

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Bacharelado em Engenharia Hídrica

Thalissa Oliveira Pires Magalhães

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA:

**Projeto piloto em escola de ensino fundamental no município
de Teófilo Otoni – MG**

Teófilo Otoni – MG

2019

Thalissa Oliveira Pires Magalhães

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA:
Projeto piloto em escola de ensino fundamental no município
de Teófilo Otoni – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Francisco César Dalmo

Teófilo Otoni – MG

2019

Thalissa Oliveira Pires Magalhães

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA:

**Projeto piloto em escola de ensino fundamental no município
de Teófilo Otoni – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Hídrica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte dos requisitos parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Francisco César Dalmo

Data de aprovação ____/____/____.

Prof. Francisco César Dalmo
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

Prof^a. Iara Ferreira de Rezende Costa
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

Prof. Luan Brioschi Giovanelli
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

Prof. Alcino de Oliveira Costa Neto
Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia - UFVJM

Teófilo Otoni – MG

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar em toda essa caminhada e me ouvir nos momentos difíceis.

À minha família, por ter investido em mim para que eu pudesse concluir este trabalho.

Aos meus amigos, por me acompanharem nessa jornada.

Ao Professor Francisco César Dalmo, pela orientação, atenção, paciência e dedicação durante este período de estudo.

A todos os participantes do Projeto de Extensão Com-Ciência Hídrica, por toda contribuição disponibilizada para a realização deste trabalho.

À UFVJM, por ter me proporcionado esta experiência.

RESUMO

Este trabalho realiza o estudo do dimensionamento de um reservatório destinado a captar águas pluviais para uma escola do ensino fundamental no município de Teófilo Otoni – MG. A escola está localizada no bairro Jardim São Paulo, mesmo bairro da UFVJM, e conta com 443 consumidores de água. A elaboração deste estudo consiste em visitas *in loco* para o levantamento de dados. Assim como análises do mapa de precipitação da região, determinação do consumo não potável, para buscar a viabilidade de implantação do sistema. Através dos dados levantados foi possível calcular o volume aproveitável e não potável de água, dimensionar o reservatório e a tubulação do sistema de abastecimento predial. Por fim, realizou-se um comparativo entre os consumos das bacias sanitárias de válvula de descarga e as de caixa acoplada, visando instalar os equipamentos mais econômicos na instituição. Devido a esses estudos, pode-se obter um elevado potencial econômico para a implantação deste sistema, podendo-se obter um retorno financeiro.

Palavra-chave: Recursos hídricos. Águas pluviais. Reúso de água. Consciência Ambiental.

ABSTRACT

This work studies the design of a reservoir to collect rainwater for a primary school in the municipality of Teófilo Otoni – MG. The school is located in the Jardim São Paulo neighborhood, in the same neighborhood as UFVJM, and has 443 water consumers. To carry out this study, it was necessary on-site visits for data collection. An analysis of the precipitation map of the region and the determination of non-potable consumption were also made to seek the feasibility of the system implantation. Through this data it was possible to calculate the usable volume and size of the pipeline and its load losses. In addition, a comparison was made between the consumption of the sanitary basins of discharge valve and those of coupled box, in order to install the most economical equipment in the institution. Due to these studies, one can obtain a high economic potential for the implantation of this system, in addition to obtaining a significant financial return.

Keyword: Water resources. Rainwater Reuse of water. Environmental awareness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso e UFVJM no Município de Teófilo Otoni - MG	19
Figura 2 – Classes climáticas de Minas Gerais	20
Figura 3 – Área disponível para captação de águas pluviais.....	22
Figura 4 – Croqui da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso.....	23
Figura 5 – Demanda de água por finalidade no Brasil	26
Figura 6 – Válvula de descarga Deca	28
Figura 7 – Local de instalação do reservatório.....	30
Figura 8 – Sistema indireto de distribuição sem bombeamento.....	32
Figura 9 – Superfície inclinada.....	33
Figura 10 – Ábaco para obtenção do diâmetro D em mm do condutor vertical.....	34
Figura 11 – Barrilete de distribuição	36
Figura 12 – Croqui do sistema de abastecimento predial.....	46
Figura 13 – Croqui do perfil longitudinal da quadra poliesportiva e do reservatório	47
Figura 14 – Croqui do perfil longitudinal do centro de distribuição	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Densidade demográfica e a distribuição dos recursos hídricos no Brasil – 2010...	11
Tabela 2 – Qualidade da água de chuva em relação a área de coleta	18
Tabela 3 – Dados das estações pluviométricas.....	21
Tabela 4 – Coeficiente de runoff	23
Tabela 5 – Equipamentos hidrossanitários da E. M. Honorinda Ferreira Cardoso	24
Tabela 6 – Parâmetros utilizados para estimar o consumo não potável	24
Tabela 7 – Parâmetros para previsão do consumo de bacias sanitárias.....	24
Tabela 8 – Parâmetros para lavagem do piso interno e do refeitório	25
Tabela 9 – Média do consumo residencial de água potável	25
Tabela 10 – Distribuição do consumo de água nos Estados Unidos e no Reino Unido.....	27
Tabela 11 – Diâmetros equivalentes.....	35
Tabela 12 – Consumo potável e não potável mensal.....	38
Tabela 13 – Volume aproveitável pelo método da NBR 15.527 - Estação Mucuri -1967-2018	41
Tabela 14 – Volume aproveitável pelo método da NBR 15.527 - Estação COPASA -1967- 2018	41
Tabela 15 – Dimensionamento do Reservatório pelo Método de Rippl - Estação Pluviométrica Mucuri	42
Tabela 16 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl – Estação Pluviométrica COPASA	43
Tabela 17 – Volume aproveitável pelo Método do Azevedo Neto - Estação Pluviométrica Mucuri	44
Tabela 18 – Volume aproveitável pelo Método do Azevedo Neto - Estação Pluviométrica COPASA	44
Tabela 19 - Diâmetros do sistema de abastecimento predial.....	45
Tabela 20 - Dimensionamento da tubulação	46
Tabela 21 – Lista de materiais para a instalação do sistema hidráulico predial.....	48
Tabela 22 – Preço da bacia sanitária Deca com caixa acoplada.....	48
Tabela 23 – Orçamento dos materiais em Teófilo Otoni - MG.....	49
Tabela 24 – Redução da despesa - Estação Pluviométrica Mucuri	50
Tabela 25 – Redução da despesa - Estação Pluviométrica COPASA	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Concentração dos Recursos Hídricos do Brasil por região	11
Gráfico 2 – Secas no Brasil de 2015 a 2017	12
Gráfico 3 – Eventos de seca por região geográfica de 2015 a 2017	13
Gráfico 4 – Precipitação média em Teófilo Otoni - MG	21
Gráfico 5 – Percentual de consumo de água por categoria de uso	27
Gráfico 6 – Precipitações médias das Estações Mucuri e COPASA em Teófilo Otoni – MG	39
Gráfico 7 – Relação entre consumo e volume aproveitável pela Estação Pluviométrica do Mucuri	39
Gráfico 8 – Relação entre consumo e volume aproveitável pela Estação Pluviométrica COPASA	40
Gráfico 9 – Método de Rippl para demanda variável.....	43
Gráfico 10 – Dimensionamento de reservatório pelo método de Rippl para demanda variável	44

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVO.....	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 A importância da água	17
3.2 Água de chuva para fins urbanos	17
3.3 Qualidade da água de chuva	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1 Estudos Cartográficos.....	19
4.2 Caracterização do local.....	19
4.3 Estudos Climáticos	20
4.4 Séries históricas	20
4.5 Área disponível para captação.....	22
4.6 Coeficiente de escoamento superficial.....	23
4.7 Consumo de água não potável.....	23
4.7.1 Método estimativo.....	23
4.7.2 Relação água potável e não potável.....	25
4.8 Bacias sanitárias.....	27
4.9 Eficiência da coleta de chuva	29
4.10 Componentes necessários para a captação da água de chuva.....	29
4.11 Dimensionamento do reservatório.....	30
4.11.1 Método da NBR 15.527/2007	31
4.11.2 Método de Rippl.....	31
4.11.3 Método do Azevedo Neto	31
4.12 Descarte da primeira água de chuva	32
4.13 Dimensionamento do sistema de abastecimento predial	32
4.13.1 Intensidade Pluviométrica de Teófilo Otoni – MG.....	33

4.13.2	Área de contribuição	33
4.13.3	Vazão de projeto	34
4.13.4	Calhas	34
4.13.5	Condutores verticais	34
4.13.6	Condutor horizontal.....	35
4.13.9	Verificação da velocidade	36
4.13.10	Vazão	36
4.13.11	Cálculo da perda de carga	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
5.1	Consumo de água não potável.....	38
5.2	Aproveitamento de água de chuva	38
5.3	Dimensionamento do reservatório.....	40
5.3.1	Método da NBR 15.527/2007	40
5.3.2	Método de Rippl.....	41
5.3.3	Método do Azevedo Neto	44
5.4	Dimensionamento do sistema de abastecimento predial	45
5.5	Análise econômica da substituição de bacias sanitárias	48
5.6	Custo de instalação do reservatório	49
5.7	Redução da despesa com a conta de água.....	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Segundo a ANA (2019), Agência Nacional de Águas, em termos de quantidade de água, o Brasil detém de 12% de toda água doce da superfície terrestre. Todavia, a problemática se dá na sua distribuição. Através da Tabela 1 é possível verificar que a região Norte possui a maior concentração de recursos hídricos do país, entretanto, possui a menor população. A região Nordeste, com a terceira maior densidade demográfica, sofre de escassez de água, possuindo apenas 3,3% dos recursos hídricos do país. A região Sudeste e Sul, maiores em número de habitantes, possuem apenas 6 e 6,5% de recursos hídricos, respectivamente.

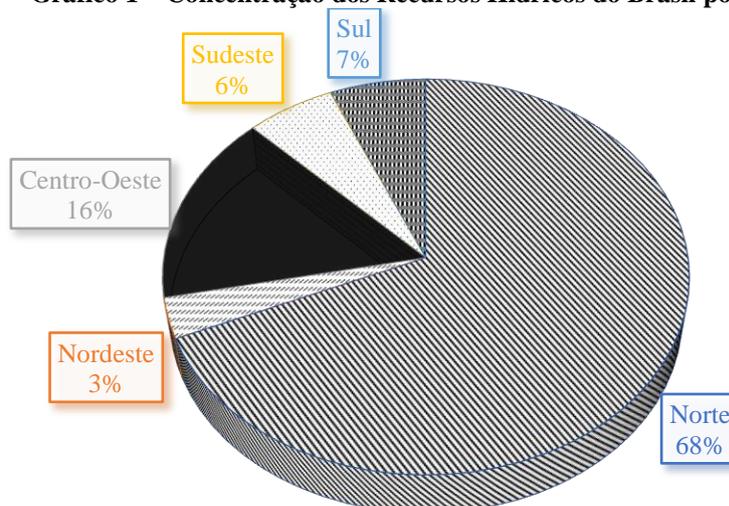
Tabela 1 – Densidade demográfica e a distribuição dos recursos hídricos no Brasil – 2010.

Região	Densidade demográfica (hab.km ⁻²)	Concentração de recursos hídricos do país (%)
Norte	4,12	68,5
Nordeste	34,15	3,3
Centro-Oeste	8,75	15,7
Sudeste	86,92	6
Sul	48,58	6,5

Fonte: IBGE/ANA, 2010.

No Gráfico 1 é apresentado de forma interativa a distribuição dos recursos hídricos por região, no qual se comprova que a região Norte possui quase 70% de água, enquanto os outros 30% são desigualmente distribuídos para o restante das regiões.

Gráfico 1 – Concentração dos Recursos Hídricos do Brasil por região

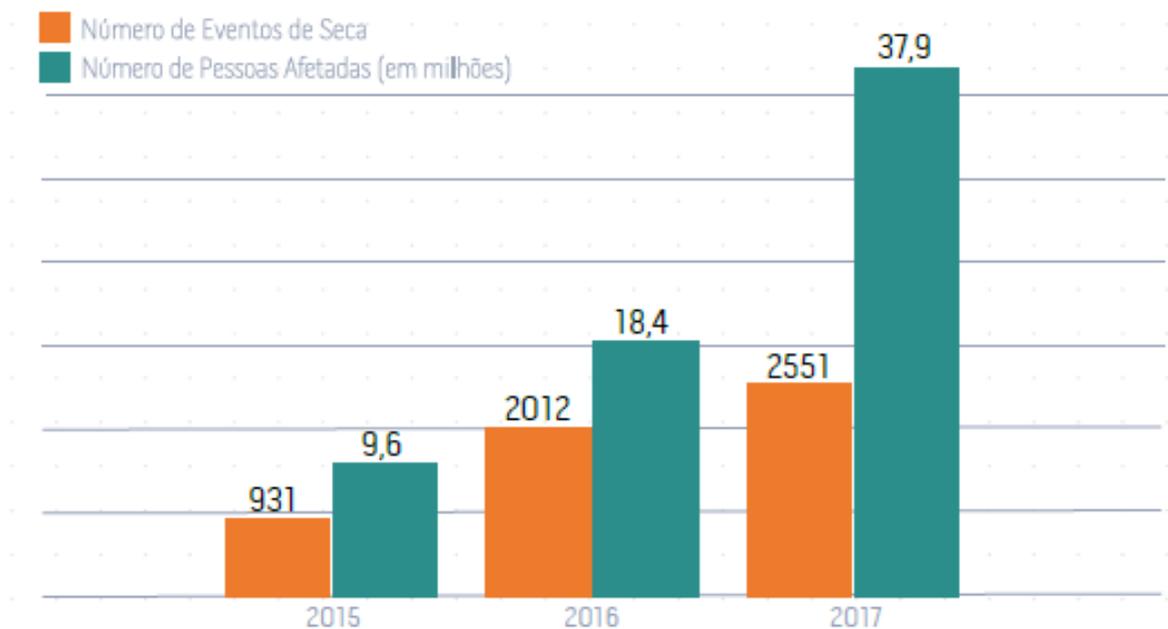


Fonte: ANA, 2010. Adaptado.

