

**FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO PALMÉRIO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

JUCIELE VILELA MARTINS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO NA FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO
PALMÉRIO, MONTE CARMELO-MG.**

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

JUCIELE VILELA MARTINS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO NA FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO
PALMÉRIO, MONTE CARMELO-MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil, da Faculdade de Ciências
Humanas e Sociais da Fundação
Carmelitana Mário Palmério –
FUCAMP, para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Emiliano Silva
Costa

**MONTE CARMELO – MG
DEZEMBRO / 2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que tem iluminado meu caminho, me dado forças para nunca desistir dos meus objetivos e por ter conseguido chegar até aqui.

A minha família, meu pai Geraldo, minha mãe Aparecida, e meu irmão Leandro, alicerces de princípios e valores indispensáveis nesta trajetória, sem o apoio e incentivo deles nenhuma conquista teria o mesmo significado.

Agradeço também a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para meu melhor conhecimento nesta importante etapa de formação e em diversas as áreas da engenharia, em especial ao meu Coordenador Professor Emiliano Silva Costa que muito me ajudou e contribui para a construção deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

A água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida, e seu uso está condicionado à muitas atividades de grande importância para os seres vivos. Embora esse recurso seja abundante no planeta Terra, sua maior parte é imprópria para o consumo humano, fato que ressalta a importância da utilização de ferramentas que maximizem seu aproveitamento. Assim, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da reutilização da água pluvial para fins não potáveis, por meio de um sistema de captação e dimensionamento de reservatório, utilizando o método de Rippl, buscando garantir o abastecimento de água tanto no período chuvoso quanto no período seco, gerando a economia de água potável e de recursos financeiros para a Instituição de Ensino Superior. Foi demonstrado por meio do dimensionamento que o método escolhido é viável para redução da quantidade de água potável utilizada para fins que não exijam potabilidade, sendo a água captada utilizada nas bacias sanitárias, rega de jardim e na limpeza dos pisos da Instituição. Sendo assim, conclui-se que contribuindo diretamente na preservação dos recursos hídricos e conscientização dos alunos, funcionários, professores e da população em geral o objetivo proposto poderá ser alcançado.

PALAVRAS-CHAVE: Água pluvial. Reaproveitamento. Chuva.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema de aproveitamento de água da chuva	14
Figura 2 - Fundação Carmelitana Mário Palmério - FUCAMP	16
Figura 3 – Área de jardim da instituição	16
Figura 4 – Corredores dos blocos	17
Figura 5 - Localização da estação pluviométrica utilizada no estudo	23
Figura 6 - Intensidade pluviométrica.....	24
Figura 7 - Volume de chuva mensal.....	24
Figura 8 - Consumo de água não potável em meses letivos e férias	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Planilha de cálculo do consumo de água mensal do vaso sanitário	18
Tabela 2 - Planilha de cálculo do consumo de água mensal da limpeza	19
Tabela 3 – Planilha de cálculo do consumo mensal de irrigação	20
Tabela 4 - Método de Rippl	21
Tabela 5 - Planilha de cálculo do consumo de água mensal	25
Tabela 6 – Planilha de cálculo do consumo mensal de limpeza	26
Tabela 7 – Planilha de cálculo do consumo mensal de rega de jardim	26
Tabela 8 – Dimensionamento do Reservatório pelo Método de Rippl	28
Tabela 9 – Dimensionamento do reservatório	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURAS

m	Metro
mm	Milímetro
km	Quilômetro

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IES	Instituição de Ensino Superior
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
FUCAMP	Fundação Carmelitana Mário Palmério
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO GERAL.....	11
1.1.1 Objetivos específicos.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA.....	11
2.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	12
3 METODOLOGIA	15
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
3.2 ÁREA DE ESTUDO	15
3.3 OBJETO DE ESTUDO	15
3.4 LEVANTAMENTO DOS DADOS	17
3.4.1 Área de cobertura.....	17
3.4.2 Dados pluviométricos	17
3.4.3 Dados de consumo de água	18
3.4.3.1 Vaso Sanitário	18
3.4.3.2 Limpeza.....	19
3.4.3.3 Rega de jardim	19
3.5 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS	22
4.2 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA	25
4.2.1 Vaso sanitário	25
4.2.2 Limpeza	25
4.2.3 Rega de jardim.....	26
4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	27
4.3.1 Reservatório com volume máximo de reservação.....	28
4.3.2 Reservatório com dois terços do volume máximo de reservação.....	29
4.3.3 Reservatório com um terço do volume máximo de reservação.....	29
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos no planeta são limitados, e imprescindíveis à vida, sendo um importante fator na realização de diversas atividades.

Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% é de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontram-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2006). Dessa forma, se faz necessário o desenvolvimento de alternativas para economizar água potável e utilizar técnicas de aproveitamento da água pluvial, a qual possui um grande potencial de reuso, mas acaba sendo desperdiçada por muitos (TOMAZ, 2011).

Diante desse cenário apresentado, e considerando a parcela de água doce disponível para o consumo humano, surge um fator preocupante na utilização dos recursos hídricos, que é o alto crescimento populacional e que conseqüentemente aumenta o consumo de água potável o que causa redução na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. Outro fator preocupante é o desperdício de água potável, resultante do uso irresponsável dos aparelhos sanitários, sistemas de irrigação e problemas nas instalações hidráulicas que aumentam o consumo de água potável de forma considerável (MARINOSKI, 2007).

Sabe-se que a água potável é utilizada em quase todas as atividades, sendo assim, avaliando esse aspecto do uso da água em um cenário menor, e voltado para as edificações, observa-se que o abastecimento das mesmas poderiam ser seletivos, onde seria utilizada água de qualidade não potável para atividades de utilização indireta, como nas descargas sanitárias, na limpeza de pisos e rega de jardim.

Nesse sentido, a conscientização da população sobre o uso racional da água e das providências a serem tomadas para melhor aproveitamento destes recursos é de extrema importância, gerando economia de recursos.

