

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

SAMARA BARBOSA DE FREITAS

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS NA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE DO MUNICÍPIO DE
IGUATU-PR.**

**CASCADEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

SAMARA BARBOSA DE FREITAS

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS NA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE DO MUNICÍPIO DE
IGUATU-PR.**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professora Orientadora: Dra. Engenheira Química, Karina Sanderson Adame.

**CASCADEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

SAMARA BARBOSA DE FREITAS

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS NA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE DO MUNICÍPIO DE
IGUATU-PR.**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) **Dra. Engenheira Química, Karina Sanderson Adame.**

BANCA EXAMINADORA


Orientadora Prof. **KARINA SANDERSON ADAME**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Doutora em Engenharia Química.


Professora **DANIELI SANDERSON SILVA**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Mestre em Economia.


Professor **RICARDO PAGANIN**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Mestre em Engenharia Civil.

Cascavel, 14 de junho de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais, ao meu querido irmão, e ao meu incrível namorado, e a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram nos momentos difíceis que passei.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus e minha iluminada família, por me dar amparo e forças para ir além.

Ao meu pai Laercio, por acreditar em mim e por ter se esforçado para me dar esta oportunidade.

À minha doce mãe Maria Aparecida, com seu infinito amor e fé.

Ao meu irmão querido Êmerson, que sempre me apoiou.

Ao meu namorado Marcos, pela paciência e amor.

Aos meus queridos amigos Adrielli, Fania, Luana, Sara e Sidiclei, pelo companheirismo e apoio incondicional, que Deus permita vocês sempre em minha vida.

Agradeço de forma especial minha linda Orientadora Prof. Karina Sanderson Adame por acreditar sempre em mim e no meu trabalho e pela sua incansável dedicação em me auxiliar com conselhos para vida acadêmica e pessoal, não me deixando desistir. Que um dia eu possa ter metade do seu conhecimento e luz.

Agradeço a minha Coordenadora de curso Prof. Débora Felten por toda dedicação e carinho comigo em momentos felizes e difíceis, me levantando e tornando o sonho de ser Engenheira Civil cada dia mais real, admiro-a muito como pessoa e profissional.

Agradeço a todos os professores por me proporcionarem grande conhecimento, não só acadêmico, como também para a vida.

Agradeço a Prefeitura Municipal de Iguatu-PR por permitir que fosse feito o estudo na Unidade Básica de Saúde de Iguatu-PR.

Agradeço a Barbara, Elenilson, Mariana, Mario, Susana, Vera e Victor pelo valioso apoio e amor.

EPÍGRAFE

“... 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

Através do desenvolvimento da indústria de construção civil e sua intervenção constante no meio ambiente, é necessária uma avaliação e adaptação nos métodos construtivos utilizados nas edificações, já que são estas relacionadas as ações do ser humano, podendo prever assim uma ingestão mais racional fazendo o uso de novos materiais e de novas soluções tecnológicas que possam equilibrar as atividades nas construções e como estas afetam o meio ambiente. Este trabalho aborda a análise da implantação de um sistema de reaproveitamento pluvial para fins não potáveis em uma Unidade Básica de Saúde do município de Iguatu-PR. O objetivo da pesquisa é dimensionar todo o sistema de reaproveitamento pluvial e indicar o melhor modelo de reservatório e o local para sua implantação. O método de estudo consiste na captação de águas pluviais pela estrutura de cobertura; em sua distribuição pelos condutores verticais e horizontais; na retirada de detritos sólidos por meio de um filtro instalado na base do reservatório que recebe a primeira demanda pluvial; no armazenamento em um reservatório que fará a primeira decantação dos micro-organismos, servindo como depósito para elevação do fluido por meio da estação elevatória com moto bomba e tubulação de recalque. Deste modo, através da tubulação de recalque, o fluido será elevado ao reservatório superior ambos reservatórios com 6000 L e modelo de moto bomba TSM-2509, que ficará situada no sistema elevando as águas pluviais até a cobertura da edificação e que por fim estará pronta para ser utilizada auxiliando na sustentabilidade da edificação em estudo, com redução de consumo em 62%. O sistema será instalado na parte lateral inferior da edificação em estudo, afim de não influenciar nas outras atividades desenvolvidas no local.

