trabalho; (5) e (6) bloco IV.



Fonte: MARQUES, M.(2018).

## 5.2 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO

Para a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva é necessário observar alguns equipamentos como: Área de captação de água de chuva (telhados), calhas e condutores, reservatório inferior para armazenamento de água, filtros, extravasor (ladrão), bomba hidráulica e reservatório superior (água não potável) para distribuição da água (TOMAZ, 2011).

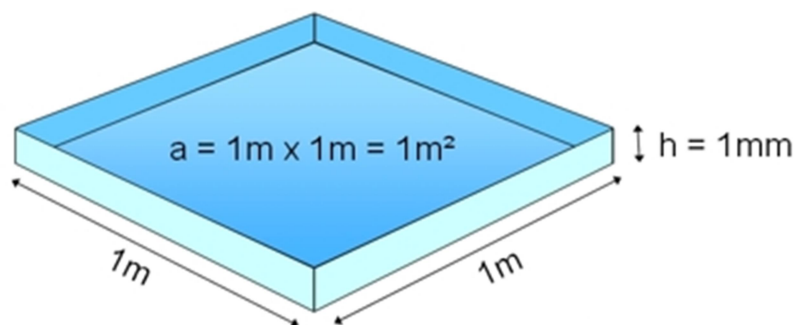
Segundo Plínio Tomaz (2011), visando a análise do potencial máximo de aproveitamento de água de chuva, são necessárias três medições: área de captação de água exposta a chuva, índice pluviométrico e coeficiente de escoamento, conhecido como coeficiente de Runoff.

Na figura 15 observa-se a relação entre os dois parâmetros que são utilizados para o cálculo do potencial de aproveitamento.

Figura 15 – Cálculo do volume de água de chuva

## CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA

$$\text{chuva} = \text{volume} = \text{área}(a) \times \text{altura}(h) = \text{m}^3$$



Fonte: SEMPRESUSTENTAVEL (2018).

Considerando uma área de captação de água de chuva no bloco III de 1.044,45 metros quadrados e com seu sistema de escoamento por calhas e condutores para o solo que será modificado para armazenamento em uma cisterna subterrânea.

Será considerada a média histórica de precipitação mensal da Região de Guaratinguetá, retirada da tabela 10, de 109,8 milímetros ao mês.

O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para chegar ao potencial de aproveitamento deve-se considerar o coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de Runoff. Esse coeficiente é o quociente entre a água que escoar superficialmente pelo total de água precipitada levando em consideração o material de revestimento do telhado (TOMAZ, 2011).

Na tabela 13 estão os coeficientes de Runoff referentes aos principais materiais de revestimento de telhados urbanos.

Tabela 13 – Coeficiente de runoff médios [C]

| <b>MATERIAL</b>            | <b>COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i></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 (2011).

Considerando os dados fornecidos, segundo a equação a seguir:

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

Sendo:

A = Área do telhado do bloco III = 1044,45 m<sup>2</sup>

P = Precipitação média mensal = 109,8 mm = 0,1098 m

C = Coeficiente de Runoff = 0,8 (telha de amianto)

$$V = 1044,45 \times 0,1098 \times 0,8$$

$$V = 91,744 \text{ m}^3 \text{ ou } 91.744 \text{ litros}$$

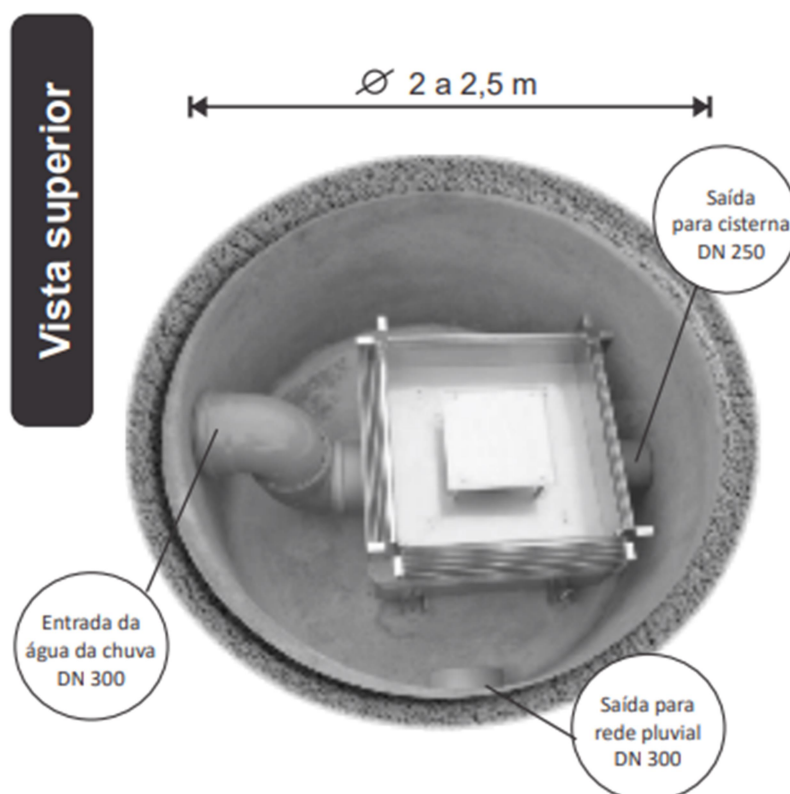
Conhecendo a média de consumo mensal de 655,5 metros cúbicos de água extraída dos poços artesianos, conforme tabela 12, e o potencial máximo de aproveitamento mensal de água da chuva de 91,74 metros cúbicos ao mês (somente no bloco III), pode-se observar uma redução de cerca de 14% no consumo de água direta dos poços.