Diante do exposto, nota-se que é necessário desenvolver projetos de engenharia sustentáveis que motivam a redução do consumo de água potável de forma a preservar e conservar os recursos hídricos disponíveis. Sendo assim, surge a água pluvial, que além de poupar o uso da água potável, pode ainda atenuar o escoamento superficial, que conseqüentemente previne às inundações e poluição dos recursos hídricos.

Segundo Jabur et al. (2011), existem muitos benefícios oferecidos pela utilização da água pluvial, como:

- A água pluvial é gratuita, apenas há custos no projeto de captação (The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005 apud JABUR, 2011);
- A redução do escoamento superficial nas áreas urbanas, pois parte da água pluvial é coletada, armazenada e utilizada nas edificações;
- A conservação da água de qualidade para fins nobres, como as águas subterrâneas;
- Reserva de água em caso de situação de emergências (FRENDICH; OLIYNIK, 2002 apud JABUR, 2011);
- Acessibilidade para as comunidades carentes ou regiões de secas em contato com água para uso.

Assim, o aproveitamento de água pluvial apresenta soluções que contribuem para uso racional da água, gerando a economia de água tratada e conservando os recursos hídricos para as gerações futuras. A implantação dos sistemas de aproveitamento da água pluvial gera vantagens econômicas, e benéficas ao meio ambiente, pois utilizando água captada para fins não potáveis possibilita um melhor aproveitamento de água potável minimizando a falta de água, reduzindo o consumo indevido e o custo elevado da água potável.

A captação e utilização de águas pluviais em regiões urbanas, para fins não potáveis, apresentam-se como uma alternativa viável e contribui para a economia de água potável. Assim, justifica-se a realização de pesquisas nessa área por apresentar um modelo de aproveitamento de águas pluviais que proporcione uma economia financeira e ajude a preservar os recursos hídricos, incentivando a adoção do sistema (COHIM et al., 2008).

O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema repartido de abastecimento de água, e tem o objetivo de preservar os recursos hídricos. Esse sistema além

de reduzir o custo, também evita que a água potável seja usada em situações que não exijam potabilidade.

Desse modo, a realização deste trabalho justifica-se ainda por apresentar um estudo de aproveitamento de águas pluviais buscando economia financeira, além de incentivar a adoção do sistema nos diversos setores visando preservar os recursos hídricos.

1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo sobre o aproveitamento da água pluvial, dimensionar um reservatório capaz de armazenar água para o consumo em um determinado período e propor a implantação do sistema de aproveitamento na Fundação Carmelitana Mário Palmério (FUCAMP), localizada na cidade de Monte Carmelo-MG, visando à economia de água potável na Instituição.

1.1.1 Objetivos específicos

- Quantificar a demanda de água não potável consumida na Instituição;
- Realizar o levantamento dos dados necessários para o estudo;
- Dimensionar o reservatório de armazenamento de água não potável por meio de métodos indicados para esse tipo de estudo, os quais consideram a disponibilidade de água da chuva e a sua demanda.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA

Atualmente vários países enfrentam o problema da escassez da água, em decorrência do desenvolvimento desordenado das cidades, da poluição dos recursos hídricos, do crescimento populacional e industrial, que geram um aumento na demanda pela água, provocando uma redução na disponibilidade desse recurso (BONA, 2014).

Segundo Tucci et al. (2001) os recursos hídricos superficiais disponíveis no Brasil representam 50% dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais; entretanto, em virtude da grande dimensão do país e da grande variabilidade climática existente, a distribuição dos recursos hídricos é bastante desigual, sendo 71% da disponibilidade hídrica encontrada na Amazônia, que é habitada por menos de 5% da população brasileira. Conseqüentemente, apenas 29% dos recursos hídricos estão disponíveis em uma região habitada por 95% da população brasileira.

O aspecto importante a cerca dos recursos hídricos que é a desigualdade com que o mesmo se distribui nas regiões do mundo, e que no Brasil a desigualdade na distribuição desse recurso é bastante acentuada, conseqüentemente provoca inúmeros conflitos pelo seu uso.

A cerca dos problemas que envolviam os recursos hídricos, em específico a partir da década de 70 foram evidenciados por Tucci et al. (2001), os quais descrevem que as ocorrências de conflitos de uso da água geraram as primeiras discussões nos meios acadêmicos e técnico-profissionais sobre o tema. Os conflitos envolviam não só setores usuários distintos, como também os interesses de unidades político-administrativas distintas (Estados e Municípios).

Diante dos conflitos observados a acerca da utilização dos recursos hídricos, alternativas vem sendo criadas a fim de ameniza-los. Tais alternativas abordam os usos alternativos, como por exemplo, o aproveitamento da água da chuva em residências. Além das residências, outros segmentos da sociedade também começam a olhar com interesse para o aproveitamento da água da chuva. Indústrias, instituições e até mesmo estabelecimentos comerciais. Um exemplo são os lava-jatos abastecidos com a água da chuva visando tanto o retorno da economia de água potável quanto o retorno publicitário, se intitulando como indústrias e estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG, 2003 apud BONA, 2014).

2.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

De acordo com Cohim et al. (2008) um sistema de captação e utilização de água de chuva é composto de:

- Superfície de captação: Telhados, pátios e outras áreas impermeáveis podem ser utilizados como superfície de captação. O tamanho desta está diretamente relacionado ao

potencial de água de chuva possível de ser aproveitada, enquanto isso, o material da qual é formada influenciará na qualidade da água captada e nas perdas por evaporação e absorção. Os telhados são mais utilizados para captação devido a melhor qualidade da água que este fornece.

- Calhas e Tubulações: Utilizados para transportar a água da chuva coletada, podem ser encontrados em diversos materiais, porém os mais utilizados são em PVC e metálicos (alumínio e aço galvanizado). Toda a tubulação que fizer parte desse sistema deve estar destacada com cor diferente e avisos de que essa conduz água de chuva evitando, assim, conexões cruzadas com a rede de água potável.