Palavras-chave: Reaproveitamento de água. Águas pluviais. Engenharia civil. Sustentabilidade. Recursos renováveis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização da unidade básica de saúde de Iguatu-PR.	Erro! Indicador não definido.
Figura 02: Localização da UBS de Iguatu-PR.	Erro! Indicador não definido.
Figura 03: Planta de cobertura da UBS do Município de Iguatu-PR.	19
Figura 04: Reservatório enterrado.	288
Figura 05: Instalação de reservatório enterrado.	288
Figura 06: Reservatório semienterrado.	299
Figura 07: Reservatório elevado.	299
Figura 08: Reservatórios apoiados.	30
Figura 09: Equações para cálculo para área de contribuição.	344
Figura 10: Área de captação lateral, Platibandas.	355
Figura 11: Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais.	40
Figura 12: Unidade Básica de Saúde de Iguatu-PR	6747
Figura 13: First flush.	499
Figura 14: Distribuição dos reservatórios.	5050
Figura 15: Divisão das áreas de captação pluvial e platibandas.	544
Figura 16: Área de captação pluvial 00 e 01.	555
Figura 17: Área de captação pluvial 02.	555
Figura 18: Área de captação pluvial 03.	555
Figura 19: Área de captação pluvial 04.	566
Figura 20: Área de captação pluvial 05.	566
Figura 21: Áreas de captações pluviais 07 e 08.	566
Figura 22: Dimensões para cálculo da área de contribuição 06.	577
Figura 23: Altura da inclinação do telhado para cálculo da área de contribuição 06.	577
Figura 24: Distribuição dos condutores verticais	60
Figura 25: Calha.	61
Figura 26: Detalhamento calha em cm.	63
Figura 27: Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais.	65
Figura 28: Distribuição dos reservatórios.	67
Figura 29: Localização sistema de aproveitamento pluvial na UBS Do Iguatu-PR	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vantagens do reaproveitamento pluvial.	233
Tabela 2: Parâmetros de ajuste para localidades do Brasil.....	37
Tabela 3: Coeficiente de Manning	39
Tabela 4: Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (vazão em L/min).....	39
Tabela 5: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).	41
Tabela 6: Consumos potenciais.	43
Tabela 7: Perdas de cargas dos aparelhos.....	45
Tabela 8: Modelos de bomba.	45
Tabela 9: Parâmetros de ajuste para a localidade de Curitiba-Pr.	533
Tabela 10: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).	655
Tabela 11: Consumos potenciais.	688
Tabela 12: Valores perdas de cargas conforme Tabela 7.	71
Tabela 13: Determinação da bomba.	722

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Volume reservatório	33
Equação 2: Área de contribuição com inclinação até 20%	34
Equação 3: Área de contribuição com inclinação maior que 20%.....	34
Equação 4: Área de captação lateral	355
Equação 5: Vazão de projeto.....	36
Equação 6: Intensidade pluviométrica	37
Equação 7: Fórmula de Manning	38
Equação 8: Área de seção molhada da calha.....	38
Equação 9: Raio hidráulico da seção transversal da calha	39
Equação 10: Perda de carga	42
Equação 11: Consumo mensal	43
Equação 12: Consumo diário	43
Equação 13: Vazão tubulação	43
Equação 14: Diâmetro de recalque ou sucção.....	44
Equação 15: Número de horas de funcionamento da bomba	44
Equação 16: Comprimento equivalente	44
Equação 17: Perda de carga unitária	455