Bertolo (2006) considera a água doce como um bem valioso, com relevância política, além de ser um recurso escasso e degradado, do ponto de vista ambiental. A sua escassez, considerando seus usos múltiplos, torna crescente o seu valor econômico em nível mundial.

Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil (ANA, 2018), cerca de 51% dos municípios brasileiros decretaram situação de emergência ou estado de calamidade pública devido à seca ou estiagem entre 2003 a 2007. No Gráfico 2 pode-se observar a relação entre o número de eventos de seca e o número de pessoas afetadas entre os anos de 2015 a 2017.

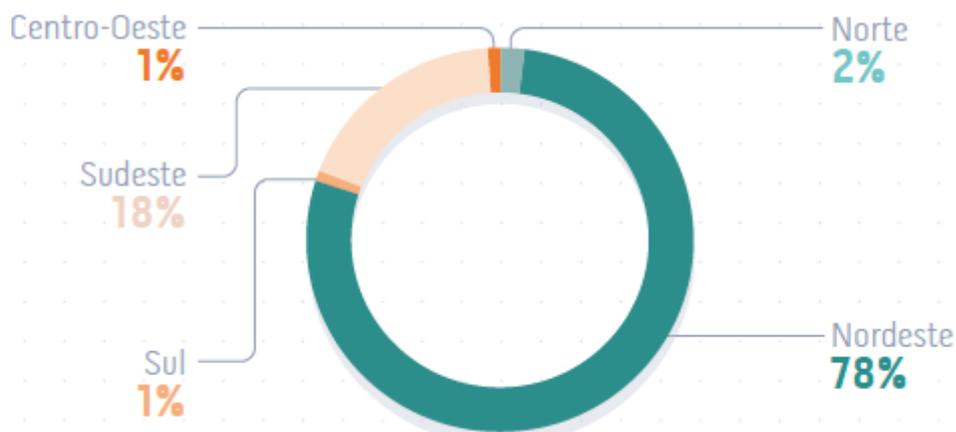
Gráfico 2 – Secas no Brasil de 2015 a 2017



Fonte: ANA, 2018.

Ainda é possível observar que, no período de 3 anos o número de eventos de seca é crescente e que aumentou 174% a quantidade de eventos ocorridos. Outro fator alarmante é o número de pessoas afetadas, que em 2017 é quase quatro vezes maior do que a população afetada em 2015. Fazendo um retrospecto dos últimos 5 anos, 2017 foi o mais crítico quanto aos impactos da seca sobre a população (ANA, 2018). No Gráfico 3 são apresentados os eventos de seca distribuídos por região geográfica no Brasil entre os anos de 2015 a 2017.

Gráfico 3 – Eventos de seca por região geográfica de 2015 a 2017



Fonte: ANA, 2018.

É perceptível que durante o período analisado, a região Nordeste foi a mais agredida por esses eventos de estiagem. A região Sudeste, área de estudo deste trabalho, compõe o segundo lugar entre as regiões que sofreram estiagem. Tendo esses dados como base, é preciso buscar métodos de suprir a demanda do consumo de água e uma dessas maneiras é o aproveitamento de águas pluviais. Para Polleto (2001), todas as práticas referentes ao uso consciente da água devem ser valorizadas, dando prioridade àquelas que apresentem maior simplicidade atrelada a comprovada eficiência. Uma nova cultura sobre a água de chuva deverá ser desenvolvida, para uma vida mais harmoniosa (TOMAZ, 2010). O aproveitamento de água de chuva surge como uma alternativa para diminuir os problemas com a escassez e contribuir com o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos (PETERS, 2006).

De acordo Pedroni (2013), o aproveitamento de água de chuva consiste em utilizar superfícies expostas ao ar livre, como telhados e sacadas para realizar a coleta e posteriormente, após tratamento, a água será armazenada e distribuída aos pontos de utilização. Os edifícios escolares são uma fonte potencial para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de telhados e outras coberturas (SCHERER, 2003).

A captação de água de chuva possui diversos benefícios. Segundo Tomaz (2010), além de proporcionar economia de água potável, este aproveitamento de águas pluviais é capaz de reduzir as despesas de água e contribuir para a diminuição do pico de inundações. Lima *et al.* (2011), cita outras vantagens como preservação do meio ambiente, baixo impacto ambiental, água com qualidade aceitável para diversos fins, aumento da segurança hídrica

para atender o crescimento populacional ou para atender áreas deficientes de abastecimento, entre outros.

Sendo assim, este trabalho teve como objeto de estudo uma escola do ensino fundamental da cidade de Teófilo Otoni – MG, na qual se busca viabilizar a instalação de um sistema de captação de águas pluviais para consumo não potável da unidade. A área de captação considerada é a quadra poliesportiva da escola. Além do estudo de viabilidade também foi realizada uma análise de custo-benefício entre as bacias sanitárias com válvulas de descarga e as bacias sanitárias de caixa acoplada, de modo que incentive a escola a adotar os equipamentos mais econômicos. Por fim, foi realizado o dimensionamento do reservatório, assim como a distribuição do sistema hidráulico predial.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Realizar o estudo de viabilidade para a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para uma escola de ensino fundamental no município de Teófilo Otoni – MG.

2.2 Objetivos específicos

- Levantamento do índice pluviométrico da região;
- Determinar o consumo não potável de água;
- Realizar um estudo de viabilidade da troca de bacias sanitárias de válvulas de descarga para bacias sanitárias com caixa acoplada;
- Dimensionar o reservatório e o sistema de abastecimento predial.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica deste trabalho consiste em um levantamento de dados bibliográficos e de campo. Primordialmente foi necessário a compreensão do conceito de aproveitamento de água de chuva. Sendo assim, o embasamento seguiu as definições da NBR 15.527 (ABNT, 2007). Esta norma trata dos requisitos para o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não de águas pluviais, após tratamento adequado, como descargas em bacias sanitárias, irrigação em gramados, plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios e usos industriais. A água não potável é definida como aquela que não atende à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (NBR 15.527. ABNT, 2007). Ou seja, água que não atenda os parâmetros físicos, químicos, radioativos e microbiológicos, do padrão de potabilidade e de riscos à saúde para consumo humano.

Tomaz (2010), acrescentou de forma significativa na previsão do consumo de água não potável. Como o Brasil é deficiente neste tipo de análise, foi utilizado os parâmetros de engenharia usados nos Estados Unidos.

O estudo de Piol *et al.* (2018), contribuiu no segmento do trabalho e no fornecimento de dados por se tratar da mesma unidade de ensino e devido a isso, os dados coletados são precisos e próprios da instituição.

A NBR 5626 (ABNT, 1998) trata das instalações prediais de água fria, de modo que é possível identificar o gasto das bacias. Este trabalho apresentará o comparativo entre o consumo e o resultado comprovando esses dados. Os principais temas abordados na pesquisa bibliográfica foram: aproveitamento de água de chuva, uso da água de chuva para fins não potáveis e dimensionamento de reservatório para captação de águas pluviais.

A outra parte deste trabalho constitui-se em trabalho em campo. Para isso, foram realizadas visitas à Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso, onde foi possível conhecer a área de estudo, o seu funcionamento, a quantidade de funcionários, a área de captação, o local de instalação do reservatório, os equipamentos hidrossanitários, entre outros. Foi elaborado um relatório fotográfico da instituição para que este servisse de base para outros projetos como croqui da unidade escolar, projeto do sistema hidráulico, área do telhado, reservatório elevado de água fria, elevação do local de instalação do reservatório, logradouro, entre outros.

3.1 A importância da água

Recurso natural de valor econômico, estratégico e social, essencial à existência e bem-estar do homem e à manutenção dos ecossistemas do planeta, a água é um bem comum a toda a humanidade (JAQUES, 2005). Para Neto (2006), a água dispõe de uma infinidade de usos, dos mais simples aos mais complexos. Apesar de ser um bem público, vem se tornando pouco a pouco um recurso escasso, necessitando assim de cuidados.

Segundo Von Sperling (1995), os usos que mais demandam água são a irrigação, o abastecimento doméstico e industrial, dessedentação de animais, preservação de fauna e flora, geração de energia elétrica, recreação e lazer, navegação e diluição de despejos. Como resultado deste elevado consumo, os lençóis freáticos estão baixando dezenas de metros em várias partes do mundo, exigindo a escavação de poços cada vez mais profundos (OLIVEIRA, 2005).

3.2 Água de chuva para fins urbanos

As águas das chuvas não podem ser negligenciadas nas discussões sobre a falta de água, tanto para o consumo humano, quanto para o desenvolvimento de outras atividades (OLIVEIRA, 2005). Para May (2005), o manejo e aproveitamento de água de chuva para uso doméstico, industrial e agrícola está ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerado um meio simples e eficaz para se atenuar o grave problema da escassez de água para consumo.

Tomaz (2010), ressalta que se deve usar água de chuva para promover a conservação da água, quando a disponibilidade hídrica for menor que $1.200 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, quando houver tarifas elevadas de água, locais em que a estiagem ultrapassa cinco meses, onde o índice de aridez é maior que 0,50, caso ocorra o retorno rápido, entre outros.

As áreas urbanas sofrem com a falta de água para abastecimento, em função da concentração populacional, e com as enchentes pelo fato devido ao solo estar altamente impermeabilizado com telhados e pavimentação asfáltica (JAQUES, 2005). Portanto, é preciso executar os métodos de reúso da água, em prol da sociedade.

3.3 Qualidade da água de chuva

Para Tomaz (2010), a qualidade da água de chuva pode ser encarada em quatro etapas: antes de atingir o solo, após escorrer pelo telhado, dentro do reservatório e no ponto do uso. A qualidade da água para reúso deve atender aos aspectos de saúde pública, estética,

integridade das tubulações de distribuição, confiabilidade e segurança no sistema de tratamento (OLIVEIRA, 2005).

Para entender os conceitos de qualidade de água, primeiro é fundamental definir o seu destino final. O *Group Raindrops* (2002) define o tipo de tratamento para o reuso de água (quando for preciso) de acordo o seu local de captação, onde é possível observar na Tabela 2.

Tabela 2 – Qualidade da água de chuva em relação a área de coleta

Grau de Purificação	Área de Coleta da Chuva
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas ou animais).
B	Telhados (lugares frequentados por animais e pessoas).
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento.
D	Estradas, vias férreas elevadas.

Fonte: Group Raindrops, 2002.

Como a área de captação deste trabalho será o telhado de uma quadra poliesportiva, região onde não é ocupado por pessoas ou animais, possui um grau de purificação A. E por ser destinada a uso não potável, não será necessário o tratamento da água para a sua finalidade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

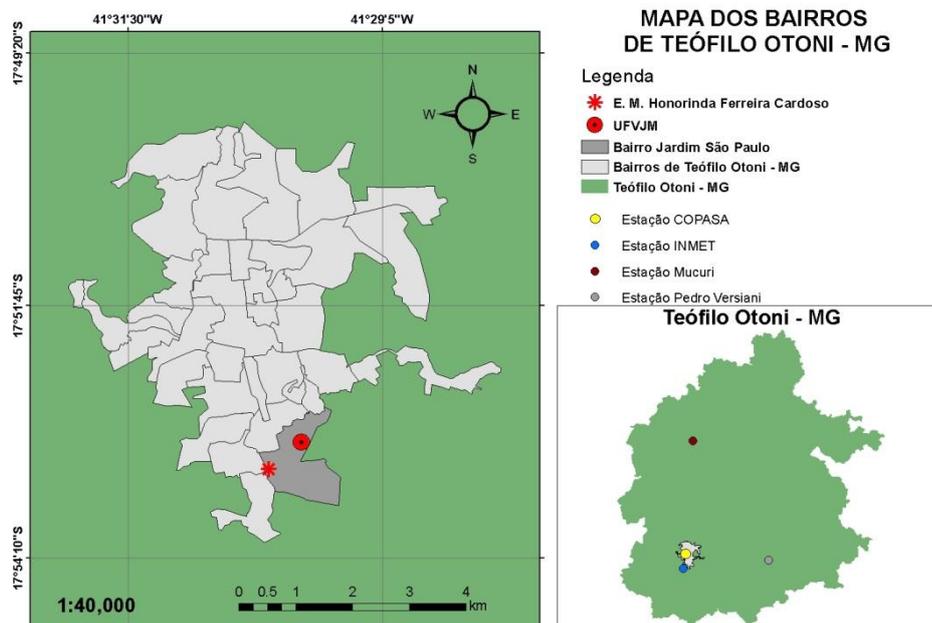
4.1 Estudos Cartográficos

Os estudos topográficos contidos neste trabalho foram obtidos através de estudos prévios, dados adquiridos de instituições governamentais que centralizam informações referentes à área e levantamentos topográficos através de ambiente SIG, Sistema de Informação Geográfica. Para a construção do mapa, de escala 1:40.000, utilizou-se os arquivos em formato *shapefile* do município de Teófilo Otoni e de sua Zona urbana. Para inserir a localização das estações pluviométricas, obteve-se as coordenadas das estações através do *HidroWeb* e posteriormente estas foram adicionadas em uma planilha de trabalho do *Software* Microsoft Excel. As coordenadas das instituições de ensino sofreram o mesmo processo, o único diferencial foi que as coordenadas foram coletadas através do *Software* Google Earth Pro. Estes arquivos foram trabalhados no *Software* ArcGis, versão 10.3.1.