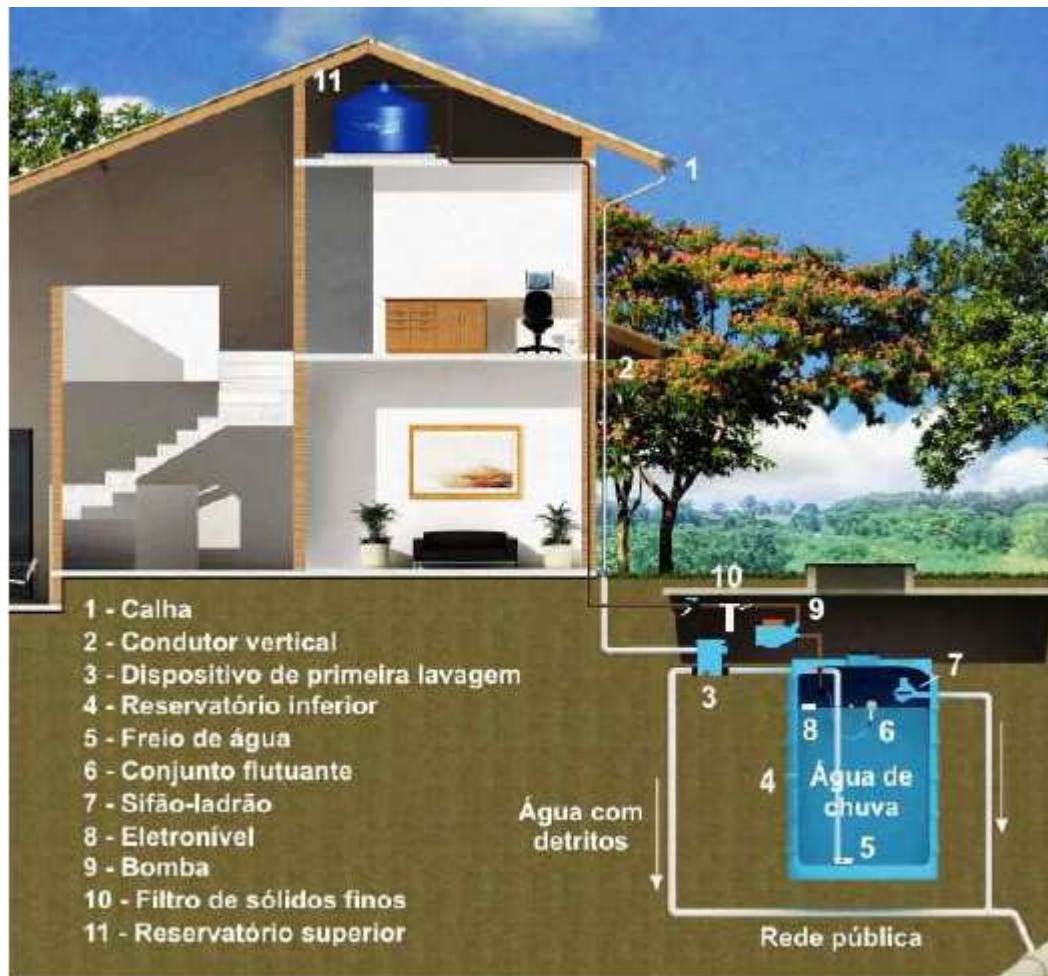
- Tratamentos: O tipo e a necessidade de tratamento das águas pluviais dependerão da qualidade da água coletada e do seu destino final. As concentrações de poluentes, galhos e outras impurezas nas águas pluviais são maiores nos primeiros milímetros da chuva, assim recomenda-se a não utilização destes, diversos dispositivos já foram desenvolvidos e testados com este objetivo.

- Bombas e sistemas pressurizados: Estes dispositivos são usados quando os pontos de utilização estão em cotas superiores a do nível de água no reservatório principal. Porém vale ressaltar que durante a concepção do sistema de aproveitamento de água pluvial deve-se buscar a utilização de reservatórios elevados e o encaminhamento da água coletada diretamente para este, quando possível evitando o bombeamento e aumentando assim a eficiência energética do sistema.

- Reservatórios: Estes podem ser enterrados, apoiados ou elevados. Diversos materiais podem ser utilizados na fabricação dos reservatórios, sendo, portanto, necessário avaliar em cada caso aspectos como: capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo, disponibilidade local.

Na Figura 1 está apresentado um sistema para captação de água da chuva com representação de seus componentes.

Figura 1 - Sistema de aproveitamento de água da chuva



Fonte: ROCATHERM (2011 apud LOPES, 2012).

Ainda, de acordo com a Figura 1, Lopes (2012) explica que a montagem do sistema necessita de uma área de captação, calhas que suportem o fluxo intenso de águas, condutores verticais, dispositivos de primeira lavagem para descarte dos primeiros milímetros de chuva, reservatório inferior com dimensões adequadas à quantidade de água captada, freio d'água capaz de diminuir a velocidade com que a água entra no reservatório inferior, sifão-ladrão para retirar o excesso de chuva do reservatório inferior, conjunto flutuante para succionar água mais limpa encontrada na superfície do reservatório inferior, filtro para retirada dos sólidos finos, bomba capaz de conduzir a água do reservatório inferior para o reservatório superior e reservatório superior com dimensões suficientes para atender a demanda.

A água da chuva depois de coletada e filtrada é armazenada no reservatório e está pronta para ser utilizada em diversas finalidades como: bacias sanitárias, limpeza dos ambientes, lavagem

de roupas e irrigação de jardins. Lopes (2012) ressalta que é importante salientar que esse sistema pode funcionar de modo perfeitamente integrado com a rede convencional de abastecimento de água, sendo necessário prever reservatórios separados para que não haja mistura de águas com qualidades diferentes.

3 METODOLOGIA

A seguir está apresentada a sequência metodológica utilizada na realização deste trabalho.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para análise do aproveitamento de água não potável na Fundação Carmelitana Mário Palmério por meio de um sistema de captação de água pluvial foi desenvolvida uma metodologia que se configura nas seguintes etapas: área de estudo, objeto de estudo, levantamento dos dados necessários para realização da pesquisa (área de cobertura, dados pluviométricos e consumo da água) e dimensionamento dos sistemas de captação e distribuição.