## 6 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA O SISTEMA

O sistema de coleta de água de chuva funciona basicamente pela captação de água escoada no telhado do bloco III, que hoje é destinada diretamente ao solo, direcionada por condutores horizontais e verticais para um ponto de armazenamento.

Antes do armazenamento, é necessário a instalação de um filtro VF12 AcquaSave. O filtro VF12 é indicado para áreas de captação de até 3.000 metros quadrados. A filtragem funciona em dois estágios, primeiro por cascatas que eliminam os sólidos maiores e em seguida por uma malha inox, e por gravidade a água cai no fundo do filtro e é direcionada para o reservatório. O filtro possui uma entrada de água de 300 mm, uma conexão para cisterna de 250 mm e uma saída para esgoto de 300 mm representado na figura 16 (ACQUASAVE, 2019).

Figura 16 – Visão superior de um filtro VF12

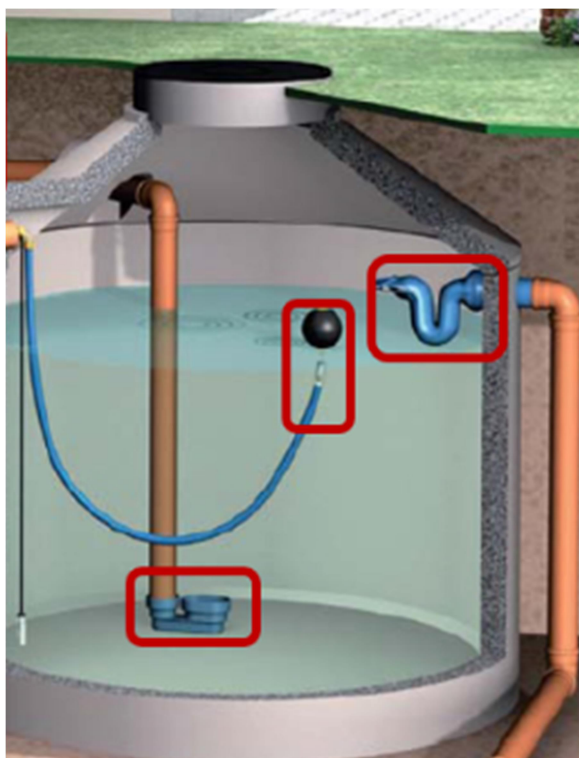


Fonte: ACQUASAVE (2019).

Após a etapa de filtragem é direcionado ao depósito na cisterna com o auxílio de um freio d'água para reduzir a velocidade de entrada da água filtrada e evitar a mistura das partículas decantadas no fundo do reservatório.

Na figura 17 podemos observar o freio d'água instalado, o sifão ladrão para escoar a água excedente do reservatório, e a boia para acionamento da bomba hidráulica.

Figura 17 – Reservatório inferior com freio d'água, sifão ladrão e boia



Fonte: ACQUASAVE (2019).

O reservatório e a bomba hidráulica serão o foco de dimensionamento para esse projeto. O reservatório inferior será dimensionado na próxima seção considerando precipitação, demanda de água e área de captação através de métodos conhecidos para dimensionamento de cisternas. Seguindo para a bomba hidráulica, será avaliado a demanda e a dimensão do reservatório para escolha do equipamento adequado.

## 6.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO INFERIOR

Para o dimensionamento do reservatório inferior será calculado quatro métodos para um dimensionamento preliminar atendendo a ABNT NBR 15.527/07 sendo a decisão final do projetista.

Os métodos que serão utilizados são método prático do professor Azevedo Neto, prático inglês, prático alemão e Rippl.

Para o desenvolvimento dos métodos serão necessários os dados de precipitação presentes no capítulo 3, área disponível para captação de água presente no capítulo 4 e o conceito de aproveitamento de água da chuva presente no capítulo 5.

### **6.1.1. Método prático do professor Azevedo Neto**

Para o professor Azevedo Neto segue a equação para dimensionamento do reservatório inferior:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Sendo:

A = Área do telhado do bloco III = 1044,45 m<sup>2</sup>

P = Precipitação média anual = 1317,85 mm = 1,31785 m

T = número de meses de pouca chuva ou seca = 3

Para os meses de pouca chuva ou seca foram considerados os meses de junho, julho e agosto por seus baixos índices pluviométricos médios.

$$V = 0,045 \times 1,31785 \times 1044,45 \times 3$$

$$V = 173,43 \text{ m}^3$$

### **6.1.2. Método prático Inglês**

Para o método prático Inglês segue a equação para dimensionamento do reservatório inferior:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Sendo:

A = Área do telhado do bloco III = 1044,45 m<sup>2</sup>

P = Precipitação média anual = 1317,85 mm = 1,31785 m

$$V = 0,05 \times 1,31785 \times 1044,45$$

$$V = 68,82 \text{ m}^3$$

### 6.1.3. Método prático Alemão

Para o método prático alemão considera-se o 6% do menor valor entre o volume anual de consumo previsto ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$Vr = \text{mín}(V; D) \times 0,06$$

Sendo:

V = Volume anual de precipitação aproveitável

C = Coeficiente de Runoff = 0,8

A = Área do telhado do bloco III = 1044,45 m<sup>2</sup>

P = Precipitação média anual = 1317,85 mm = 1,31785 m

D = Consumo estimado anual

Para o volume anual de precipitação aproveitável temos:

$$V = 1,31785 \times 1044,45 \times 0,8$$

$$V = 1101,1 \text{ m}^3$$

Para o consumo estimado anual foi adotado um número de alunos que frequentam ao longo do dia e o número de funcionários que trabalham efetivamente no bloco III. O consumo diário foi retirado do programa ÁGUAPURA da UFBA que teve o objetivo de traçar um perfil de consumo na universidade e consequentemente diminuir o uso desse recurso natural. Adicionalmente para destacar a demanda de consumo não potável de cerca de 60% do consumo total de água, sendo ele na sua maioria em bacias sanitárias e limpeza dos blocos.