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

ANAB – Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica

UNIÁGUA – Universidade da Água

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

Dr – Diâmetro de Recalque

I – Intensidade

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

L – Litro

L/leito – Litros por leito

L/ metro – litros por metros

L/min – Litros por Minuto

L/s – Litros por Segundo

M – Metros

m/m – Metro por Metro

mm/ano – Milímetros por ano

mm/hora – Milímetros por Hora

M² – Metros Quadrados

M³ – Metros Cúbicos

M³/ dia – Metros Cúbicos por dia

Min – Minutos

N – Coeficiente de Rugosidade

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PNH – Política Nacional de Recursos hídricos

PR - Paraná

PVC – Policloreto de Polivinila

Qr – Vazão de Recalque

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

UBS – Unidade Básica de Saúde

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	14
1.1 INTRODUÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....	17
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	18
CAPÍTULO 2.....	20
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1.1 Escassez hídrica.....	20
2.1.2 Legislação para aproveitamento de águas pluviais.....	21
2.1.3 Vantagens do reuso das águas pluviais.....	22
2.3.1 Classificação do reuso das águas pluviais.....	24
2.3.2 Qualidade da água.....	24
2.4 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	25
2.4.1 Área de captação.....	25
2.4.2 Sistema de transporte.....	26
2.4.3 Cisterna ou reservatório.....	26
2.4.4 Remoção dos materiais grosseiros.....	27
2.5 MODELOS DE RESERVATÓRIOS.....	27
2.5.1 Reservatórios enterrados.....	27
2.5.2 Reservatórios semienterrados.....	28
2.5.3 Reservatórios elevados.....	29
2.5.4 Reservatórios apoiados.....	30
2.6 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS.....	30
2.6.1 Método de Rippl.....	30
2.6.2 Método da simulação.....	31
2.6.3 Método Azevedo Neto.....	31
2.6.4 Método prático Alemão.....	31
2.6.5 Método prático Inglês.....	31

2.6.6 Método prático Australiano.....	32
2.6.7 Decreto Municipal 293/2006- Curitiba-PR.....	32
2.6.8 Lei Municipal 12526 de janeiro de 2007- São Paulo.....	32
2.7 DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	32
2.7.1 Área de contribuição.....	33
2.7.2 Escoamento de águas pluviais.....	35
2.7.2.1 Intensidade da precipitação.....	36
2.7.3 Calhas.....	37
2.7.3.1 Dimensionamento de calhas.....	38
2.7.4 Condutores.....	40
2.7.4.1 Condutores verticais.....	40
2.7.4.2 Condutores horizontais.....	41
2.8 SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	40
2.8.1 Bombas.....	42
CAPÍTULO 3.....	46
3.1 METODOLOGIA.....	46
3.1.1 Caracterização da amostra.....	46
3.1.1.2 Classificação da água de reuso.....	47
3.1.2 Captação pluvial.....	47
3.1.3 Intensidade pluviométrica.....	48
3.1.4 Condutores de águas pluviais.....	48
3.1.5 Tratamento de água	49
3.1.6 Armazenamento de água	50
3.1.7 Sistema de Bombeamento.....	50
3.1.8 Distribuição pela tubulação.....	51
3.1.9 Análise de dados.....	50
CAPÍTULO 4	52
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.1.1 Intensidade pluviométrica anual média de Iguatu-PR.....	52
4.1.2 Área de contribuição.....	53
4.1.2.1 Cálculo das áreas de contribuição das águas pluviais com inclinação de até 20%.....	54