4.2 Caracterização do local

Para a realização deste trabalho foi escolhida a Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso, que é uma unidade de ensino fundamental do município de Teófilo Otoni – MG. A unidade escolar está situada na Rua Ribeirão Preto, número 830 do bairro Jardim São Paulo, o mesmo bairro da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, campus Mucuri, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso e UFVJM no Município de Teófilo Otoni - MG

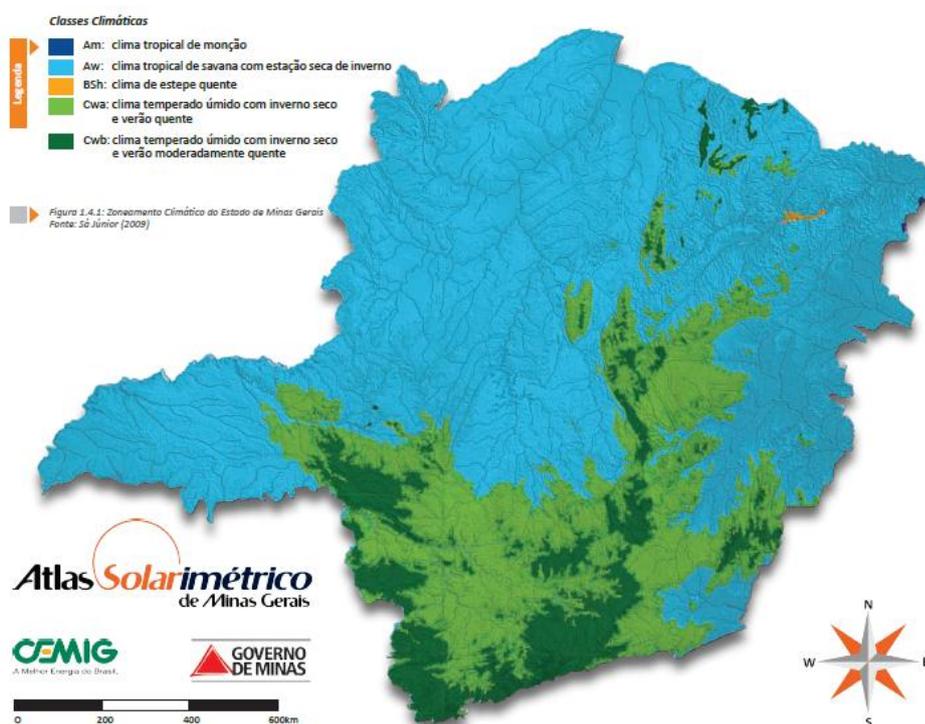


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.3 Estudos Climáticos

Segundo a Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG (2012), o estado de Minas Gerais tem cinco principais classes climáticas, que podem ser observadas na Figura 2. Como Teófilo Otoni está na região nordeste do estado, é fácil perceber que o clima da cidade é o tropical de savana que possui estações secas no inverno.

Figura 2 – Classes climáticas de Minas Gerais



Fonte: CEMIG, 2012.

A localização geográfica e o tipo de relevo exercem influência nas temperaturas em Minas Gerais, onde predominam as maiores médias de temperatura máxima e mínima nas regiões Centro-Oeste, Noroeste e Triângulo (CEMIG, 2012). Teófilo Otoni está entre as áreas de menor altitude, possuindo temperatura média anual está entre 20°C a 23°C.

4.4 Séries históricas

Para obter as séries históricas de precipitação, foram analisadas 4 estações pluviométricas, sendo estas a de Pedro Versiani, Mucuri, INMET e COPASA. A Tabela 3 apresenta o código, o nome, as coordenadas, altitude, a operadora e o período de dados observado.

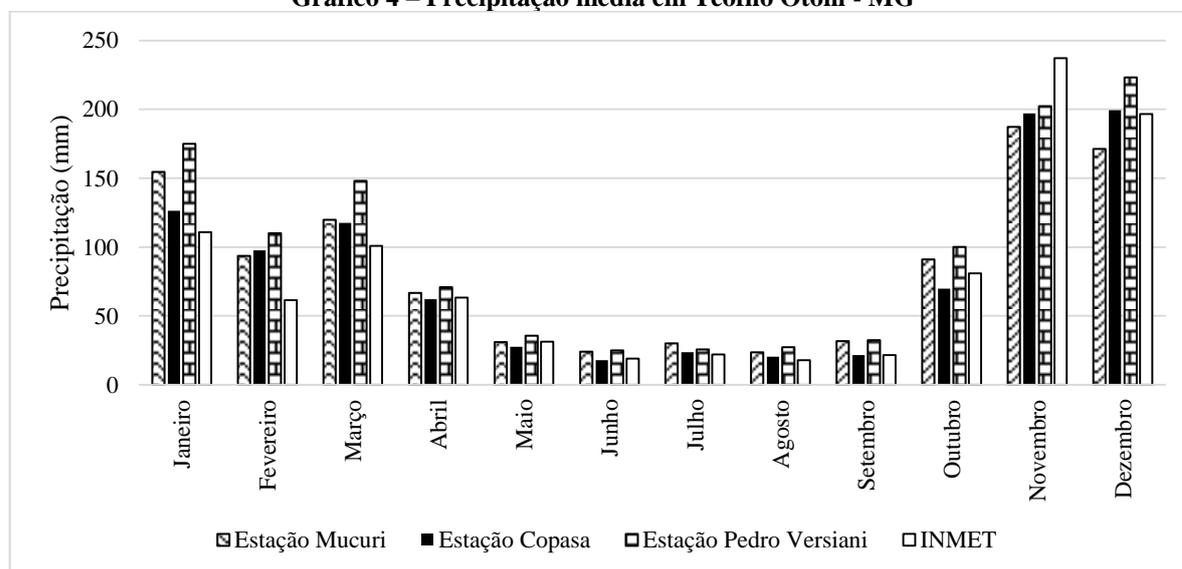
Tabela 3 – Dados das estações pluviométricas

Código	Nome	Latitude (Y)	Longitude (X)	Altitude (m)	Operadora	Período
1741001	Mucuri	S 17° 35' 42.00"	W 41° 29' 34.08"	336	CPRM	1967 – 2018 (51 anos)
1741007	Pedro Versiani	S 17° 52' 49.08"	W 41° 18' 52.92"	284	CPRM	1967 – 2019 (52 anos)
1900019	COPASA	S 17°51'50.53"	W 41°30' 38.58"	383	COPASA	1999 – 2019 (20 anos)
86762	INMET	S 17°54'34.22"	W 41°30' 55.52"	467	INMET	2006 – 2017 (11 anos)

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Através dessas estações, foi possível analisar as precipitações em um período total de 52 anos (Gráfico 4), e através desta análise, verificou-se o período de cheia e o período seco da cidade. Apesar de analisar quatro estações, apenas duas serão utilizadas no trabalho, sendo estas a Estação Mucuri e a Estação COPASA. As estações Mucuri, Pedro Versiani e COPASA são as únicas que apresentam mais de 15 anos de dados. Entretanto, foi preferível adotar duas estações com diferentes operadoras para fazer um comparativo entre seus resultados. A Estação Pedro Versiani já foi utilizada em outro trabalho para a mesma área de estudo. Dessa forma, optou-se por sua não utilização.

Gráfico 4 – Precipitação média em Teófilo Otoni - MG

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O histórico de chuvas da estação Mucuri foi coletado através do portal *HidroWeb* da Agência Nacional de Águas, ANA. Esta estação pluviométrica tem um período de dados de 51 anos e está localizada em Mucuri, distrito de Teófilo Otoni – MG, a uma distância de 32,5 km da unidade escolar. Enquanto isso, a estação COPASA possui 20 anos de dados e está instalada em Teófilo Otoni – MG, a uma distância de, aproximadamente, 2,85 km. As

séries históricas foram utilizadas para estabelecer uma média mensal de precipitação do município e fazer o comparativo entre o volume aproveitável de captação, o consumo não potável e o consumo médio da escola. Os dados referentes ao consumo de água foram obtidos através do histórico de consumo do período de abril de 2018 a março de 2019, fornecidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

4.5 Área disponível para captação

De acordo a direção da escola, esta instituição possui um total de 443 consumidores de água, dividindo-se entre 392 alunos, 41 professores e 10 auxiliares. A área escolhida para a captação de água foi a quadra poliesportiva da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso (Figura 3).

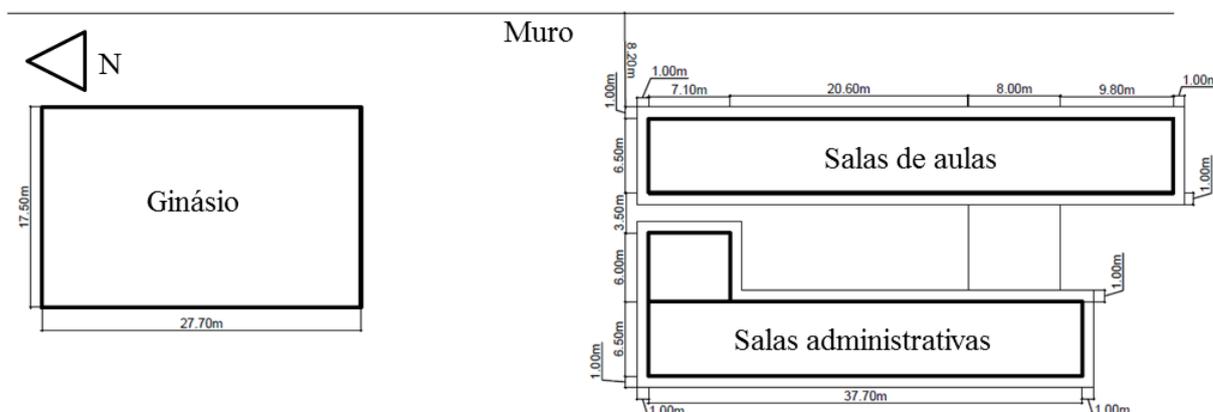
Figura 3 – Área disponível para captação de águas pluviais



Fonte: Autoria própria, 2019.

O ginásio, de formato retangular, possui dimensões 17,50 m x 27,70 m, resultando numa área de 484,75 m² (Figura 4).

Figura 4 – Croqui da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso



Fonte: Aatoria própria, 2019.

4.6 Coeficiente de escoamento superficial

Para Tomaz (2010), o coeficiente de *escoamento superficial* é definido como o coeficiente entre o volume de água que esco superficialmente pelo volume total de água precipitado. E este coeficiente é adotado de acordo o material utilizado na área de captação. A Tabela 4 apresenta os coeficientes para cada tipo de material.

Tabela 4 – Coeficiente de runoff

Material	Coeficiente de runoff
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, 2010.

Como o material da área de captação é de metal, o coeficiente adotado será de 0,9 para diminuir a perda do volume de água precipitado.

4.7 Consumo de água não potável

4.7.1 Método estimativo

Esse método estima o consumo de uma escola de ensino fundamental relacionando os usos não potáveis, a taxa de utilização em cada ponto e a frequência, segundo Tomaz (2010).

Ao realizar uma visita a unidade de ensino, foi feito uma análise de todos os equipamentos hidráulicos disponíveis (Tabela 5).

Tabela 5 – Equipamentos hidrossanitários da E. M. Honorinda Ferreira Cardoso

Equipamento	Quantidade
Bacia sanitária	10
Ducha fria	1
Lavatório	8
Pia de cozinha	1
Torneiras (limpeza)	3

Fonte: Aatoria própria, 2019.

Para Tomaz (2010), há grande dificuldade em prever o consumo de água não potável. Isso ocorre porque há dificuldade em distinguir a água potável e a não potável. Para o autor, o aproveitamento da água de chuva é usado sempre como água não potável. A água não potável é usada para usos secundários como descarga em bacias sanitárias, limpeza de pátios, rega de jardins, usos em reservatório de incêndio, limpeza de veículos, usos industriais, entre outros. Cada uso de água possui peculiaridades, seja a aspectos ligados a quantidade ou qualidade, e altera as condições naturais das águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2018). Entretanto, através de Tomaz (2010), foi possível estimar uma demanda fixa de consumo não potável. Os parâmetros utilizados para o cálculo estão disponíveis na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros utilizados para estimar o consumo não potável

Descrição	Quantidade	Unidade
Total de pessoas	443	Pessoas
Área do telhado	484,75	m ²
Área do piso interno	654	m ³
Área da cozinha	20	m ²
Número de dias de trabalho	20	dia.mês ⁻¹

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Em seguida, foi feito o cálculo para estimar o consumo em descargas das bacias sanitárias, da limpeza da área interna e da limpeza da cozinha. Os parâmetros podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros para previsão do consumo de bacias sanitárias

Descarga em bacias sanitárias	Quantidade	Unidade
Taxa	9	l.descarga ⁻¹
Frequência	2	vezes.dia ⁻¹

Fonte: Tomaz, 2010.

Segundo Tomaz (2010), o consumo de descarga em bacias sanitárias pode ser definido através da Equação (1):

$$\text{Vol. médio mensal gasto em bacias sanitárias} = \frac{(\text{Total de pessoas} \times \text{Taxa} \times \text{Frequência})}{1.000} \quad (1)$$

A Tabela 8 apresenta os parâmetros adotados para o cálculo do volume mensal gasto para o piso interno e do piso do refeitório.

Tabela 8 – Parâmetros para lavagem do piso interno e do refeitório

Lavagem do piso interno	Quantidade	Unidade
Área	654	m ²
Taxa	2	l.dia ⁻¹ .m ⁻²
Frequência	4	vezes.mês ⁻¹
Lavagem do refeitório		
Área	20	m ²
Taxa	2	l.dia ⁻¹ .m ⁻²
Frequência	20	vezes.mês ⁻¹

Fonte: Autoria própria, 2019.