Tabela 14 – Consumo estimado para uso não potável do Bloco III

|                    | Quantidade | Consumo diário [L/dia] | Dias | Consumo Mensal [L] |                           |
|--------------------|------------|------------------------|------|--------------------|---------------------------|
| ALUNOS (Rotativos) | 45         | 30                     | 22   | 29700              | Consumo não potável (60%) |
| FUNCIONÁRIOS       | 15         | 50                     | 22   | 16500              |                           |
| TOTAL              |            |                        |      | 46200              | 27258                     |

Fonte: Produção do próprio autor

Portanto o consumo estimado anual é de cerca de 330 m<sup>3</sup>. Então:

$$V = \text{mín} (1101, 1; 330) * 0,06$$

$$V = 330 * 0,06$$

$$V = 19,8 \text{ m}^3$$

#### 6.1.4. Método de Rippl

Para o método de Rippl é necessário elaborar uma tabela para o dimensionamento do reservatório. Conforme tabela 15 tem-se:

Primeira coluna estão os meses do ano.

Segunda coluna é adicionada as médias mensais de precipitação para cada mês.

Terceira coluna temos o consumo mensal médio de água, em metros cúbicos, para suprir o uso não potável, utilizando o mesmo valor estimado na seção anterior.

Quarta coluna é indicada a área de captação de água de chuva.

Quinta coluna é disponibilizada o volume de chuva mensal disponível, calculado pelo produto da segunda coluna com a quarta coluna com o coeficiente de Runoff.

Sexta coluna é a diferença da terceira coluna com a quinta coluna, nota-se que os valores negativos são referentes ao excesso de água e os valores positivos são referentes aos meses que a demanda supera o volume de chuva.

Sétima coluna é a diferença acumulada da coluna 6 considerando os valores positivos.

Tabela 15 – Método de Rippl com chuvas médias mensais e demanda constante 27,5 m³/mês

| MESES            | PRECIPITAÇÃO [MM] | DEMANDA [M³] | ÁREA DE CAPTAÇÃO [M²] | VOLUME MENSAL DE CHUVA [M³] | DIFERENÇA ENTRE DEMANDA E VOLUME DE CHUVA [M³] | Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos | Obs                    |
|------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Janeiro</b>   | 227               | 27,5         | 1044,45               | 189,67                      | -162,17                                        |                                                       | Nível de agua escoando |
| <b>Fevereiro</b> | 208               | 27,5         | 1044,45               | 173,80                      | -146,30                                        |                                                       | Nível de agua escoando |
| <b>Março</b>     | 181               | 27,5         | 1044,45               | 151,24                      | -123,74                                        |                                                       | Nível de agua escoando |
| <b>Abril</b>     | 69                | 27,5         | 1044,45               | 57,65                       | -30,15                                         |                                                       | Nível de agua escoando |
| <b>Mai</b>       | 42                | 27,5         | 1044,45               | 35,09                       | -7,59                                          |                                                       | Nível de agua escoando |
| <b>Junho</b>     | 27                | 27,5         | 1044,45               | 22,56                       | 4,94                                           | 4,94                                                  | nível de agua baixando |
| <b>Julho</b>     | 20                | 27,5         | 1044,45               | 16,71                       | 10,79                                          | 15,73                                                 | nível de agua baixando |
| <b>Agosto</b>    | 28                | 27,5         | 1044,45               | 23,40                       | 4,10                                           | 19,83                                                 | nível de agua baixando |
| <b>Setembro</b>  | 51                | 27,5         | 1044,45               | 42,61                       | -15,11                                         | 4,72                                                  | nível de agua subindo  |
| <b>Outubro</b>   | 123               | 27,5         | 1044,45               | 102,77                      | -75,27                                         | -70,55                                                | Nível de agua escoando |
| <b>Novembro</b>  | 143               | 27,5         | 1044,45               | 119,49                      | -91,99                                         | -162,54                                               | Nível de agua escoando |
| <b>Dezembro</b>  | 199               | 27,5         | 1044,45               | 166,28                      | -138,78                                        | -301,32                                               | Nível de agua escoando |

Fonte: Produção do próprio autor

O volume do reservatório é de 19,83 metro cúbicos, correspondentes ao abastecimento dos meses de estiagem considerados entre Junho e Agosto.

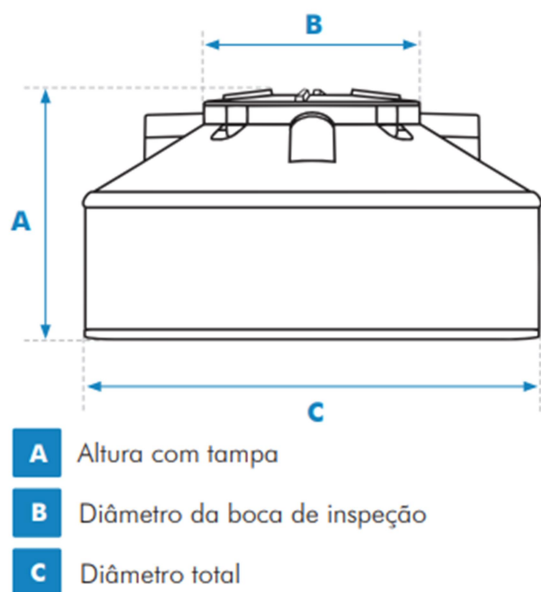
### 6.1.5. Considerações finais

Considerando os quatro métodos desenvolvidos para dimensionar o reservatório inferior é possível observar que o método prático alemão e o método de Rippl chegaram a dimensões próximas de 19,8 metros cúbicos.