4.1.2.2 Cálculo das áreas de contribuição das águas pluviais com inclinação maior que 20%.....	57
4.1.2.3 Cálculo das áreas de contribuição das águas pluviais das superfícies laterais (platibandas).....	58
4.1.2.4 Cálculo das áreas de contribuição total.....	59
4.1.3 Vazão de projeto.....	59
4.1.4 Definição dos números de condutores verticais.....	60
4.1.5 Dimensionamentos das calhas.....	61
4.1.6 Condutores verticais.....	64
4.1.7 Condutores horizontais.....	65
4.1.8 Reservatório de armazenamento	66
4.1.9 Sistema de bombeamento de água da chuva.....	67
4.1.9.1 Consumo mensal e diário.....	69
4.1.9.2 Diâmetro de recalque e sucção.....	69
4.1.9.3 Comprimento virtual da tubulação	70
4.1.9.4 Perda de carga unitária tubulação de recalque.....	72
4.1.9.5 Perda de carga total da tubulação de recalque.....	72
4.1.9.6 Escolha modelo de bomba.....	72
4.2 RESULTADOS ENCONTRADOS.....	72
CAPÍTULO 5.....	74
5.1 Considerações finais.....	74
CAPÍTULO 6.....	75
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	75
REFERÊNCIAS.....	76

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a manutenção da vida. E mesmo que sua quantidade seja constante no planeta, sua distribuição não é uniforme, além disso, o desperdício e a degradação fazem com que este recurso se torne escasso e precioso em muitas regiões. Por isso é de extrema importância que se busque alternativas para o uso racional, reuso de água e também o reaproveitamento de águas pluviais.

A disponibilidade de água potável é afetada por vários fatores: elevados níveis de consumo, uso inadequado, aumento populacional, a poluição de rios e lagos, o abastecimento inadequado e a excessiva exploração de reservas de água doce. O meio urbano pode ser considerado como o maior responsável pela escassez de água potável e deve buscar uma melhor gestão e conservação dos recursos hídricos (SOUZA, 2015).

O Brasil está em uma posição de privilégio em relação à quantidade de recursos hídricos acessível, pois detém cerca de 12% de toda água doce do planeta. No entanto a sua distribuição não é igualitária, 80% da água doce encontra-se na região norte, a qual é habitada por apenas 5% da população. Restando cerca de 20% para as demais regiões, habitadas por cerca de 95% da população (GIACGHINI, 2010).

Neste cenário nasce uma importante técnica capaz de estimular a conservação da água: o aproveitamento de águas pluviais. A implantação de um sistema de aproveitamento de água da pluvial para fins não potáveis cria uma fonte alternativa, diminuindo a demanda por água potável fornecida pelas companhias de saneamento (SAMPAIO, 2013).

O sistema trabalha de forma simples: a água da chuva é captada por meio das calhas, passa por um filtro que barra as impurezas e em seguida segue para a cisterna ou reservatório. Esta água armazenada não pode ser misturada com a água potável destinada a abastecer torneiras da cozinha, filtros, chuveiros, banheiras e lavatórios, pois é inadequada para consumo humano (CARVALHO JUNIOR, 2016).

O reaproveitamento de água pluvial é uma forma de conservação de água potável, e contribui também para o reaproveitamento das águas pluviais, para a redução do escoamento superficial, diminuindo as chances de enchentes e alagamentos nas cidades.

A NBR 15527/2007 é o principal parâmetro que pode ser utilizado para dimensionamento de reservatórios. Ela fornece seis métodos: Rippl, Simulação e Azavedo

Neto, Alemão, Inglês e Australiano. Os municípios de Curitiba e São Paulo também possuem métodos que podem ser utilizados para montagem do sistema, estes estão dispostos em Decreto e Lei o Decreto de Curitiba é o 293/2006 e a Lei de São Paulo é a 12.526/2007. O município de Iguatu não possui nenhuma política pública em relação a questão.

Todos estes métodos, Decreto e Lei podem ser utilizados para criar um sistema adequado de reuso de água pluvial não potável. Sendo utilizado em descarga de vasos sanitários, jardins, lavagem de calçadas, lavagem de veículos e serviços domésticos de modo geral.