A Equação (2) é utilizada para definir o volume mensal gasto para a lavagem do piso interno:

$$\text{Vol. mensal gasto para lavagem do piso interno} = \frac{\text{Área do piso} \times \text{Taxa} \times \text{Frequência}}{1.000} \quad (2)$$

A Equação (3) é utilizada para definir o volume mensal gasto para a lavagem do refeitório:

$$\text{Vol. mensal gasto para lavagem do refeitório} = \frac{\text{Área do refeitório} \times \text{Taxa} \times \text{Frequência}}{1.000} \quad (3)$$

4.7.2 Relação água potável e não potável

Buscou-se através da literatura a relação entre os usos potáveis e não potáveis de água, para determinar um percentual de consumo não potável dentro do consumo real da unidade de ensino.

Segundo Peters (2006), 30% da água utilizada em residências destinam-se ao transporte de dejetos humanos por meio de bacias sanitárias. Tomaz (2010) aponta a média de consumo residencial de água potável, onde 29% é utilizada em descargas de bacias sanitárias, como pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 – Média do consumo residencial de água potável

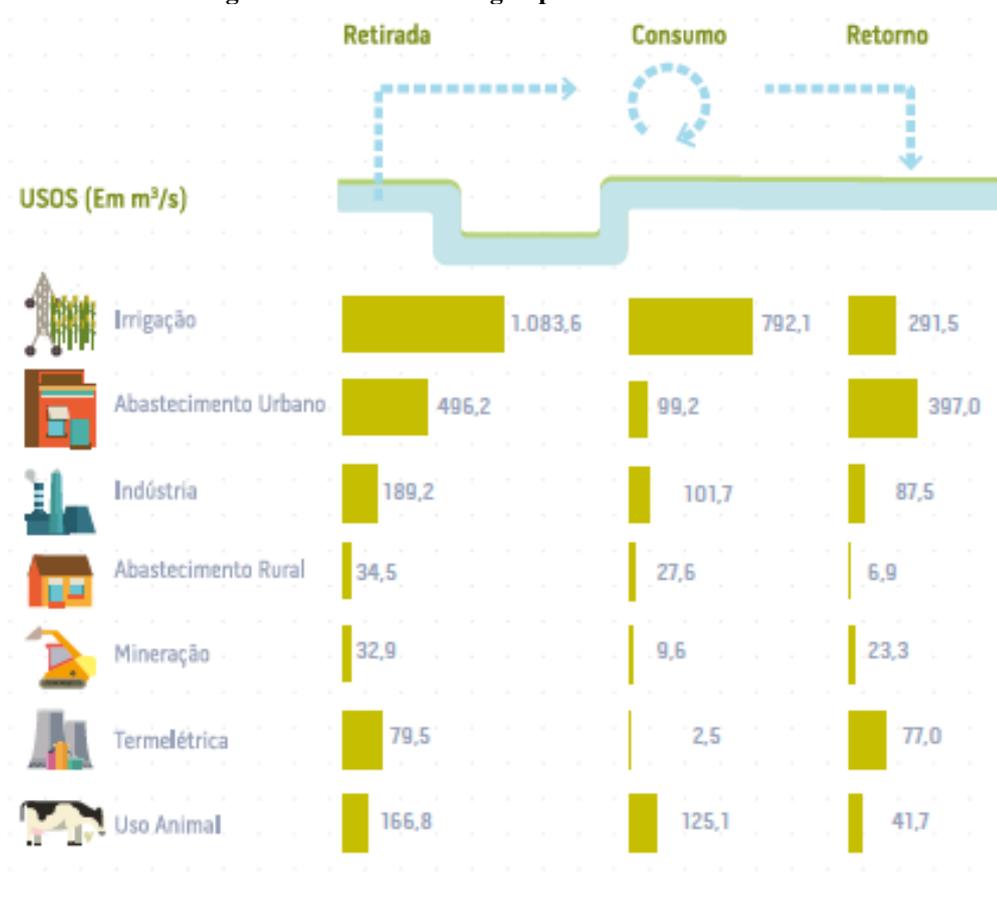
Tipos de usos da água	Porcentagem
------------------------------	--------------------

Descargas na bacia sanitária	29%
Chuveiros	28%
Lavatório	6%
Pia de cozinha	17%
Tanque	6%
Máquina de lavar roupas	5%
Máquina de lavar louças	9%
Total	100%

Fonte: Tomaz, 2010.

Na Figura 5 é possível ver que $496,2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ de toda a água retirada do Brasil tem como finalidade o abastecimento urbano. E ainda que, desta parcela, apenas $397,0 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ retornam para os corpos hídricos. Isso quer dizer que, $99,2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, ou aproximadamente, 20% desta água é consumida. Sendo que, segundo a ANA (2018), o retorno representa o esgoto decorrente do uso de água para abastecimento urbano.

Figura 5 – Demanda de água por finalidade no Brasil



Fonte: ANA, 2018.

A Tabela 10 mostra os valores percentuais dos usos finais da água segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2003). A partir desse ponto, é possível verificar a predominância do consumo de água em bacias sanitárias.

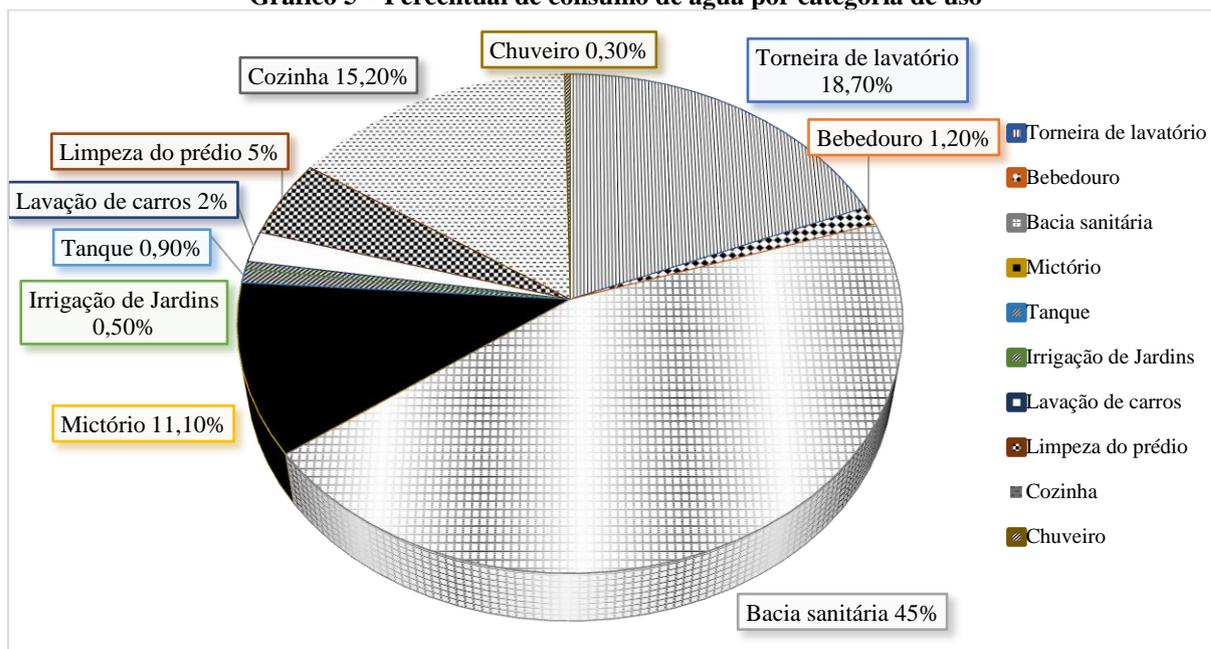
Tabela 10 – Distribuição do consumo de água nos Estados Unidos e no Reino Unido

Descrição	E.U.A	Reino Unido
Bacia sanitária	40%	37%
Banhos	30%	37%
Máquina de lavar louça/roupa	15%	11%
Vazamentos	5%	11%
Cozinha	10%	4%
Total	100%	100%

Fonte: SABESP, 2003.

Para Marinowski e Ghisi (2008), o uso não potável resulta em 63,5% do consumo real de escolas de ensino fundamental. O percentual por uso pode ser observado no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Percentual de consumo de água por categoria de uso



Fonte: Marinowski; Ghisi, 2008.

Por haver variação no percentual de cada uso, foi definido como o percentual de consumo de 30% para as bacias sanitárias e 10% para lavatório, totalizando o consumo não potável em 40% do consumo potável.

4.8 Bacias sanitárias

A Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso possui 4 banheiros, sendo um para a direção, um para os demais funcionários, um masculino e outro feminino. Entretanto,

apesar de haver 10 bacias sanitárias instaladas, apenas 6 estão funcionando. Duas dessas bacias são de caixa acoplada, enquanto as demais possuem válvula de descarga. Segundo a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE, 2015), a bacia sanitária com caixa acoplada economiza até 36 litros de água por dia a cada 3 pessoas.

A válvula de descarga presente nos banheiros da escola é a válvula de descarga Deca clássica, código comercial 2550.C.114, da marca de equipamentos hidrossanitários Hydra. A válvula de descarga pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 – Válvula de descarga Deca



Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998), bacias sanitárias de válvula de descarga possuem vazão de projeto de $1,70 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, enquanto bacias sanitárias de caixa de descarga acoplada possuem vazão de projeto de $0,15 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$. Além disso, bacias com caixa acoplada utilizam apenas 6 litros por descarga, para limpeza total e 3 litros para troca de fluidos. Porém, o comparativo entre os equipamentos de hidrossanitários deve levar em consideração a manutenção e o consumo da área de estudo para determinar qual equipamento é mais adequado.

4.9 Eficiência da coleta de chuva

De acordo a NBR 15.527 (2007), a eficiência do aproveitamento de água de chuva é o produto entre o coeficiente do escoamento de cobertura e a eficiência do descarte da primeira água. O coeficiente para telha metálica adotado é 0,9 e segundo Tomaz (2010), a eficiência para a retirada da primeira água é de 0,85. A Equação (4) mostra como obter a eficiência do aproveitamento de água de chuva.

$$\eta = 0,9 \times 0,85 \cong 0,76 \quad (4)$$

Ou seja, o aproveitamento da água de chuva precipitada no telhado será de aproximadamente 76%.

4.10 Componentes necessários para a captação da água de chuva

A superfície de coleta da água precipitada é o telhado da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso. Entretanto, para captar a água de chuva é preciso dispor de equipamentos como calhas, condutores verticais e coletores de águas pluviais.

A quadra poliesportiva, área destinada para a captar a água precipitada, dispõe de duas calhas laterais de 27,7 metros cada. Porém, para que o volume captado alcance o reservatório, é necessário um coletor de 17,5 metros (distância entre as calhas) para conduzir esta água até o coletor vertical. O diâmetro mínimo para o condutor vertical é de 75 mm (NBR 5688, 2010). Posteriormente, a água será levada ao reservatório através do condutor.

O reservatório será instalado ao lado da quadra poliesportiva, conforme Figura 7. O local de instalação possui uma elevação de aproximadamente 2 metros, entretanto, será necessário construir uma plataforma de concreto para assentar o reservatório porque este abastecerá a escola por gravidade, dispensando o bombeamento e com isso, reduzindo o custo do projeto.

Figura 7 – Local de instalação do reservatório



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Sendo assim, o reservatório será do tipo elevado e este pode ser de concreto armado, alvenaria, polietileno, poliéster ou qualquer outro material, desde que suporte o volume captado. O material escolhido será aquele que apresentará o melhor custo-benefício para o projeto.

4.11 Dimensionamento do reservatório

A NBR 15.527 (2007) apresenta uma equação que pode ser utilizada para determinar o volume aproveitável de captação e menciona os métodos de Rippl, Azevedo Neto, Método da Simulação, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

Para realizar o dimensionamento do reservatório neste trabalho, foram adotados 3 métodos: o método da equação disposto pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), o método de Rippl e o método do Azevedo Neto.

4.11.1 Método da NBR 15.527/2007

Segundo a NBR 15.527 (2007), o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, assim como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado através da Equação (5):

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (5)$$

Sendo **V** o volume diário, mensal ou anual da água de chuva aproveitável (m³); **P** a precipitação diária, mensal ou anual (mm); **A** a área da coleta (m²); **C** o coeficiente de escoamento superficial de cobertura; **η** a eficiência do sistema de captação.

4.11.2 Método de Rippl

No método de Rippl pode utilizar as séries históricas e este é dado pela Equação (6):

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (6)$$

Sendo $Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da chuva (mm)} \times \text{Área de captação (m}^2\text{)}$ – Equação (7); $V = \sum S_{(t)}$, somente para valores de $S_{(t)} > 0$. Onde **S**_(t) é volume de água (m³) no reservatório no tempo t (mês); **Q**_(t) é o volume (m³) de chuva aproveitável no tempo t (mês); **D**_(t) é a demanda ou consumo (m³) no tempo t (mês); **V** é o volume do reservatório (m³); **C** é o coeficiente de escoamento superficial.

4.11.3 Método do Azevedo Neto

O método prático do Professor Azevedo Neto é dado pela seguinte Equação (8):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

Onde **V** é o volume do reservatório em litros (L); **P** é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm); **T** é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca; **A** é a área de captação, expresso em metros quadrados (m²).