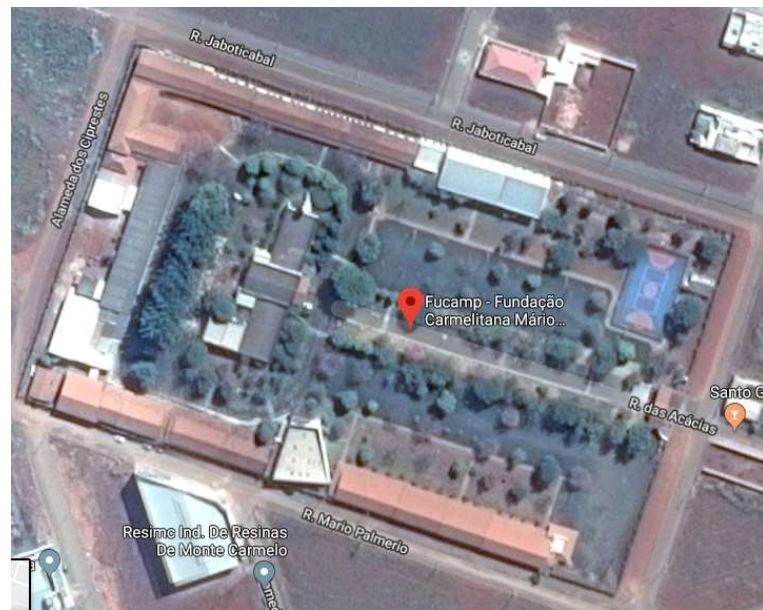
3.2 ÁREA DE ESTUDO

O município de Monte Carmelo situado no Estado de Minas Gerais tem aproximadamente 45.772 habitantes com área de 1.343,035 Km² (IBGE, 2010). Monte Carmelo tem com principal atividade econômica a produção de telhas, tijolos, artefatos cerâmicos e produção de café. Nos últimos tempos, a cidade de Monte Carmelo conta com instituições de ensino superior como, a Fundação Carmelitana Mário Palmério (FUCAMP) e um campus da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

3.3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho denomina-se Fundação Carmelitana Mário Palmério (FUCAMP) cujo campo está apresentado na Figura 2. A FUCAMP é uma Instituição de Ensino Superior (IES) fundada no ano 2000 e atua nas áreas de graduação, pós-graduação e extensão. Atualmente a Instituição conta com aproximadamente 2.200 alunos, sendo alunos da própria cidade e de cidades da região.

Figura 2 - Fundação Carmelitana Mário Palmério - FUCAMP



Fonte: Google Earth (2018).

As instalações da IES possuem grandes extensões, que incluem jardins e corredores e exigem um elevado consumo de água para sua manutenção. A Figura 3 apresenta parte de sua área de jardim.

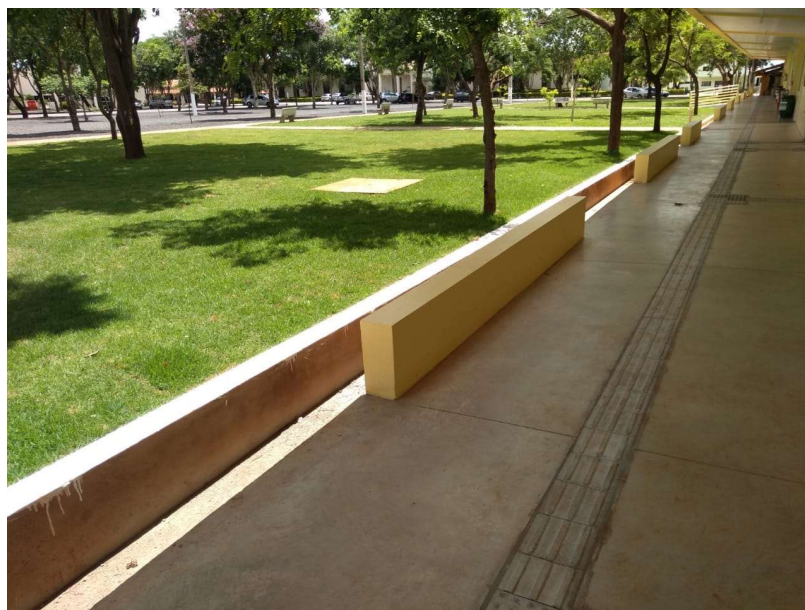
Figura 3 – Área de jardim da instituição



Fonte: A autora (2018).

Os corredores se estendem por toda IES proporcionando a integração entre os blocos dos cursos e outras separações que a Instituição possui. A Figura 4 apresenta a forma de disposição dos mesmos, que demandam a utilização de grande quantidade de água para sua limpeza.

Figura 4 – Corredores dos blocos



Fonte: A autora (2018).

3.4 LEVANTAMENTO DOS DADOS

O levantamento dos dados foi realizado em três etapas, sendo a primeira etapa a obtenção da área de cobertura, a segunda a aquisição dos dados pluviométricos e a terceira etapa consistiu no levantamento dos dados de consumo na Instituição.

3.4.1 Área de cobertura

O levantamento da área de cobertura foi feito conforme prescreve a NBR 10844/1989, com o auxílio do software AutoCAD e levantamentos *in loco*. Nessa fase levou-se em conta a projeção horizontal, os incrementos devido à inclinação e os incrementos devido às paredes laterais. O projeto foi fornecido pela própria Instituição.

3.4.2 Dados pluviométricos

A série de dados pluviométricos foi adquirida por meio de uma estação pluviométrica localizada na região estudada.

3.4.3 Dados de consumo de água

Por se tratar de água não potável, a água captada da chuva pode ser utilizada para usos secundários, caso haja captação suficiente o seu aproveitamento na IES será possível nas bacias sanitárias, na limpeza de pisos e rega de jardim.