Consultando o catálogo disponível do fornecedor FORT LEV, encontra-se uma tabela de reservatórios para diversos usos. Na figura 17 encontra-se as dimensões do tanque de armazenamento e para o nosso projeto adotaremos o tanque de 20.000 litros.

No guia de instalação, o fabricante indica alojar o reservatório em ambiente ventilado, de fácil acesso, com espaço livre de no mínimo 60 centímetros em torno do mesmo e, no caso de ser um reservatório aterrado, considerar 60 centímetros o fechamento do confinamento subterrâneo acima da tampa do reservatório.

Figura 18 – Dimensões dos reservatórios FortLev



| Capacidade em litros | Dimensões em metros |      |      |
|----------------------|---------------------|------|------|
|                      | A                   | B    | C    |
| 310                  | 0,52                | 0,60 | 1,00 |
| 500                  | 0,65                | 0,60 | 1,16 |
| 1.000                | 0,80                | 0,60 | 1,48 |
| 1.750                | 0,95                | 0,60 | 1,65 |
| 2.500                | 1,21                | 0,60 | 1,80 |
| 5.000                | 1,51                | 0,60 | 2,25 |
| 10.000               | 1,93                | 0,60 | 2,78 |
| 15.000               | 2,20                | 0,60 | 3,20 |
| 20.000               | 2,83                | 0,60 | 3,17 |

\* Dimensões aproximadas.

Fonte: FORTLEV (2019).

Na figura 18 encontra-se como devem ser ligadas as conexões de entrada, saída, ladrão e tubo de limpeza. Para todos, exceto o ladrão, tem a necessidade de acompanhar um registro de esfera soldável com união.

Figura 19 – Ligações tubulares do reservatório FortLev

## Tubulação

### 310 a 1.000 litros



### 1.750 a 20.000 litros



O Tanque FORTLEV deve ter:

- 1. Tubo de entrada.
- 2. Tubo de saída.
- 3. Tubo extravasor (ladrão).
- 4. Tubo de limpeza.

Fonte: FORTLEV (2019).

## 6.2 DIMENSIONAMENTO DA BOMBA HIDRÁULICA

### 6.2.1 Considerações Iniciais

Ao longo da seção anterior foi dimensionado o reservatório inferior para armazenamento da água coletada através do telhado do bloco III. Para o abastecimento de água no bloco é necessário a instalação de uma bomba hidráulica que transporte a água do reservatório inferior para uma caixa d'água no telhado do bloco.

Para a demanda mensal de 27.500 litros por mês, considerando 30 dias ao mês, é demandado cerca de 920 litros por dia. Para o reservatório superior foi selecionado uma caixa d'água de 1000 litros, seguindo o modelo de abastecimento existente no bloco II para os banheiros.

Considerando que o reservatório superior seja totalmente preenchido com duas horas de funcionamento da bomba, a vazão será:

$$Q = \frac{1000}{2}$$

$$Q = 500 \frac{L}{h} = 0,5 \frac{m^3}{h}$$

### 6.2.2 Diâmetro de recalque e sucção

Quando há bombeamento de água é necessário estabelecer um critério para dimensionamento da tubulação de recalque e sucção. Para a sucção é escolhido um diâmetro superior ao diâmetro de recalque e para o recalque é adotado a **fórmula de Bresse**. (TOMAZ, 2011).

$$D = K x \sqrt{Q}$$

Sendo:

D = diâmetro da tubulação de recalque [m]

Q = vazão da tubulação [m³/s]

K = valor adotado entre 0,9 e 1,3 para dimensionamento. Será adotado 1,3 a favor da segurança.

Portanto:



Para o cálculo da altura manométrica total, aplicam-se os conceitos da equação de Bernoulli em que, no escoamento entre dois pontos de uma tubulação, a soma de energias de posição  $Z$ , de pressão  $P/\gamma$  e cinética  $v^2/2g$ , é uma constante acrescida da perda de carga  $J$ .

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + J$$

Considerando a expressão acima aplicada numa instalação elevatória predial de água, que tem como pontos de referência a bomba e a extremidade da tubulação no reservatório superior, podemos dizer que,

$$Z_1 = 0;$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = \text{pressão de recalque, } H_{\text{man}};$$

$$\frac{v_1^2}{2g} = \text{velocidade de recalque que determina a altura representativa do atrito na entrada da}$$

bomba, e que por ser muito pequeno passa a ser desprezível;

$$Z_2 = \text{altura estática do reservatório superior, } H_E ;$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 0 \text{ (ponto de escoamento, onde a pressão atmosférica não está sendo considerada);}$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = 0;$$

$$J = \text{perdas de carga.}$$

Valores que levam à simplificação da expressão de Bernoulli:

$$H_m = H_{\text{estática}} + \text{Perdas}$$

Portanto:

$$H_m = \text{altura estática recalque} + \text{altura estática sucção} + \text{perda recalque} + \text{perda sucção}$$

***Ou ainda:***

$$H = h_d - h_s = (Z_d - Z_s) + \frac{P_d - P_s}{\gamma} + (h_{fs} + h_{fd})$$

Sendo:

$H$  = altura manométrica total;

$h_d$  = altura manométrica de descarga;

$h_s$  = altura manométrica de sucção;

$Z_d$  = altura geométrica de descarga;

$Z_s$  = altura geométrica de sucção;

$P_d$  = pressão manométrica no reservatório de descarga;

$P_s$  = pressão manométrica no reservatório de sucção;

$\gamma$  = peso específico do fluido;

$h_{fd}$  = perda de carga na linha e acessórios de descarga;

$h_{fs}$  = perda de carga na linha e acessórios de sucção;

Como o reservatório inferior e superior estão a Pressão atmosférica, a equação simplifica-se para:

$$H = Z_d - Z_s + h_{fs} + h_{fd}$$

As alturas geométricas são encontradas na figura 20 e seus valores são:

$$Z_d = 8,05m$$

$$Z_s = - 3,50 m$$

O valor da altura geométrica de sucção é negativo pois o reservatório inferior se encontra abaixo do nível do solo.