4.12 Descarte da primeira água de chuva

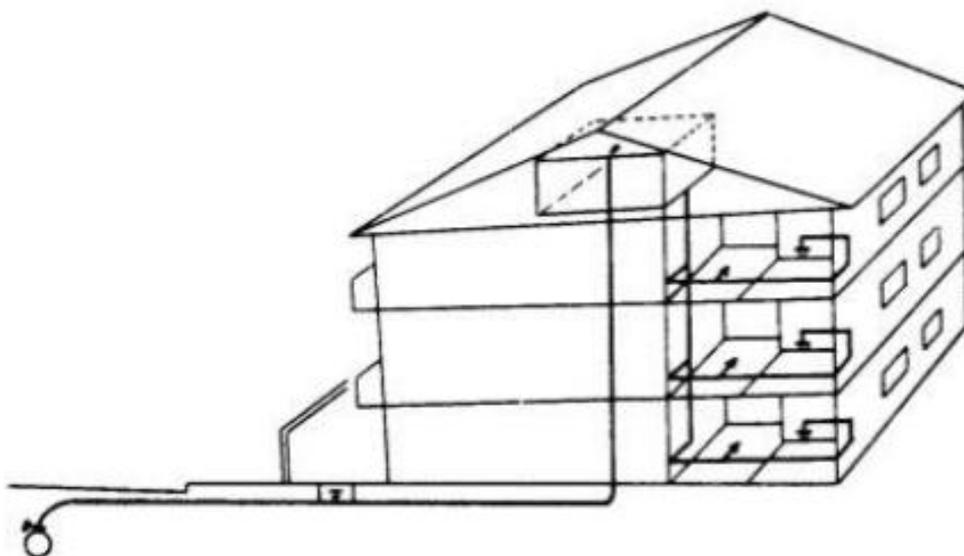
A água de chuva é coletada através de superfícies impermeáveis e estes locais são suscetíveis a contaminantes da água, como poeira, fezes de animais, folhas de árvores, tintas, entre outros. As fezes de passarinhos e de outras aves e animais podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastrointestinais (Tomaz, 2010).

Para Thomas (2001), os telhados metálicos são os melhores no aspecto bacteriológico. Mas ainda assim é necessário que a superfície seja higienizada antes da coleta e que a sua primeira água seja descartada. Segundo a NBR 15.527 (2007), o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista, mas caso haja falta de dados, é recomendado o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

4.13 Dimensionamento do sistema de abastecimento predial

O sistema de distribuição utilizado será o Sistema Indireto de Distribuição. Para Creder (2006), esse tipo de sistema é utilizado quando a pressão é suficiente, mas não possui continuidade, sendo necessário um reservatório superior com alimentação descendente. O Sistema Indireto de Distribuição pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Sistema indireto de distribuição sem bombeamento



Fonte: CREDER, 2006.

Para dimensionar o sistema, inicialmente foi calculado a intensidade pluviométrica da região e a área de contribuição que abastecerá o reservatório a fim de obter-se a vazão de projeto. Em seguida foi calculado os condutores vertical e horizontal.

4.13.1 Intensidade Pluviométrica de Teófilo Otoni – MG

Para calcular a vazão de projeto é necessário, primeiramente, determinar a intensidade pluviométrica da área de estudo. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a intensidade pluviométrica é definida como o quociente entre a altura precipitada num intervalo de tempo e este intervalo (Equação 9).

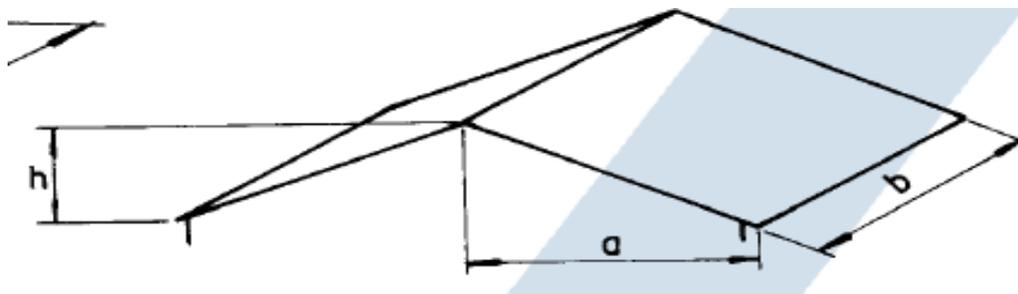
$$i_{TO} = \frac{1.716 T^{0,201}}{(t+26,9)^{0,815}} \quad (9)$$

Sendo i a intensidade de precipitação, expressa em mm.h^{-1} ; T o intervalo ou período de recorrência em anos; t a duração da precipitação em minutos. Segundo a NBR 10.844 (1989), a intensidade pluviométrica, em coberturas e/ou terraços, para fatores meteorológicos é determinada para o T igual a 5 anos e a duração da precipitação t deve ser fixada em 5 minutos.

4.13.2 Área de contribuição

A NBR 10.844 (ABNT, 1989) afirma que para calcular a área de contribuição, devem ser considerados incrementos devidos à inclinação de cobertura e às paredes que interceptam água de chuva que também é drenada pela cobertura. A cobertura possui superfície inclinada cujo parâmetros para cálculo podem ser observados na Figura 9.

Figura 9 – Superfície inclinada



Fonte: NBR 10844, 1989.

A área de contribuição pode ser encontrada através da Equação (10):

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b \quad (10)$$

4.13.3 Vazão de projeto

A vazão de projeto (Equação 11) é calculada através da intensidade pluviométrica i em mm.h^{-1} e a área de contribuição A em m^2 .

$$Q = \frac{C.I.A}{60} \quad (11)$$

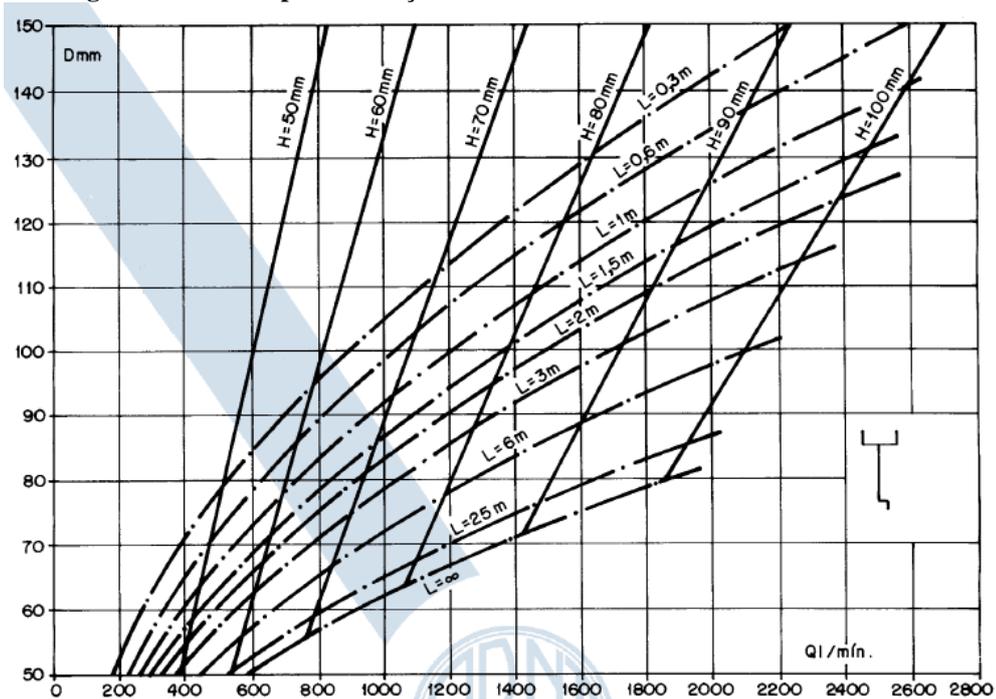
4.13.4 Calhas

A calha é definida como o canal que recolhe a água de coberturas, terraços ou similares, segundo a NBR 10.844 (ABNT, 1989). Para este caso, não será necessário dimensioná-las porque a escola já dispõe de calhas para captação. A calha da escola possui saída em aresta viva.

4.13.5 Condutores verticais

O condutor vertical será dimensionado para transportar o volume de água das calhas até o reservatório. O dimensionamento do condutor é através da vazão Q em L.min^{-1} ; A altura da lâmina de água na calha H em mm ; e o comprimento do condutor vertical m em metros. O diâmetro D é obtido através do ábaco presente na Figura 10.

Figura 10 – Ábaco para obtenção do diâmetro D em mm do condutor vertical



Fonte: ABNT, 1989.

4.13.6 Condutor horizontal

Devido o transporte do volume de água ser direto para o reservatório, não há necessidade do condutor horizontal. O sistema dispõe apenas de um condutor que transporta o volume de água entre as calhas até o reservatório, com uma inclinação i de 0,5%.

4.13.7 Principais terminologias

De acordo a NBR 5626 (ABNT, 1998), o barrilete é a tubulação que se origina do reservatório e da qual se derivam as colunas de distribuição, para o abastecimento indireto. Já no abastecimento direto, define-se como barrilete a tubulação que se liga diretamente ao ramal predial ou à fonte de abastecimento particular. A coluna de distribuição é a tubulação originada no barrilete que tem como principal função a alimentação dos ramais. Ramais são tubulações derivadas da coluna de distribuição e responsável por alimentar os sub-ramais. que são tubulações responsáveis por conectar o ramal à peça de utilização ou ao aparelho sanitário.

4.13.8 Dimensionamento do barrilete

Para dimensionar os sub-ramais, foi utilizado o Critério de Consumo Máximo Possível. NBR 5626 (ABNT, 1998), esse critério baseia-se na hipótese do uso simultâneo de todas as peças de utilização instaladas. O uso simultâneo ocorre em lugares como escolas, porque o regime de uso determina essa ocorrência. Para realizar o dimensionamento por esse método, deve-se utilizar os diâmetros equivalentes. Os diâmetros equivalentes podem ser observados na Tabela 11.

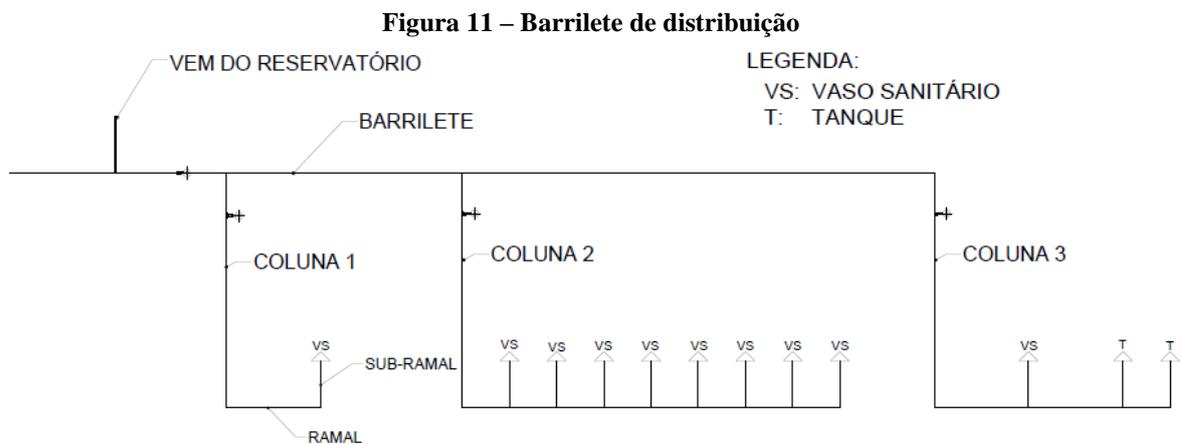
Tabela 11 – Diâmetros equivalentes

Diâmetro do encanamento		Número do diâmetro de 15 mm que darão a mesma vazão em (litros.min ⁻¹)
Nominal (mm)	Polegada	
15	1/2"	1
20	3/4"	2,9
25	1"	6,2
32	1 1/4"	10,9
40	1 1/2"	17,4
50	2"	37,8
60	2 1/2"	65,5
75	3"	110,5
100	4"	189

Fonte: NBR 5626 (ABNT, 1998).

Neste método, cada peça de utilização possui um diâmetro equivalente e o diâmetro real do encanamento. Para encontrar o diâmetro da tubulação é preciso fazer a soma da quantidade de peças de utilização e em seguida, encontrar o diâmetro equivalente, que revelará o diâmetro correto da tubulação. Os ramais, as colunas de distribuição e o barrilete seguem o mesmo princípio dos sub-ramais.

O croqui do barrilete de distribuição e seus pontos de utilização podem ser visualizados na Figura 11.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.13.9 Verificação da velocidade

Segundo a NBR 5.626 (1998), a velocidade máxima em qualquer trecho da tubulação não deve exceder a 3 m.s^{-1} . Para verificar a velocidade, foi utilizada a fórmula sugerida pela NBR 5.626 (1998) (Equação 12).

$$v = 14\sqrt{D} \quad (12)$$

Sendo **D** o diâmetro da tubulação em m; e a velocidade **v** em m.s^{-1} .

4.13.10 Vazão

A vazão na tubulação foi determinada através da continuidade (Equação 13).

$$Q = A \cdot v \quad (13)$$

Sendo **Q** a vazão em $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$; **A** a área em m^2 ; e a velocidade **v** em m.s^{-1} .