Os dados de consumo de água foram levantados com base na literatura e com base em informações fornecidas pela própria Instituição.

3.4.3.1 Vaso Sanitário

O consumo mensal de água do vaso sanitário foi calculado em três níveis: alunos, funcionários e professores como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Planilha de cálculo do consumo de água mensal do vaso sanitário

Nível	Aparelho	Taxa (l/descarga)	Frequência (descarga/dia. hab)	População (hab.)	Consumo diário (l/dia)	Consumo mensal (m ³ /mês)
-------	----------	----------------------	--------------------------------------	---------------------	------------------------------	--

Fonte: Autora (2018).

Sendo assim o consumo mensal do vaso sanitário é calculado pela Equação 1.

$$Consumo_{mensal} = \frac{Taxa \times Frequência \times População \times Consumo_{diário} \times Dias}{1000} \quad (1)$$

Em que:

Consumo mensal = Volume de água consumido pelo vaso sanitário em um mês (l/mês)

Taxa = Taxa de descarga do vaso sanitário (descarga/dia. hab);

População = Quantidade de alunos, funcionários e professores da Instituição (hab.);

Consumo diário = Volume de água consumo diariamente em cada nível (l/dia);

Dias = Quantidade de dias trabalhados mensalmente;

3.4.3.2 Limpeza

O consumo mensal de água destinada à limpeza foi calculado como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Planilha de cálculo do consumo de água mensal da limpeza

Taxa (l/dia. m²)	Área total de limpeza (m²)	Frequência mensal (vezes/mês)	Consumo diário (l/dia)	Consumo mensal (m³/mês)
--	--	--	---------------------------------------	---

Fonte: Autora (2018).

Sendo assim o consumo diário da limpeza da instituição é calculado pela Equação 2.

$$\text{Consumo}_{\text{diário}} = \text{Taxa} \times \text{Área} \quad (2)$$

Em que:

Consumo diário = Volume de água consumido diariamente (l/dia);

Taxa = Taxa de consumo de água na limpeza (l/dia. m²);

Área = Área de limpeza (m²);

O consumo mensal da limpeza é calculado pela Equação 3:

$$\text{Consumo}_{\text{mensal}} = \text{Consumo}_{\text{diário}} \times \text{Frequência} \quad (3)$$

Em que:

Consumo mensal = Volume de água consumido na limpeza em um mês (m³/mês)

Consumo diário = Volume de água consumo diariamente (l/dia);

Frequência = Frequência mensal de limpeza (vezes/mês);

3.4.3.3 Rega de jardim

O consumo mensal de irrigação é calculado de forma similar ao consumo de limpeza como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Planilha de cálculo do consumo mensal de irrigação

Taxa (l/dia.m²)	Área total do jardim (m²)	Frequência mensal (vezes/mês)	Consumo diário (l/dia)	Consumo mensal (m³/mês)
---------------------------------------	---	--	-----------------------------------	---

Fonte: Autora (2018).

O consumo diário de irrigação na instituição é calculado pela Equação 4.

$$Consumo_{diário} = Taxa \times Área \quad (4)$$

Em que:

Consumo diário = Volume de água consumido diariamente (l/dia);

Taxa = Taxa de consumo de água em irrigação (l/dia. m²);

Área = Área de irrigação (m²);

O consumo mensal da irrigação é calculado pela Equação 5:

$$Consumo_{mensal} = Consumo_{diário} \times Frequência \quad (5)$$

Em que:

Consumo mensal = Volume de água consumido pela irrigação em um mês (m³/mês)

Consumo diário = Volume de água consumo diariamente (l/dia);

Frequência = Frequência mensal de irrigação (vezes/mês);

3.5 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

O reservatório foi dimensionado por meio do método de Rippl (Tabela 4) utilizando a série histórica de precipitações de forma a garantir o abastecimento de água tanto no período chuvoso quanto no período seco (TOMAZ, 2011).

Tabela 4 - Método de Rippl

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre a Demanda e o Volume Mensal (m ³)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Obs.

Fonte: TOMAZ (2011).

Sendo:

Coluna 1 – Período de tempo (Janeiro a Dezembro)

Coluna 2 – Média mensal em milímetros da região estudada

Coluna 3 – Demanda mensal constante, em metros cúbicos, do empreendimento analisado

Coluna 4 – Área de projeção do telhado no terreno, em metros quadrados

Coluna 5 – Nesta coluna será calculado o volume de água captado mensalmente, expresso pela seguinte equação: $Coluna\ 5 = Coluna\ 2 \times Coluna\ 4 \times 0,80 / 1000$

Coluna 6 – Nesta coluna estarão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuvas mensais. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível, o cálculo está expresso pela seguinte equação: $Coluna\ 6 = Coluna\ 3 - Coluna\ 5$.

Coluna 7 – Retorna as diferenças acumuladas da Coluna 6, considerando somente valores positivos.

Coluna 8 – Coluna usada para definir o comportamento do reservatório mensalmente:

E = água escoando pelo extravasor;

D = nível de água baixando e

S = nível de água subindo.

Sendo assim, para determinar o volume do reservatório foi definido analisando o comportamento da Coluna 7. Se na Coluna 7 não tiverem valores será adotado como volume a demanda mensal.

Caso os valores da Coluna 7 forem superiores a soma dos valores negativos da coluna 6 será feito um estudo de reservação para a máxima reservação possível visto que o consumo de água

em vaso sanitário, lavagem e rega de jardim em Instituição de Ensino Superior é elevado devido à quantidade de alunos, funcionários, professores e a grande área ocupada. Caso necessário, no referido estudo será feito considerando o volume máximo, 2/3 (dois terços) do volume máximo e 1/3 (um terço) do volume máximo.

A Equação 6 mostra o cálculo para o reservatório com 2/3 do volume máximo.

$$V_{res} = \frac{V_{máximo} \times 2}{3} \quad (6)$$

Em que:

V_{res} = Volume do reservatório com 2/3 do volume máximo (m³);

$V_{máximo}$ = Volume máximo encontrado no Método de Rippl (m³).