O cálculo da perda de carga depende:

- Vazão
- Propriedades do fluido
- Diâmetro da tubulação
- Número de Reynolds
- Fator de Atrito (Diagrama de Moody)
- Comprimento da tubulação e comprimento equivalente dos acessórios

O fluido de trabalho em questão é a água e suas propriedades são:

- Massa específica ( $\rho$ ) = 998 kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidade dinâmica ( $\mu$ ) = 0,001 kg/m.s

O diâmetro da tubulação de recalque será de 0,013m e o da tubulação de sucção 0,025m.

O número de Reynolds é calculado através da equação:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Para a tubulação de recalque temos:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,5}{\frac{\pi D^2}{4}} = 1,055 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{998 \times 1,055 \times 0,013}{0,001} = 13684,4$$

Para a tubulação de sucção temos:

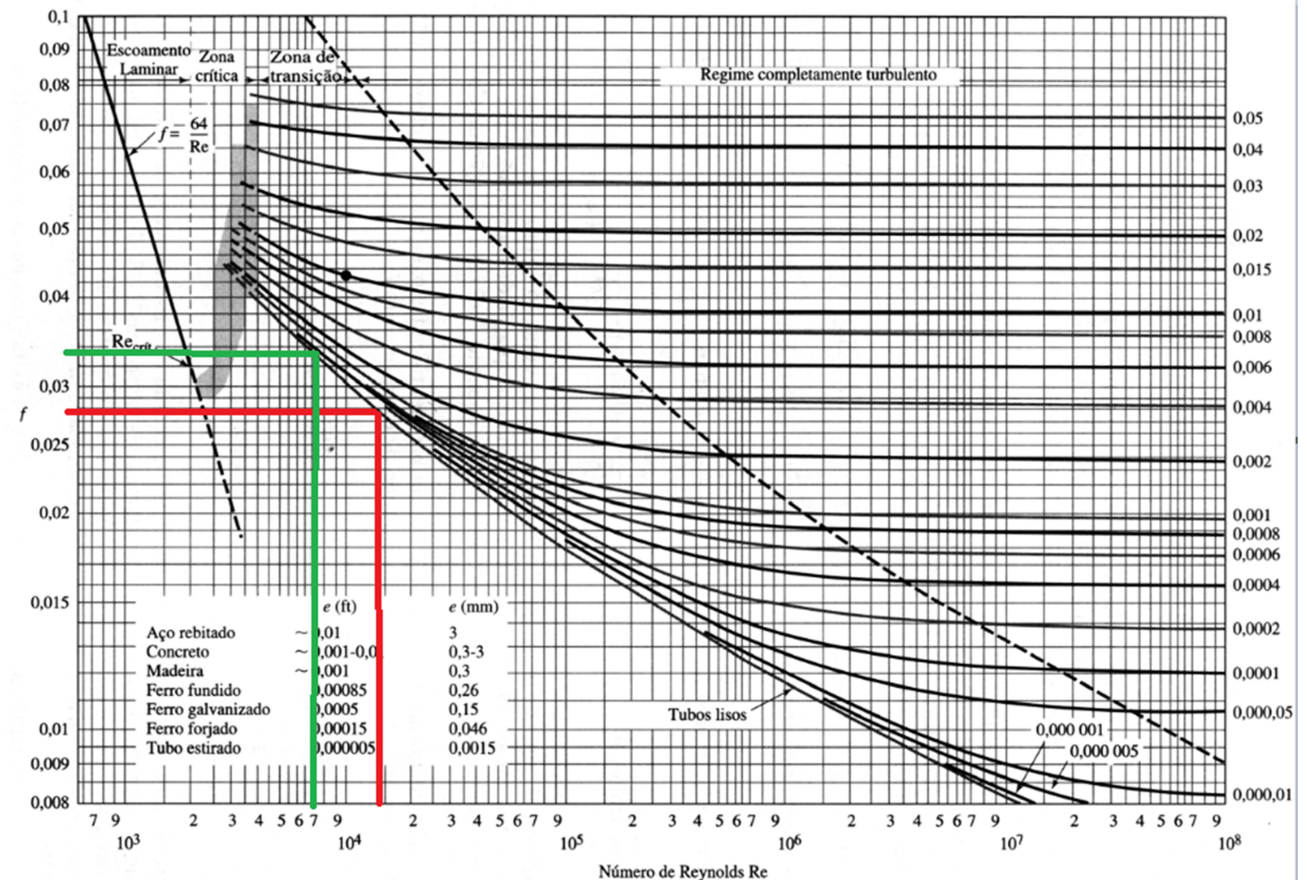
$$V = \frac{0,5}{\frac{\pi D^2}{4}} = 0,285 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{998 \times 0,285 \times 0,025}{0,001} = 7115,9$$

Sabe-se que o número de Reynolds inferior a 2300 configura um escoamento laminar e acima desse valor um escoamento turbulento.

Para a tubulação de recalque e sucção temos um escoamento turbulento, com o diagrama de Moody representado na figura 21, o número de Reynolds e assumindo o uso de tubo liso de PVC pode-se determinar o fator de atrito.

Figura 21 – Diagrama de Moody



Fonte: Macintyre (2017).

Para o tubo de recalque encontra-se o valor de 0,028 e para o tubo de sucção o valor de 0,034.