4.13.11 Cálculo da perda de carga

A perda de carga deste trabalho foi calculada através da expressão de Fair-Whipple-Hsiao, recomendada pela NBR 5.626 (ABNT, 1998). A Equação (9) para tubos lisos é dada por:

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (9)$$

Sendo **J** a perda de carga unitária, em m.m^{-1} ; **Q** é a vazão estimada na seção considerada, em L.s^{-1} ; **d** é o diâmetro interno do tubo, em mm. Posteriormente, a perda de carga será apresentada em **m.c.a.**

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Consumo de água não potável

Através dos cálculos apresentados na seção 3 deste trabalho, pode-se obter uma estimativa do consumo não potável da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso. O resultado pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 12 – Consumo potável e não potável mensal

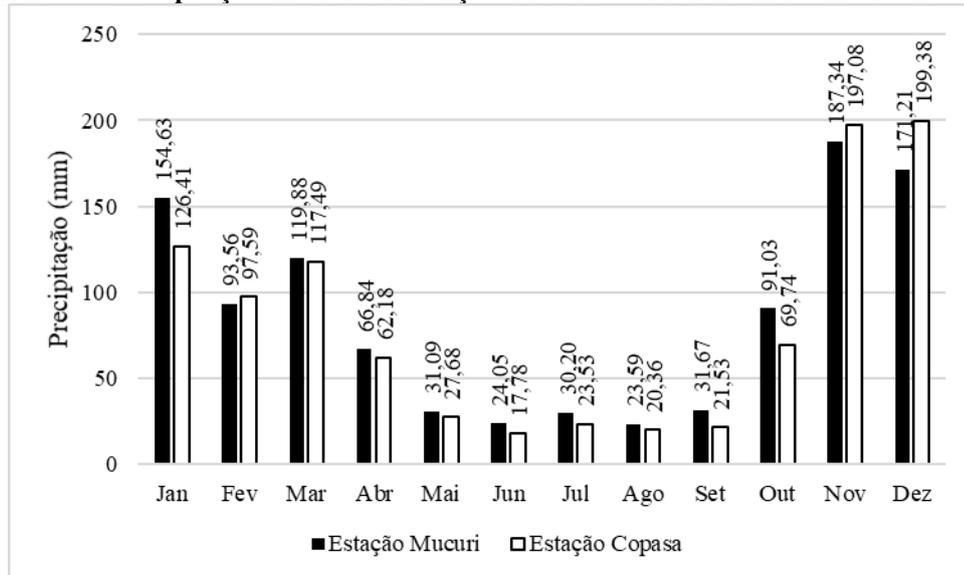
Vol. Médio (m ³)												
Ano	2019						2018					
Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Consumo potável	15	48	50	52	35	47	39	59	73	47	53	21
Consumo não potável	6	19,20	20	20,80	14,00	18,80	15,6	23,6	29,2	18,8	21,2	8,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A análise do consumo não potável é fundamental para o dimensionamento do reservatório, porque ao estimar o consumo é possível prever a demanda que o reservatório precisará suprir.

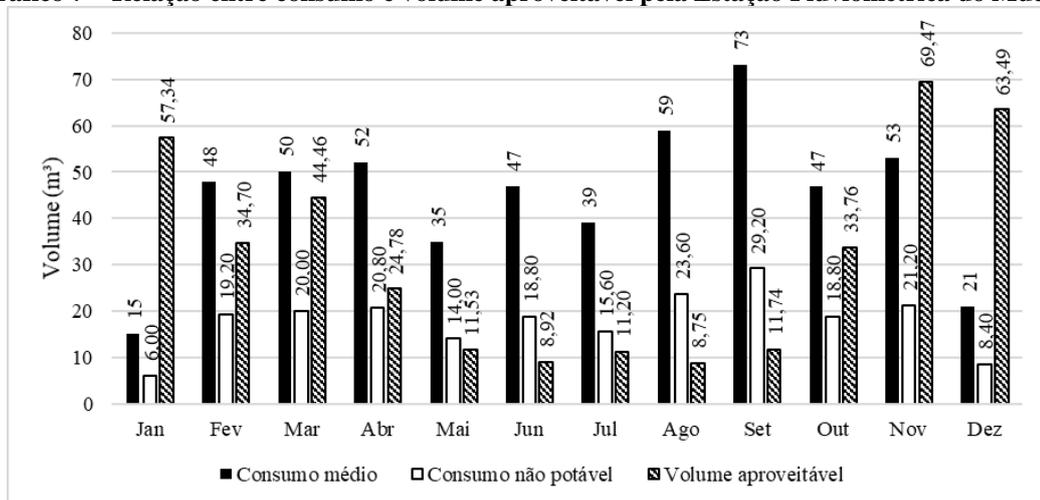
5.2 Aproveitamento de água de chuva

Através das séries históricas é possível observar no Gráfico 6 que o período seco em Teófilo Otoni – MG ocorre de abril a outubro, com uma média definida pela Estação Pluviométrica do Mucuri de, aproximadamente, 42 mm e o período chuvoso ocorre de novembro a março com uma média de, aproximadamente, 145 mm. A média encontrada pela Estação Pluviométrica da COPASA no período seco é de, aproximadamente, 34 mm. Enquanto o período chuvoso encontrado foi de 147 mm.

Gráfico 6 – Precipitações médias das Estações Mucuri e COPASA em Teófilo Otoni – MG

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O Gráfico 7 apresenta, através da Estação Pluviométrica Mucuri, a relação entre o consumo não potável, o volume aproveitável e o consumo médio da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso.

Gráfico 7 – Relação entre consumo e volume aproveitável pela Estação Pluviométrica do Mucuri

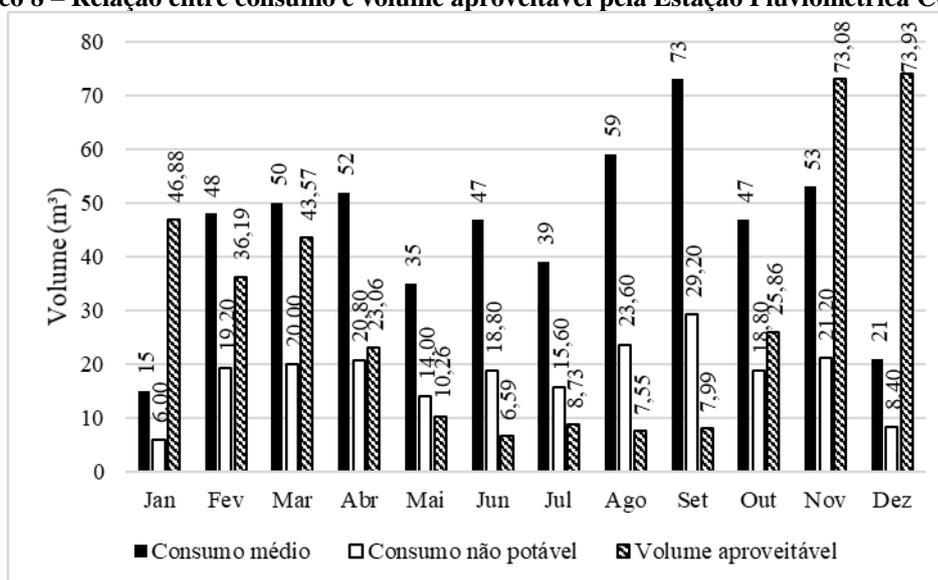
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Sendo assim, é possível observar que, no mês de janeiro, o volume aproveitável é o terceiro maior no gráfico e isso se deve ao fato desse mês possuir grandes índices de precipitação. Além disso, o consumo potável é o menor do ano e conseqüentemente, o consumo não potável também, devido às férias escolares, portanto, há poucos consumidores de água. Os meses de fevereiro e março sofrem um pico considerável de consumo potável, mas o volume aproveitável continua sendo maior que o consumo não potável, em ambos os

meses, cumprindo o objetivo de estudo deste trabalho. Em abril, o consumo não potável e o volume aproveitável se aproximam, entretanto, é possível atender a demanda com o volume captado. Nos meses de maio a setembro, período seco da região de estudo, a demanda é maior do que o volume captado de águas pluviais. Durante o período seco, o volume aproveitável apresenta uma média de 51% de toda demanda não potável, representando um percentual significativo do necessário para o projeto. Isso porque nos meses de agosto e setembro os consumos potável e não potável são muito maiores que o volume aproveitável, e ainda, representam os maiores consumos do ano inteiro. Nos meses de outubro a dezembro, toda água precipitada na área de coleta é suficiente para atender o volume requisitado pelo consumo não potável.

No Gráfico 8 pode-se verificar característica similar ao gráfico anterior, ou seja, correlaciona os consumos potável e não potável da escola com o volume aproveitável. O que difere é a estação pluviométrica utilizada para calcular o volume aproveitável. Ambos os gráficos possuem o mesmo comportamento, entretanto, com os dados da Estação Pluviométrica COPASA, o aproveitamento no período seco é de, aproximadamente, 40,63%.

Gráfico 8 – Relação entre consumo e volume aproveitável pela Estação Pluviométrica COPASA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5.3 Dimensionamento do reservatório

5.3.1 Método da NBR 15.527/2007

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) determina o volume aproveitável através dos parâmetros de precipitação, área de captação, coeficiente de escoamento superficial e fator de captação. Sendo a área de captação 484,75 m², o coeficiente de escoamento superficial 0,9 e o

fator de captação 0,76. O volume aproveitável obtido através dos dados de precipitação da Estação Pluviométrica Mucuri pode ser visualizado na Tabela 15.

Tabela 13 – Volume aproveitável pelo método da NBR 15.527 - Estação Mucuri -1967-2018

		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Volume	$\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$	51,27	31,02	39,75	22,16	10,31	7,97	10,01	7,82	10,50	30,19	62,11	56,77
	$\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$	2,56	1,55	1,98	1,11	0,51	0,39	0,50	0,39	0,53	1,51	3,11	2,84

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

De acordo os dados de precipitação obtidos desta estação, determinou-se um reservatório máximo de 62,11 m^3 mensal. Entretanto, como é preciso suprir a demanda diária, considerando 20 dias de trabalho de uma escola de ensino fundamental, definida por Tomaz (2010), o maior volume encontrado é de 3,11 m^3 .

A análise realizada através dos dados de precipitação da Estação Pluviométrica da COPASA encontrou um volume aproveitável de 66,11 m^3 mensal e 3,31 m^3 por dia. O resultado do dimensionamento pode ser observado na Tabela 16.

Tabela 14 – Volume aproveitável pelo método da NBR 15.527 - Estação COPASA -1967-2018

		Jan	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago	Set	Out	Nov.	Dez
Volume	$\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$	41,91	32,36	38,96	20,62	9,18	5,89	7,80	6,75	7,14	23,12	65,34	66,11
	$\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$	2,10	1,62	1,95	1,03	0,46	0,29	0,39	0,34	0,36	1,16	3,27	3,31

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5.3.2 Método de Rippl

O método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de Rippl devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação (TOMAZ, 2010). Para o autor, este método apresenta o valor extremo do volume do reservatório em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais e por isso é importante utilizá-lo para adquirir uma referência máxima. A Tabela 16 apresenta o dimensionamento pelo Método de Rippl através dos dados de precipitação da Estação Pluviométrica Mucuri.

Tabela 15 – Dimensionamento do Reservatório pelo Método de Rippl - Estação Pluviométrica Mucuri

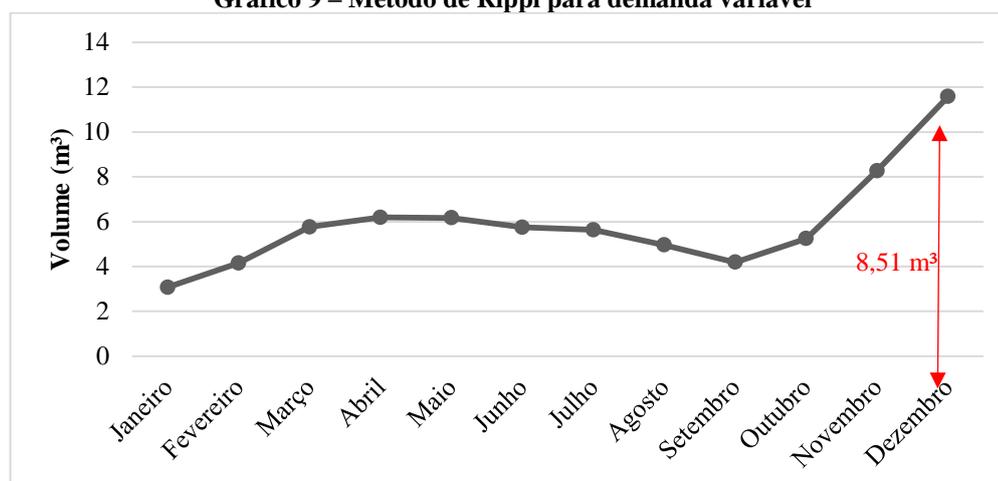
	P	D	A	V	V acc	D acc	V acc – D acc	Vd
Meses	mm	m³	m²	m³	m³	m³	m³	m³
Jan	154,63	6,00		67,46	67,46	6,00	61,46	3,07
Fev.	93,56	19,20		40,82	108,28	25,20	83,08	4,15
Mar	119,89	20,00		52,31	160,59	45,20	115,39	5,76
Abr.	66,84	20,80		29,16	189,75	66,00	123,75	6,19
Mai	31,09	14,00		13,56	203,31	80,00	123,31	6,17
Jun.	24,05	18,80	484,7	10,49	213,80	98,80	115,00	5,75
Jul.	30,20	15,60	5	13,18	226,98	114,40	112,58	5,63
Ago.	23,59	23,60		10,29	237,27	138,00	99,27	4,96
Set	31,67	29,20		13,82	251,09	167,20	83,89	4,19
Out	91,03	18,80		39,71	290,80	186,00	104,80	5,24
Nov.	187,34	21,20		81,73	372,53	207,20	165,33	8,27
Dez	171,21	8,40		74,69	447,22	215,60	231,62	11,58

P: precipitação mensal; **D:** consumo não potável mensal ou demanda; **A** área de contribuição; **V** volume aproveitável; **V acc**: volume aproveitável acumulado; **D acc**: demanda acumulada; **Vd**: volume diário.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O dimensionamento do reservatório com demanda variável pelo Método de Rippl utiliza as precipitações médias mensais da área de estudo, como pode ser observado na coluna 1 e coluna 2 da Tabela 16. A coluna 3 representa o volume da demanda em m³ que são consumos que variam de 6 m³ a 29,20 m³. A coluna 4 representa a área de captação da água de chuva, ou seja, a área da cobertura da quadra poliesportiva da escola. A coluna 5 representa o volume aproveitável, que é toda água precipitada na cobertura considerando o coeficiente de *runnof* de 0,9. Na coluna 6 é apresentado o volume de chuva acumulado, como pode ser observado, dezembro alcança um acúmulo de 447,22 m³. Semelhante a coluna 6, a coluna 7 apresenta o acúmulo da demanda não potável de água. A demanda acumulada em dezembro é de 215,60 m³. Na coluna 9, o volume diário foi calculado dividindo-se o volume resultante da diferença entre o volume acumulado e a demanda acumulada. O Gráfico 8 mostra a relação entre o maior e menor volume captado, onde a diferença entre eles é o volume no qual deverá ter o reservatório. O volume do reservatório encontrado através do método de Rippl é de, aproximadamente, 8,51 m³.