A Equação 7 mostra o cálculo para o reservatório com 1/3 do volume máximo.

$$V_{res} = \frac{V_{máximo}}{3} \quad (7)$$

Em que:

V_{res} = Volume do reservatório com 1/3 do volume máximo (m³);

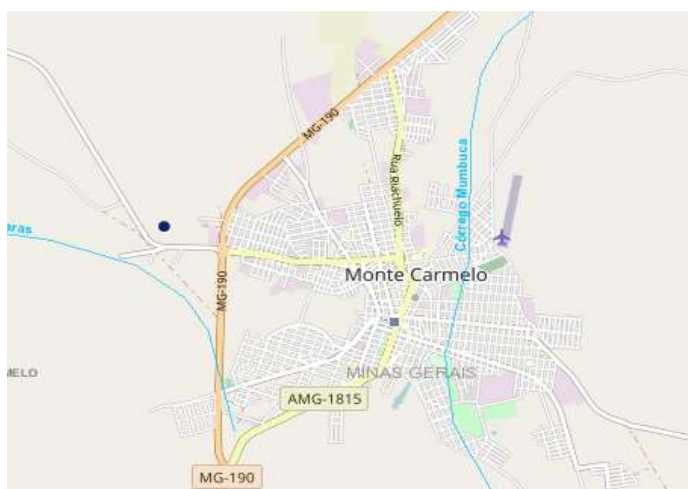
$V_{máximo}$ = Volume máximo encontrado no Método de Rippl (m³).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para a análise dos dados pluviométricos realizou-se o levantamento da série histórica de chuvas na região de Monte Carmelo. Devido a pouca disponibilidade de estações pluviométricas, utilizou-se apenas uma, a qual foi identificada mais próxima da área estudada, cuja localização pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 - Localização da estação pluviométrica utilizada no estudo



Fonte: HIDROWEB (2018).

A estação pluviométrica utilizada é operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e possui com o código 1847000, localizada no município de Monte Carmelo-MG (Quadro 1).

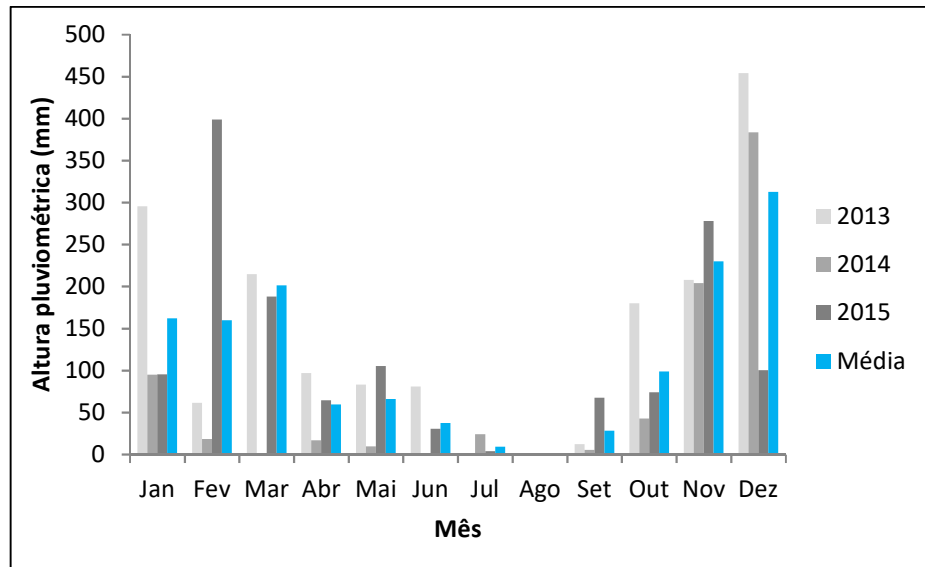
Quadro 1 – Dados pluviométricos das chuvas e médias mensais referentes aos anos 2013, 2014 e 2015

Mês/Ano	2013	2014	2015	Média aritmética
Jan	295,30	94,80	95,50	161,86
Fev	61,60	18,50	398,80	159,63
Mar	214,80	0	188,10	201,45
Abr	97,00	16,70	64,30	59,33
Mai	83,30	9,40	105,30	66,00
Jun	81,00	0,80	30,50	37,43
Jul	0	24,20	3,90	9,36
Ago	0	0,10	0	0,03
Set	12,30	5,20	67,50	28,33
Out	180,00	42,60	74,10	98,90
Nov	207,80	203,90	278,10	229,93
Dez	454,00	383,50	100,40	312,63
Total (mm/ano)	1687,10	799,70	1406,50	1364,90

Fonte: Adaptado de ANA (2016).

De acordo com o Quadro 1 foi realizada a média aritmética mensal das chuvas dos anos 2013, 2014 e 2015 e também a média total as chuvas. Utilizaram-se esses anos por serem os mais recentes disponíveis e com maior consistência nos dados (Figura 6).