Para o cálculo da perda de carga será considerado o uso do diâmetro da tubulação de sucção de 1" e seu fator de atrito de 0,034. Na seguinte equação:

$$hf = \left( f \times \frac{L_{reto}}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right) + \left( f \times \frac{L_{eq}}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Os trechos de tubulação reta entre o reservatório superior e inferior, conforme figura 20 são:

$$L_{reto} = 0,30 + 3,50 + 2,50 + 8,05 + 2,44$$

$$L_{reto} = 16,79 \text{ m}$$

Para as perdas de carga localizadas devido a distúrbios locais do fluxo de fluido precisamos da somatória de comprimento equivalente de cada acessório utilizado seguindo a tabela 16.

Tabela 16 – Perdas de carga localizadas – Equivalência em metros de tubulação de PVC.

| Diâmetro nominal |             | Joelho 90°                                                                        | Joelho 45°                                                                        | Curva 90°                                                                         | Curva 45°                                                                         | Tê 90° Passagem direta                                                            | Tê 90° Saída de lado                                                              | Tê 90° Saída bilateral                                                            | Entrada normal                                                                    | Entrada de borda                                                                  | Saída de canaliz.                                                                  | Válvula de pé e crivo                                                               | Válvula retenção                                                                    |                                                                                     | Registro globo aberto                                                               | Registro gaveta aberto                                                              | Registro ângulo aberto                                                              |
|------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| DN (mm)          | Ref. (pol.) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15               | (1/2)       | 1,1                                                                               | 0,4                                                                               | 0,4                                                                               | 0,2                                                                               | 0,7                                                                               | 2,3                                                                               | 2,3                                                                               | 0,3                                                                               | 0,9                                                                               | 0,8                                                                                | 8,1                                                                                 | 2,5                                                                                 | 3,6                                                                                 | 11,1                                                                                | 0,1                                                                                 | 5,9                                                                                 |
| 20               | (3/4)       | 1,2                                                                               | 0,5                                                                               | 0,5                                                                               | 0,3                                                                               | 0,8                                                                               | 2,4                                                                               | 2,4                                                                               | 0,4                                                                               | 1,0                                                                               | 0,9                                                                                | 9,5                                                                                 | 2,7                                                                                 | 4,1                                                                                 | 11,4                                                                                | 0,2                                                                                 | 6,1                                                                                 |
| 25               | (1)         | 1,5                                                                               | 0,7                                                                               | 0,6                                                                               | 0,4                                                                               | 0,9                                                                               | 3,1                                                                               | 3,1                                                                               | 0,5                                                                               | 1,2                                                                               | 1,3                                                                                | 13,3                                                                                | 3,8                                                                                 | 5,8                                                                                 | 15,0                                                                                | 0,3                                                                                 | 8,4                                                                                 |
| 32               | (1 1/4)     | 2,0                                                                               | 1,0                                                                               | 0,7                                                                               | 0,5                                                                               | 1,5                                                                               | 4,6                                                                               | 4,6                                                                               | 0,6                                                                               | 1,8                                                                               | 1,4                                                                                | 15,5                                                                                | 4,9                                                                                 | 7,4                                                                                 | 22,0                                                                                | 0,4                                                                                 | 10,5                                                                                |
| 40               | (1 1/2)     | 3,2                                                                               | 1,3                                                                               | 1,2                                                                               | 0,6                                                                               | 2,2                                                                               | 7,3                                                                               | 7,3                                                                               | 1,0                                                                               | 2,3                                                                               | 3,2                                                                                | 18,3                                                                                | 6,8                                                                                 | 9,1                                                                                 | 35,8                                                                                | 0,7                                                                                 | 17,0                                                                                |
| 50               | (2)         | 3,4                                                                               | 1,5                                                                               | 1,3                                                                               | 0,7                                                                               | 2,3                                                                               | 7,6                                                                               | 7,6                                                                               | 1,5                                                                               | 2,8                                                                               | 3,3                                                                                | 23,7                                                                                | 7,1                                                                                 | 10,8                                                                                | 37,9                                                                                | 0,8                                                                                 | 18,5                                                                                |
| 60               | (2 1/2)     | 3,7                                                                               | 1,7                                                                               | 1,4                                                                               | 0,8                                                                               | 2,4                                                                               | 7,8                                                                               | 7,8                                                                               | 1,6                                                                               | 3,3                                                                               | 3,5                                                                                | 25,0                                                                                | 8,2                                                                                 | 12,5                                                                                | 38,0                                                                                | 0,9                                                                                 | 19,0                                                                                |
| 75               | (3)         | 3,9                                                                               | 1,8                                                                               | 1,5                                                                               | 0,9                                                                               | 2,5                                                                               | 8,0                                                                               | 8,0                                                                               | 2,0                                                                               | 3,7                                                                               | 3,7                                                                                | 26,8                                                                                | 9,3                                                                                 | 14,5                                                                                | 40,0                                                                                | 0,9                                                                                 | 20,0                                                                                |
| 100              | (4)         | 4,3                                                                               | 1,9                                                                               | 1,6                                                                               | 1,0                                                                               | 2,6                                                                               | 8,3                                                                               | 8,3                                                                               | 2,2                                                                               | 4,0                                                                               | 3,9                                                                                | 28,6                                                                                | 10,4                                                                                | 16,0                                                                                | 42,3                                                                                | 1,0                                                                                 | 22,1                                                                                |
| 125              | (5)         | 4,9                                                                               | 2,4                                                                               | 1,9                                                                               | 1,1                                                                               | 3,3                                                                               | 10,0                                                                              | 10,0                                                                              | 2,5                                                                               | 5,0                                                                               | 4,9                                                                                | 37,4                                                                                | 12,5                                                                                | 19,2                                                                                | 50,9                                                                                | 1,1                                                                                 | 26,2                                                                                |
| 150              | (6)         | 5,4                                                                               | 2,6                                                                               | 2,1                                                                               | 1,2                                                                               | 3,8                                                                               | 11,1                                                                              | 11,1                                                                              | 2,8                                                                               | 5,6                                                                               | 5,5                                                                                | 43,4                                                                                | 13,9                                                                                | 21,4                                                                                | 56,7                                                                                | 1,2                                                                                 | 28,9                                                                                |

Fonte: Macintyre (2017).