Gráfico 9 – Método de Rippl para demanda variável



Fonte: Elaborando pelo autor, 2019.

A Tabela 17 mostra o dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl com os dados pluviométricos obtidos pela Estação Pluviométrica da COPASA.

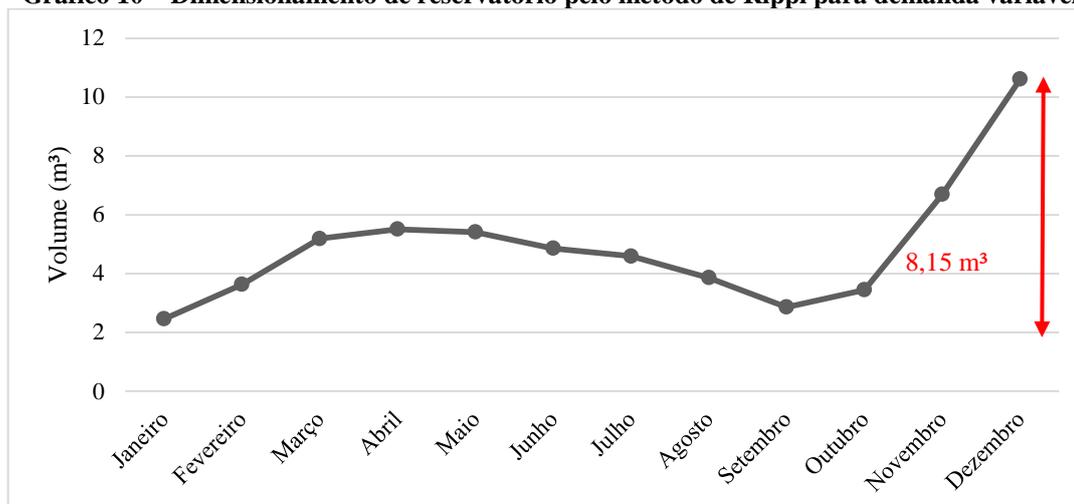
Tabela 16 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl – Estação Pluviométrica COPASA

	P	D	A	V	V acc	D acc	V acc – D acc	Vd
Meses	mm	m³	m²	m³	m³	m³	m³	m³
Jan	126,41	6,00		55,15	55,15	6,00	49,15	2,46
Fev	97,59	19,20		42,58	97,73	25,20	72,53	3,63
Mar	117,49	20,00		51,26	148,99	45,20	103,79	5,19
Abr	62,18	20,80		27,13	176,12	66,00	110,12	5,51
Mai	27,68	14,00		12,08	188,20	80,00	108,20	5,41
Jun	17,78	18,80	484,75	7,76	195,96	98,80	97,16	4,86
Jul	23,53	15,60		10,27	206,23	114,40	91,83	4,59
Ago	20,36	23,60		8,88	215,11	138,00	77,11	3,86
Set	21,53	29,20		9,39	224,50	167,20	57,30	2,86
Out	69,74	18,80		30,43	254,93	186,00	68,93	3,45
Nov	197,08	21,20		85,98	340,91	207,20	133,71	6,69
Dez	199,38	8,40		86,98	427,89	215,60	212,29	10,61

P: precipitação mensal; **D:** consumo não potável mensal ou demanda; **A** área de contribuição; **V** volume aproveitável; **V:** volume aproveitável acumulado; **D:** demanda acumulada; **Vd:** volume diário.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O volume máximo diário obtido foi 10,61 m³ e o mínimo foi de 2,46 m³. O reservatório com os dados desta estação teria um volume de aproximadamente 8,15 m³. A diferença pode ser observada no Gráfico 9.

Gráfico 10 – Dimensionamento de reservatório pelo método de Rippl para demanda variável

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5.3.3 Método do Azevedo Neto

O volume de chuva obtido pelo Método do Azevedo Neto é o produto entre a precipitação, a área de captação, o valor numérico de pouca chuva ou seca e uma constante de correção. A precipitação utilizada foi a média mensal das estações pluviométricas Mucuri e COPASA, a área de captação foi a área do telhado e o valor de pouca chuva adotado foi 5, que é a quantidade de meses em que o volume aproveitável é menor do que a demanda de consumo não potável. O volume obtido com os dados da Estação Mucuri pode ser visto na Tabela 19.

Tabela 17 – Volume aproveitável pelo Método do Azevedo Neto - Estação Pluviométrica Mucuri

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Volume $\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$	15,74	9,52	12,2	6,80	3,16	2,45	3,07	2,40	3,22	9,27	19,07	17,43
$\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$	0,78	0,48	0,61	0,34	0,16	0,12	0,15	0,12	0,16	0,46	0,95	0,87

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O volume aproveitável com os dados da Estação Pluviométrica da COPASA pode ser observado na Tabela 20.

Tabela 18 – Volume aproveitável pelo Método do Azevedo Neto - Estação Pluviométrica COPASA

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Volume $\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$	12,87	9,93	11,96	6,33	2,82	1,81	2,40	2,07	2,19	7,10	20,06	20,30
$\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$	0,64	0,49	0,50	0,32	0,14	0,09	0,12	0,1	0,11	0,36	1,00	1,02

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O Método do Azevedo Neto foi o que apresentou os menores volumes diários do reservatório para ambas as situações. Com os dados de precipitação da Estação Mucuri, 950 litros e para a Estação COPASA 1.020 litros.

Após analisar todas as metodologias utilizadas, optou-se por aderir o maior volume diário do reservatório. Entretanto, como há reservatório de 8.510 litros de capacidade à venda no comércio local, optou-se por escolher um reservatório de 10.000 litros de polietileno.

5.4 Dimensionamento do sistema de abastecimento predial

Os diâmetros encontrados através dos diâmetros equivalentes nos sub-ramais, ramais, colunas de distribuição e barrilete podem ser observados na Tabela 20.

Tabela 19 - Diâmetros do sistema de abastecimento predial			
COLUNA 1 - 32 mm			
Abastece 1 bacia sanitária de caixa acoplada.			
Ramal	15	mm	
Sub-ramal	15	mm	
COLUNA 2 - 32 mm			
Abastece 8 bacias sanitárias de caixa acoplada. DN EQ 8,0			
Ramal 1	25	mm	
Ramal 2	25	mm	
Em cada ponto de utilização DN 15 mm			
Trecho Ramal 1: DN 25 mm			
BS 1	BS 2	BS 3	BS 4
25 mm	20 mm	15 mm	15 mm
DN EQ 4,0			
Trecho ramal 2: DN 25 mm			
BS 5	BS 6	BS 7	BS 8
25 mm	20 mm	15 mm	15 mm
DN EQ 4,0			
COLUNA 3 - 32 mm			
Abastece 1 bacia sanitária de caixa acoplada e 2 tanques de lavar roupa. DN 6,4			
Ramal 1	15	mm	
Ramal 2	25	mm	
Sub-Ramal 1	15	mm	
Sub-Ramal 2	25	mm	
BARRILETE - 40 mm (DN EQ 15,4)			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A velocidade, vazão de projeto, perda de carga unitária, perda de carga total e pressão necessária para o funcionamento do sistema podem ser observados na Tabela 20.

Tabela 20 - Dimensionamento da tubulação

Trecho	Q L/s	D mm	v m/s	J m/m	Desnível m	Comprimento		Hf mca	Pressão disponível mca	Pressão requerida no ponto mca
						Real m	Equivalente m			
AF1	3,52	40	2,8	0,19	2,7	67,7	17,30	18,87	47,72	1
AF2	1,09	25	2,21	0,23	1,9	67,7	6,2	17	33,31	1

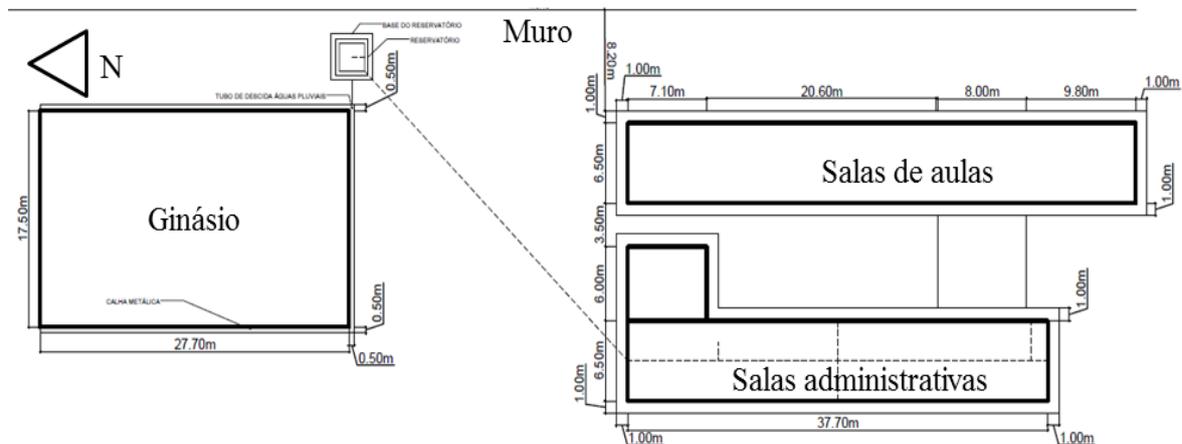
Q: vazão; D: diâmetro; v: velocidade; J: perda de carga unitária; Hf: perda de carga total.

Fonte: Elaboração própria, 2019.

O cálculo foi dividido em dois trechos: o trecho do barrilete e o trecho do ponto crítico, em que o ponto crítico verifica se o sistema funciona no ponto mais distante do reservatório.

Na Figura 12 é possível visualizar o croqui do dimensionamento do sistema hidráulico predial, onde consta o diâmetro da tubulação por trecho e o local de instalação do reservatório.

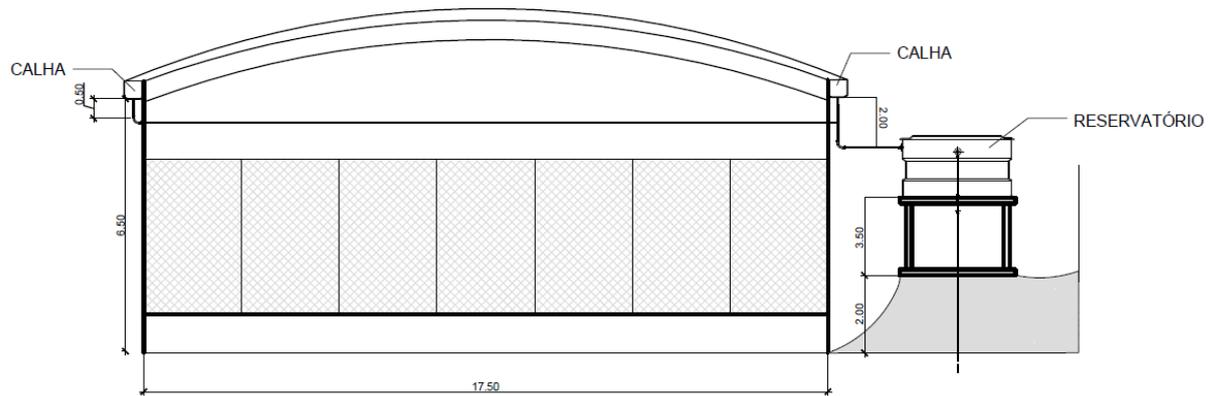
Figura 12 – Croqui do sistema de abastecimento predial



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para que a água captada consiga abastecer a unidade de ensino, será preciso elevar o reservatório a uma altura maior ou igual a perda de carga, para que haja pressão suficiente na tubulação. O local onde será instalado o reservatório possui elevação de 2 metros, mas ainda será preciso construir uma plataforma de concreto superior a a perda de carga. O perfil longitudinal da quadra poliesportiva e do reservatório pode ser observado através da Figura 13.