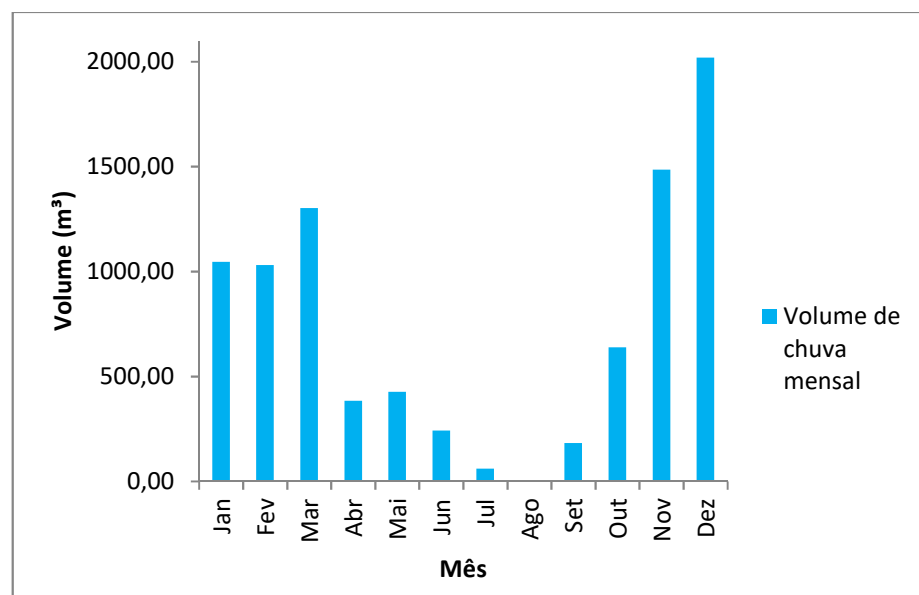
Figura 6 - Intensidade pluviométrica



Fonte: Autora (2018).

Com a precipitação mensal consegue-se calcular o volume de chuva mensal (Figura 7).

Figura 7 - Volume de chuva mensal



Fonte: Autora (2018).

Observa-se na Figura 7 que os meses de novembro a março são os meses que possuem maior volume de chuva. Sendo assim esse período será fundamental para a reservação da água pluvial.

4.2 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA

Os dados de consumo de água foram levantados conforme descrito em 3.4.3 considerando o vaso sanitário, limpeza e rega de jardim.

4.2.1 Vaso sanitário

O consumo de água mensal do vaso sanitário foi calculado conforme descrito na Equação 1 considerando os três níveis: alunos, funcionários e professores.

Os dados de taxa de descarga e a frequência foram obtidos em Tomaz (2009) e a Tabela 5 mostra o cálculo realizado.

Tabela 5 - Planilha de cálculo do consumo de água mensal

Nível	Aparelho	Taxa (l/descarga)	Frequência (descarga/dia. hab.)	População (hab.)	Consumo diário (l/dia)	Consumo mensal (m ³ /mês)
Alunos	Vaso Sanitário	9	2	2200	39.600,00	871,20
Funcionários			5	75	3.375,00	74,25
Professores			2	45	810,00	17,82

Fonte: Autora (2018).

Na Tabela 5 pode-se observar então que devido à quantidade maior de alunos a Instituição tem um alto consumo nos meses letivos.

4.2.2 Limpeza

O consumo mensal de água destinado à limpeza da Instituição foi calculado por meio da Equação 2. A taxa de consumo de limpeza adotada foi obtida em Tomaz (2009) e os dados sobre a frequência mensal de limpeza foi obtida por meio da Instituição (Tabela 6).

Tabela 6 – Planilha de cálculo do consumo mensal de limpeza.

Taxa adotada (l/dia. m²).	Área total de limpeza (m²)	Frequência mensal (vezes/mês)	Consumo diário (l/dia)	Consumo mensal (m³/mês)
2	8.074,11	12	16.148,22	193,77

Fonte: Autora (2018).

4.2.3 Rega de jardim

O consumo mensal de água utilizada na rega de jardim na Instituição foi calculado por meio da Equação 3. A taxa de consumo de limpeza adotada foi obtida em Tomaz (2009) e a frequência mensal de limpeza foi obtida na Instituição (Tabela 7).

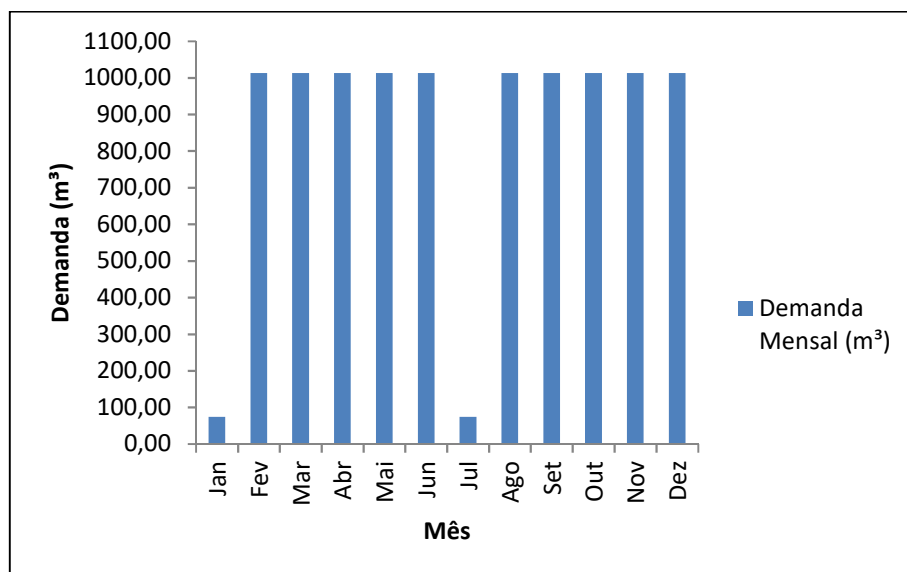
Tabela 7 – Planilha de cálculo do consumo mensal de rega de jardim

Taxa adotada (l/dia. m²)	Área total do jardim (m²)	Frequência mensal (vezes/mês)	Consumo diário (l/dia)	Consumo mensal (m³/mês)
2	959,00	12	1.918,00	23,01

Fonte: Autora (2018).

Analisando os resultados obtidos nas Tabelas 5, 6, e 7 pode-se calcular o consumo mensal de meses letivos e férias na Instituição como mostra a Figura 8 sabendo-se que nas férias somente os funcionários consomem água.

Figura 8 - Consumo de água não potável em meses letivos e férias



Fonte: Autora (2018).

Nota-se na Figura 8 que a diferença entre os meses letivos e férias é de 721,46 m³ o que acarretará num potencial armazenamento de água no mês de Janeiro que o consumo é baixo e a precipitação é alta.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

O reservatório foi dimensionado por meio do método de Rippl, utilizando a série histórica de precipitações de forma a garantir o abastecimento de água tanto no período chuvoso quanto no período seco. O método de Rippl consiste num balanço de massa, podendo ser utilizados dados de precipitação mensal ou diário. Tal método consiste no preenchimento da Tabela 8.