Os acessórios utilizados para o projeto são

- Dois registros de globo aberto –  $Leq = 2 \times 15,0m$
- Uma saída canalizada –  $Leq = 1,3m$
- Uma entrada normal –  $Leq = 0,5m$
- Três joelhos 90° –  $Leq = 3 \times 1,5m$
- Três uniões –  $Leq = 3 \times 0,3m$

Portanto o total desses comprimentos equivalentes é:

$$Leq = 2 \times 15,00 + 1,30 + 0,5 + 3 \times 1,50 + 3 \times 0,3$$

$$Leq = 37,20 \text{ m}$$

Calculando as perdas de carga localizadas tem-se:

$$hf = \left( 0,034 \times \frac{16,79}{0,025} \times \frac{0,285^2}{2 \times 9,81} \right) + \left( 0,034 \times \frac{37,2}{0,025} \times \frac{0,285^2}{2 \times 9,81} \right)$$

$$hf = 0,303979 \text{ m}$$

Voltando a equação da altura manométrica total tem-se:

$$H = 8,05 - (-3,50) + 0,303979$$

$$H = 11,85398 \text{ m}$$

Com os valores de Q e H<sub>m</sub>, podemos determinar a potência elétrica do motor empregando a fórmula da potência:

$$P = \frac{\gamma x Q x H_m}{75 x r}$$

Em que,

$\gamma$  = peso específico do líquido, kg/m<sup>3</sup>,

Q = vazão, m<sup>3</sup>/s;

H<sub>m</sub> = altura manométrica, m;

r = rendimento da máquina, %

Admitindo um rendimento de 40%, a potência elétrica será:

$$P = \frac{(998 x 0,0001389 x 11,85)}{(75 x 0,4)}$$

$$P = 0,054 \text{ HP}$$

O baixo valor obtido para a potência do motor está associado ao projeto que é para atender uma instalação muito pequena, uma caixa d'água de 1000 L. Escolhemos uma potência de 0,5 HP, a menor oferecida pelo mercado, fabricante KSB por exemplo.

Dados essenciais para a escolha da bomba no mercado:

Q = 0,00833 m<sup>3</sup>/s = 0,5 m<sup>3</sup>/h ou 8,33 L/s ; D<sub>r</sub> = 1"; H<sub>m</sub> = 11,85m e P = 0,5 HP

#### 6.2.4 Escolha da Bomba

O fabricante escolhido para o projeto foi a KSB Bombas Hidráulicas S.A. e consultando o catálogo e para uso desse trabalho será utilizada a bomba KSB Hydrobloc da linha P.

As bombas Hydrobloc da linha P, representada na figura 22, são compactas, robustas, silenciosas, de fácil operação e manutenção, sendo especialmente utilizada em projetos

domésticos e industriais onde são recomendadas para bombear água para irrigação e armazenamento em reservatórios superiores.

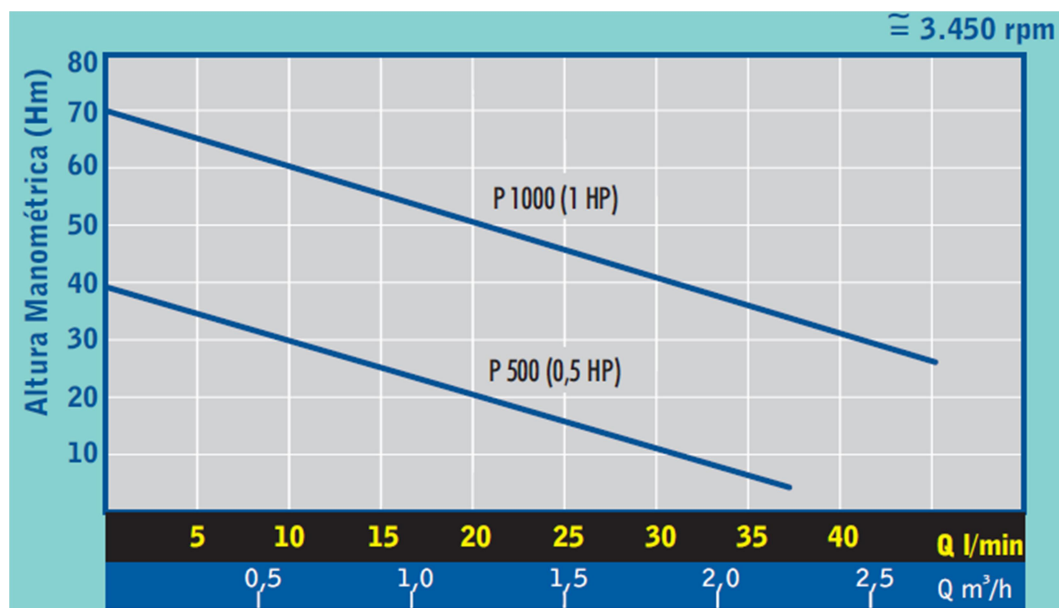
Figura 22 – KSB Hydrobloc – Linha P



Fonte: KSB (2019).

Na figura 23 pode-se observar a curva característica das bombas P500 e P1000. Com a altura manométrica total de cerca de 11,85 metros e vazão de  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  será escolhida a bomba P500 para o projeto.