Figura 13 – Croqui do perfil longitudinal da quadra poliesportiva e do reservatório

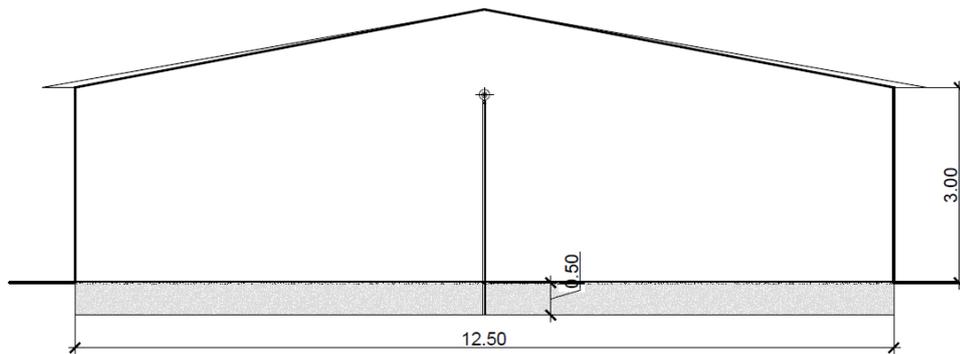


Unidades em metros*.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O perfil longitudinal da escola pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 – Croqui do perfil longitudinal do centro de distribuição



Unidades em metros*.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Através do dimensionamento hidráulico e da elaboração do croqui, foi possível obter a lista de materiais necessárias para a instalação do sistema de captação e adução de água. A lista de materiais pode ser obtida na Tabela 20.

Tabela 21 – Lista de materiais para a instalação do sistema hidráulico predial

Quantidade	Materiais
1	Reservatório de fibra de 10.000 litros
4	Tubo de PVC 50 mm
9	Tubo de PVC 40 mm
4	Tubo de PVC 32 mm
1	Tubo de PVC de 25 mm
1	Tubo de PVC de 15 mm
2	Flange de 50 mm
1	Flange de 40 mm
2	Curva de 90° de 50 mm
4	Curva de 90° de 40 mm
2	Cruzeta de 40 mm
1	Cruzeta de 32 mm
2	Bucha de redução de 40 mm x 15 mm
3	Bucha de redução de 40 mm x 32 mm
1	Bucha de redução de 32 mm x 25 mm
1	Bucha de redução de 32 mm x 15 mm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5.5 Análise econômica da substituição de bacias sanitárias

Para que o dimensionamento seja eficaz é preciso realizar a troca das bacias sanitárias de válvula de descarga para bacias sanitárias com caixa acoplada. Como foi mencionado na metodologia deste trabalho, as bacias sanitárias com caixa acoplada são mais econômicas no consumo de água do que as de válvula de descarga. A instituição de ensino possui 10 bacias sanitárias, sendo 2 com caixa acoplada. Portanto, será necessário implantar 8 bacias sanitárias adequadas.

Para elaborar um orçamento desses equipamentos, foi realizado uma visita em 3 comércios de materiais de construção. Os valores podem ser vistos na Tabela 22.

Tabela 22 – Preço da bacia sanitária Deca com caixa acoplada

Loja	Custo
1	R\$ 229,50
2	R\$ 240,00
3	R\$ 250,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A Loja 1 possui o equipamento mais economicamente viável. A implantação de 8 bacias sanitárias de caixa acoplada totalizaria um custo de R\$1.836,00.

5.6 Custo de instalação do reservatório

De modo similar à análise de substituição de bacias sanitárias, também foi realizada uma pesquisa de preço em 3 lojas no comércio de Teófilo Otoni – MG a fim de minimizar o custo. Os preços dos produtos podem ser visualizados na Tabela 23.

Tabela 23 – Orçamento dos materiais em Teófilo Otoni - MG

Quantidade	Materiais	Loja 1		Loja 2		Loja 3	
		Preço unitário	Preço Total	Preço unitário	Preço Total	Preço unitário	Preço Total
1	Caixa d'água 10.000 litros fibra	R\$ 3.110,00	R\$ 3.110,00	R\$ 3.490,00	R\$ 3.490,00	R\$ 3.050,00	R\$ 3.050,00
4	Tubo de PVC 50 mm	R\$ 24,00	R\$ 96,00	R\$ 24,70	R\$ 98,80	R\$ 22,00	R\$ 88,00
9	Tubo de PVC 40 mm	R\$ 21,90	R\$ 197,10	R\$ 21,00	R\$ 189,00	R\$ 20,00	R\$ 180,00
4	Tubo de PVC 32 mm	R\$ 14,00	R\$ 56,00	R\$ 15,00	R\$ 60,00	R\$ 13,00	R\$ 52,00
1	Tubo de PVC de 25 mm	R\$ 10,00	R\$ 10,00	R\$ 14,00	R\$ 14,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
1	Tubo de PVC de 15 mm	R\$ 12,88	R\$ 12,88	R\$ 12,00	R\$ 12,00	R\$ 12,00	R\$ 12,00
1	Flange de 40 mm	R\$ 30,90	R\$ 30,90	R\$ 29,00	R\$ 29,00	R\$ 32,00	R\$ 32,00
1	Curva de 90° de 50 mm	R\$ 12,00	R\$ 12,00	R\$ 9,50	R\$ 9,50	R\$ 11,00	R\$ 11,00
4	Curva de 90° de 40 mm	R\$ 10,00	R\$ 40,00	R\$ 8,00	R\$ 32,00	R\$ 9,00	R\$ 36,00
2	Cruzeta de 40 mm	R\$ 24,00	R\$ 48,00	R\$ 24,00	R\$ 48,00	R\$ 25,00	R\$ 50,00
1	Cruzeta de 32 mm	R\$ 18,00	R\$ 18,00	R\$ 17,00	R\$ 17,00	R\$ 16,00	R\$ 16,00
2	Redução soldável 75 mm x 50 mm	R\$ 14,00	R\$ 28,00	R\$ 14,50	R\$ 29,00	R\$ 15,00	R\$ 30,00
2	Bucha de redução de 40 mm x 15 mm	R\$ 5,00	R\$ 10,00	R\$ 4,00	R\$ 8,00	R\$ 4,00	R\$ 8,00
3	Bucha de redução de 40 mm x 32 mm	R\$ 3,00	R\$ 9,00	R\$ 3,00	R\$ 9,00	R\$ 3,00	R\$ 9,00
1	Bucha de redução de 32 mm x 25 mm	R\$ 2,50	R\$ 2,50	R\$ 1,50	R\$ 1,50	R\$ 2,00	R\$ 2,00
1	Bucha de redução de 32 mm x 15 mm	R\$ 2,00	R\$ 2,00	R\$ 1,00	R\$ 1,00	R\$ 2,00	R\$ 2,00
1	Joelho 50 mm	R\$ 3,00	R\$ 3,00	R\$ 2,00	R\$ 2,00	R\$ 3,00	R\$ 3,00
1	Tê 50 mm	R\$ 9,00	R\$ 9,00	R\$ 7,50	R\$ 7,50	R\$ 8,00	R\$ 8,00
1	Adesivo plástico para PVC 175 g	R\$ 14,00	R\$ 14,00	R\$ 12,89	R\$ 12,89	R\$ 11,00	R\$ 11,00
Total		-	R\$ 3.708,38	-	R\$ 4.070,19	-	R\$ 3.615,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Pode-se observar que o orçamento mais econômico do reservatório foi o da terceira empresa, totalizando R\$ 3.615,00.

5.7 Redução da despesa com a conta de água

A redução da despesa com a conta de água da escola ocorrerá a partir da implantação do sistema de captação de água chuva. Ou seja, o custo do reservatório retorna como benefício financeiro para a escola. Segundo a COPASA (2019), a tarifa pública de água varia entre R\$ 2,51 a R\$ 10,86, a depender da faixa de consumo. A Tabela 24 apresenta a

redução das despesas por mês de acordo a precipitação obtida pela Estação Pluviométrica Mucuri.

Tabela 24 – Redução da despesa - Estação Pluviométrica Mucuri

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume	m³.mês⁻¹	51,27	31,02	39,75	22,16	10,31	7,97	10,01	7,82	10,5	30,19	62,11	56,77
	R\$.mês⁻¹	521,93	277,82	356,00	198,46	87,92	67,97	85,37	70,04	94,04	270,38	632,28	577,92

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A Tabela 25 apresenta a redução das despesas com os dados de precipitação da Estação Pluviométrica da COPASA.

Tabela 25 – Redução da despesa - Estação Pluviométrica COPASA

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume	m³.mês⁻¹	41,91	32,36	38,96	20,62	9,18	5,89	7,80	6,75	7,14	23,12	65,34	66,11
	R\$.mês⁻¹	426,64	289,82	348,93	184,67	78,29	50,23	66,52	60,45	63,95	207,06	665,16	673,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para a primeira estação, a redução da despesa com água no ano é de, aproximadamente, R\$3.240,00 e na segunda de R\$3.114,72. Isso quer dizer que, em menos de 2 anos o custo de implantação do sistema de águas pluviais estaria quitado e que posteriormente, a redução das despesas seria em média R\$ 270,00 mensais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar um estudo sobre o consumo potável e não potável da instituição, assim como da precipitação local, foi possível identificar viabilidade para a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva. Isso se deve ao fato que, na maior parte do ano, o volume aproveitável é suficiente para atender a demanda não potável de água, e nos cinco meses de estiagem, o volume aproveitável é capaz de suprir até 50% do consumo. Além disso, em menos de 24 meses é possível quitar o custo de implantação. Após a quitação do débito, há economia de água, o que conseqüentemente beneficia financeiramente a escola. Entretanto, seriam necessárias mais pesquisas, estudos *in loco*, entrevistas com os consumidores para estimar o comportamento de consumo da unidade. Os dados de consumo fornecidos ainda não são suficientes para determinar um perfil de consumo preciso.

Apesar do consumo da escola ser consideravelmente baixo, o desenvolvimento do sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em escolas é necessário, porque os centros urbanos são locais susceptíveis a problemas de abastecimento predial e de escassez. O ginásio da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso possui dimensões favoráveis para a captação de águas pluviais. Além disso, a área de contribuição dispõe de calhas laterais, dispensando a instalação de coletores e conseqüentemente, reduzindo o custo do projeto. A quadra também possui elevação suficiente para transportar o fluido para o reservatório sem o auxílio de um conjunto motobomba. O local de instalação do reservatório possui altura de 2 metros, mas ainda é necessário a construção de uma elevatória para armazenar o reservatório. E por se tratar de consumo não potável, o sistema não necessitará de tratamento.

O dimensionamento deste trabalho foi realizado para um sistema indireto de distribuição sem bombeamento, entretanto há perda de carga elevada nas tubulações, tornando o sistema por gravidade economicamente inviável, sendo assim, será necessário bombear a água captada para que atenda as necessidades dos pontos de utilização.

É importante salientar que para que este sistema seja instalado, primeiramente é preciso que as bacias sanitárias de válvula de descarga sejam substituídas por bacias de caixa acoplada. Como foi apresentada na análise comparativa entre os tipos de equipamentos, as bacias sanitárias de válvulas de descarga possuem vazamentos elevados. As bacias de caixa acoplada são mais econômicas e por isso, mais viáveis. E apesar da instituição possuir 10 bacias sanitárias, apenas 6 estão ativos.

Outros fatores também beneficiam a implantação, como o reuso de água de modo sustentável, a conscientização sobre o desperdício de água, a dissociação de água potável e não potável, entre outros. Estudos sociais também podem ser realizados na escola, como noções de conforto térmico, cartilhas educativas aos alunos e principalmente, o potencial de tornar a escola um projeto piloto para a implantação desse sistema nas demais escolas fundamentais do município de Teófilo Otoni – MG.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527: água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5688: Sistemas prediais de água pluvial: esgoto sanitário e ventilação – Tubos e conexões de PVC, tipo DN – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2018.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Distribuição dos Recursos Hídricos no Brasil**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/distribuicao-recursos-hidricos>. Acesso em: 10 jun. 2019.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Quantidade de Água**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 10 jun. 2019.

ARSAE. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. **Dicas para economizar água**. Maio de 2015.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da água de chuva em edificações**. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente. Portugal, 2006.

BOHN, A. R. **Instalação Predial de Água Fria**. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis – SC, 2005. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/af.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.?

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Cemig, 2012.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. LTC, 6ª ed. Rio de Janeiro – RJ, 2006.
HYDRA-CORONA. **Válvulas de descarga – ficha técnica**. Disponível em: <https://www.deca.com.br/válvulas-de-descarga>. Acesso em: 26 mai. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Densidade demográfica do Brasil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html>. Acesso em: 10 jun. 2019.

JQUES, R. C. **Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e Sua Potencialidade Para Aproveitamento em Edificações**. 102 f. Florianópolis, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M.; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Cuiabá – MT, v.13, n.3, jul./set. 2011.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituições de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

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

NETO, V. P. **Avaliação da qualidade da água de represas destinadas ao abastecimento do rebanho na Embrapa pecuária sudeste**. 2006. 40p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de recursos hídricos e ecologia aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: Estudo de caso em Palhoça – SC**. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2005.

PEDRONI, G. P. **Aproveitamento de água de chuva em uma escola pública de Caxias do Sul**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Engenharia Civil. Porto Alegre – RS, 2013.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2006.

PIOL, L. S.; OLIVEIRA, I. T.; DALMO, F. C.; ANTUNES, B. M. **Com-ciência hídrica e eficiência energética – Projeto piloto para uma escola pública municipal em Teófilo Otoni – MG.** XI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Cuiabá – MT, 2018.

POLETTI, I. **Programa de cisternas caseiras no Brasil: Iniciativas simples, grandes soluções.** Caritas Brasileira, 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro. Campina Grande – PB, 2001.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Uso racional. Dados de consumo.** Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SCHERER, F. A. **Uso Racional da Água em Escolas Públicas: Diretrizes Para Secretarias de Educação.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

THOMAS, Terry. **Bacteriological quality of water in DRWH- Rural Development.** Germany: 2001, Rainwater International Systems de 10 a 14 de setembro de 2001 em Manheim.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de águas de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** São Paulo: Navegar. 2010.

VON SPERLING, M.; **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, v 1, 1ª Edição,** Belo Horizonte DESAUFMG, 240 p, 1995.