Tabela 8 – Dimensionamento do Reservatório pelo Método de Rippl

1	2	3	4	5	6	7	8
Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre a Demanda e o Volume Mensal (m ³)	Diferença Acumulada da Col. 6 dos valores positivos (m ³)	Obs.
Jan	161,87	291,04	8.074,11	1045,54	-754,50		
Fev	159,63	1.012,50	8.074,11	1031,12	-18,62		
Mar	201,45	1.012,50	8.074,11	1301,22	-288,72		
Abr	59,33	1.012,50	8.074,11	383,25	629,25	629,25	D
Mai	66,00	1.012,50	8.074,11	426,31	586,19	1.215,44	D
Jun	37,43	1.012,50	8.074,11	241,79	770,71	1.986,14	D
Jul	9,37	291,04	8.074,11	60,50	230,54	2.216,69	D
Ago	0,03	1.012,50	8.074,11	0,22	1.012,28	3.228,97	D
Set	28,33	1.012,50	8.074,11	183,01	829,49	4.058,46	D
Out	98,90	1.012,50	8.074,11	638,82	373,68	4.432,13	D
Nov	229,93	1.012,50	8.074,11	1485,21	-472,71		
Dez	312,63	1.012,50	8.074,11	2019,39	-1.006,89		

Fonte: Autora (2018).

De acordo com a planilha de dimensionamento nota-se que a Instituição tem uma grande área de captação visto que as coberturas são todas de telhado conforme apresentado na Figura 2. Porém esse alto potencial de reservação não é capaz de reservar toda demanda de 4.432,13 m³, resultado este indicado na Coluna 7.

Sendo assim foram simuladas três possíveis reservatórios para atender a possível demanda. O primeiro reservatório tem o volume máximo de reservação, o segundo reservatório tem 2/3 do volume máximo de reservação e o terceiro tem 1/3 do volume máximo de reservação.

4.3.1 Reservatório com volume máximo de reservação

Somando a diferença entre a demanda e o volume mensal (Coluna 7) da Tabela 8 dos meses de novembro a março nota-se um volume 2.541,44 m³ de extravasão.

Tabela 9 – Dimensionamento do reservatório

Meses	Diferença entre a demanda e o volume mensal (m³)
Nov	472,71
Dez	1.006,89
Jan	754,50
Fev	18,62
Mar	288,72
Total	2.541,44

Fonte: Autora (2018).

Sendo assim esse volume de extravasão pode ser usado para uso nos meses onde há baixa precipitação e alta demanda. Logo o reservatório abasteceria o mês de novembro a meados de mês de agosto totalizando 09 meses sem recorrer à concessionária para uso de água para vaso sanitário, limpeza e rega de jardim.

4.3.2 Reservatório com dois terços do volume máximo de reservação

O reservatório em análise terá um volume de reservação de 1.694,29 m³ calculado pela Equação 6.

Esse reservatório abasteceria o mês de novembro ao mês de maio com um excedente de 478,85 m³ que abasteceria parte do mês de junho totalizando 07 meses sem recorrer à concessionária para uso de água para vaso sanitário, limpeza e rega de jardim.

4.3.3 Reservatório com um terço do volume máximo de reservação

O reservatório em análise terá um volume de reservação de 847,14 m³ calculado pela Equação 7. Esse reservatório abasteceria o mês de novembro ao mês de abril com um excedente de 217,19 m³ que abasteceria parte do mês de maio totalizando 06 meses sem recorrer à concessionária para uso de água destinado ao vaso sanitário, limpeza e rega de jardim.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os estudos realizados neste trabalho, conclui-se que a implantação de um reservatório para acumulação de água não potável em uma Instituição de Ensino Superior, é uma excelente alternativa para a economia de água potável, visto que na Instituição o consumo de água destinada a vaso sanitário, limpeza e rega de jardim tem volumes mensais consideráveis.

Devido o grande volume encontrado no dimensionamento do reservatório, foram propostos três alternativas de reservação: na primeira alternativa o reservatório tem o volume de 2.541,44 m³ e supre nove meses de consumo sem recorrer à concessionária; na segunda alternativa o reservatório tem 1.694,29 m³ e supre o consumo por sete meses; e na última alternativa o reservatório tem 847,14 m³ e supre seis meses. Entre todas essas três alternativas de reservação apresentadas, todas indicam uma economia considerável de água potável.

Outro aspecto relevante neste estudo é que devido à economia de água potável, conseqüentemente há redução de captação de água nas fontes, contribuindo diretamente na preservação dos recursos hídricos e conscientização dos alunos, funcionário, professores e da população em geral.

Sugere-se como trabalhos futuros o dimensionamento do sistema de captação e o estudo da viabilidade econômica da implantação do reservatório na Fundação Carmelitana Mário Palmério.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: <

<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>>. Acesso em: 19 mar 2018.

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

<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>>. Acesso em: 19 mar 2018.

BONA, B. de O. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2014. Disponível em: <

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1365/Bona_Berenice_de_Oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 abr 2018.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva**: dimensionamento de reservatórios. Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008.

HIDROWEB. **Sistema de Informações Hidrológicas**: Séries históricas. 2018. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 14 ago 2018.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 05 jun 2018.

JABUR, A. S.; BENETTI, H. P.; SILIPRANDI, E. M. **Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis**. 2011. Disponível em:

<http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0353_2014.pdf>. Acesso em: 19 mar 2018.

LOPES, G. B. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - SC**. 2007. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2004. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>. Acesso em: 25 abr 2018.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água não potável**. Livros digitais. 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf>. Acesso em: 10 jun 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva**. Livros digitais. 2011. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo09.pdf>. Acesso em: 10 jun 2018.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília, DF: UNESCO, 2001. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001298/129870POR.pdf>> Acesso em: 12 abr 2018.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. 2006. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 25 mar 2018.