Figura 23 – Curva característica das Hydrobloc P500 e P1000



Fonte: KSB (2019).

## 7 CONCLUSÃO

Através do presente trabalho foi analisado o potencial de aproveitamento de água das chuvas por meio da implantação de um sistema de coleta e distribuição dessa água para fins não potáveis no Campus de Guaratinguetá – UNESP.

Este trabalho teve alguns pontos complexos. Inicialmente, foram pesquisados métodos de dimensionamento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e, para avaliação do potencial de água que poderia ser reutilizado, teve a necessidade de coleta da série de dados pluviométricos da região. Foi constatado haver potencial para ter parte do consumo de água atual substituído pelo sistema de água de chuva.

Em seguida, foi a escolha da área de captação de água. Após visita técnica para averiguar o abastecimento de água da faculdade foi descoberto que seu abastecimento é na maioria por extração de poços artesianos. Com isso, o custo de conta da concessionária de abastecimento local se dá apenas pelo uso de esgoto. Com isso, foi descartada a possibilidade de economia financeira em longo prazo. Neste momento, o projeto foi focado no abastecimento sustentável de um bloco que hoje não possui abastecimento de água.

O Bloco III foi escolhido para o desenvolvimento desse trabalho por não ter estrutura de abastecimento e apresenta necessidade da construção de banheiros para suprir uma demanda dos alunos e funcionários que frequentam e utilizam o bloco diariamente.

Foi estimado um volume de aproximadamente 91.700 L/mês de água captado pelo telhado do bloco 3. Para o dimensionamento do reservatório inferior com a finalidade de estocar essa água, foi considerado uma demanda de 27.500 L/mês para fins não potáveis, foi dimensionado um reservatório de 20.000 L pelo método de Rippl e alemão que consideram o armazenamento de água para suprir os meses de estiagem e não estocam todo o volume que poderia ser captado. Foram escolhidos esses dois métodos pelas limitações das obras e instalações da faculdade. Foi selecionada a bomba da KSB linha P-500.

Este trabalho conseguiu atender o objetivo principal que foi o uso sustentável da água. E dentro deste contexto, possibilita a reflexão de que a demanda por água só tende a aumentar e, se seu consumo não for de modo consciente, será muito em breve um recurso escasso, caminhando para tornar uma commodity, com consequências desastrosas para a sociedade.

## REFERÊNCIAS

ACQUASAVE. **Acquasave**: sistema inteligente de aproveitamento da água de chuva para usos residencial e industrial. Disponível em: <http://acquasave.com.br/>. Acesso em: 13 abr. 2019.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Água no mundo**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acesso em: 23 out. 2018a.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=6>. Acesso em: 23 out. 2018b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água da chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Pluviometro automáticos**. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/pluviometros-automatico/>. Acesso em: 23 set. 2018.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1982.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Banco de dados hidrológicos**. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>. Acesso em: 15 nov. 2018.

FORTLEV. **Guia de instalação tanque forte plus**. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/produto/tanque-fortplus/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água de chuva**. Curitiba: Organic Trading, 2002.

HIDRO BRASIL. **Hidro Brasil soluções ambientais Ltda**. Disponível em: <http://www.hidrobrasil.com.br>. Acesso em: 15 jan. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 15 jan. 2019.

MACHADO, C. J. S. Descrição e análise das relações entre gestão de água doce e exercício da cidadania no Brasil contemporâneo. In: MINAYO, M.C.S.; COIMBRA JÚNIOR, C.E.A. (org). **Críticas e atuantes**: ciências sociais e humanas em saúde na América Latina. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2005. 708 p.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARQUES, M.C. **Planta administrativa – UNESP Guaratinguetá**. 2018. Departamento de Engenharia Civil, UNESP, Guaratinguetá, 2018

MORAN, J.M.; MORGAN, M. D. **Meteorology**: atmosphere and the science of weather. New York: MacMillan, 1989.

MOREIRA, Giuliana. **Dia mundial da água 2019**: não deixar ninguém para trás. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/artigo-dia-mundial-da-agua-2019-nao-deixar-ninguem-para-tras/>. Acesso em: 29 mar. 2019.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA**. 2009. 207 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2009.

SCHERER, F. A. **Uso racional da água em escolas públicas**: diretrizes para secretarias de educação. 2003. 256 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SEMPRESUSTENTAVEL. **Minicisterna**. Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>. Acesso em: 16 abr. 2019.

SHIKLOMANOV, I. A. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**: assesmtment of water resources and water availability in the world. Geneva: WMO, 1997. p. 85.

SILVA, J.U.L. **Evolução dos dados meteorológicos na região de Guaratinguetá**: uma continuidade. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

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

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade / ABHR, 1997. 943 p. (Coleção ABHR de recursos hídricos, v. 4).

UNESP – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. **Unesp 40 anos**: anuário estatístico 2016. Disponível em: <https://www2.unesp.br/portal#!/unesp-40-anos/faculdades-e-institutos/guaratingueta---feg/>. Acesso em: 10 mar. 2019.

UNITED NATIONS (UN). Human Rights Council. **UN Resolution 15/9**: human rights and access to safe drinking water and sanitation. Washington: UN, 2010.

UNITED NATIONS (UN). Human Rights Council. **UN Resolution 64/292**: the human right to water and sanitation. Washington: UN, 2010.

VERA, V. **Feg como você nunca viu antes!** [Publicação Facebook] Guaratinguetá, 2017. Disponível em:  
[https://m.facebook.com/story.php?story\\_fbid=10213859471537443&id=1127703921](https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=10213859471537443&id=1127703921).  
Acesso em: 20 abr. 2019.