Em Cascavel, a Lei Nº 4.631 aprovada no ano de 2007 prevê a implantação de sistemas de uso de água pluvial em novas edificações sendo obrigatórias para o setor industrial.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é realizar a análise do estudo da implantação de um sistema de reaproveitamento de água pluvial na unidade básica de saúde de Iguatu- PR.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais em uma Unidade Básica de Saúde do município de Iguatu- PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Verificar o método mais indicado para a execução do sistema de reaproveitamento de águas pluviais conforme NBR 10844/1989;
- b) Indicar a localização na unidade básica de saúde do município de Iguatu-PR, para a construção do sistema de águas pluviais;
- c) Dimensionar o sistema de águas pluviais para atender a demanda da unidade básica de saúde;
- d) Realizar levantamento da redução de volume de água a ser utilizada na edificação.

1.3 JUSTIFICATIVA

É evidente o descaso humano ao meio ambiente. Durante várias décadas a raça humana usufruiu de fontes de recursos naturais, sem se preocupar com a sua renovação ou o seu uso racional. Esse fato se deve às grandes fases de crescimento da população mundial, sendo o fato propulsor no aumento da demanda por estes recursos. Entretanto, as questões ambientais começam a ganhar mais destaque na sociedade e vêm ganhando relevante importância no cenário mundial. Esta preocupação tem se tornado cada vez mais frequente e está forçando a sociedade a rever as suas práticas em relação ao uso e gerenciamento dos recursos naturais. Os recursos hídricos são parte da lista que, por muito tempo, foram explorados sem precedentes e carecem de atenção. Este trabalho tem a finalidade de mostrar alternativas sustentáveis e financeiramente viáveis para realização de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais.

A água é indispensável para a continuação da vida no nosso planeta. Ela é parte inerente de todos os seres vivos e, sem ela, não se poderia conceber a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura os procedimentos realizados pela natureza para transformar a água impura em água potável são extremamente lentos, frágeis e bastante limitados. É por isso que a água deve ser manipulada com controle, paciência, racionalidade e preocupação (UNIÁGUA, 2004).

Embora a água através do seu ciclo hidrológico seja renovável, a sua oferta não é capaz de suprir a demanda. Há sempre um déficit cada vez mais acentuado pelo seu uso irracional. A água doce chega a ser considerada, hoje, como um recurso esgotável, tamanho o seu consumo desordenado. Assim faz-se necessário estabelecer nova relação entre o homem e a água.

No meio de todo este contexto, percebe-se que algumas empresas, organizações e especialistas no assunto estão investindo em estudos que possam revelar novas formas de realizar reaproveitamento de água, onde surgem inúmeras alternativas interessantes. A captação de água da chuva para fins não potáveis é uma das alternativas que vem crescendo gradualmente, pois provoca pouco ou quase nenhum impacto ambiental.

O desenvolvimento de estudos e análises sobre os sistemas de aproveitamento de água da chuva é uma solução relativamente simples para minimizar problemas de escoamento das cidades e diminuir a demanda de água potável fornecida pelas prestadoras de serviços públicos de saneamento.

É importante o estudo de métodos para dimensionamento adequado de volume de reservatório, pois este elemento é o que acarreta maior custo para a construção do sistema.

Realizar dimensionamento correto significa garantir melhor eficiência para o sistema, a fim de que este funcione na maior parte do tempo.

A contribuição acadêmica deste trabalho dá-se pela demonstração clara e objetiva de que o assunto sustentabilidade é parte essencial da Engenharia Civil. Atualmente, a construção civil está entre as atividades humanas que mais causam impactos ambientais no mundo, e segundo a Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica (ANAB) no Brasil, cerca de quarenta por cento dos recursos extraídos da natureza são para o setor da construção civil, sendo trinta e quatro por cento água.

Desta forma, realizar a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas da chuva mostra preocupação com o meio ambiente e desejo de contribuir para sua melhoria, auxiliando também economicamente no orçamento ao fim do mês.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual o método construtivo e o método de dimensionamento mais adequado para a execução do sistema de reaproveitamento de águas pluviais na Unidade Básica de Saúde de Iguatu-PR, e a melhor localização para sua implantação?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

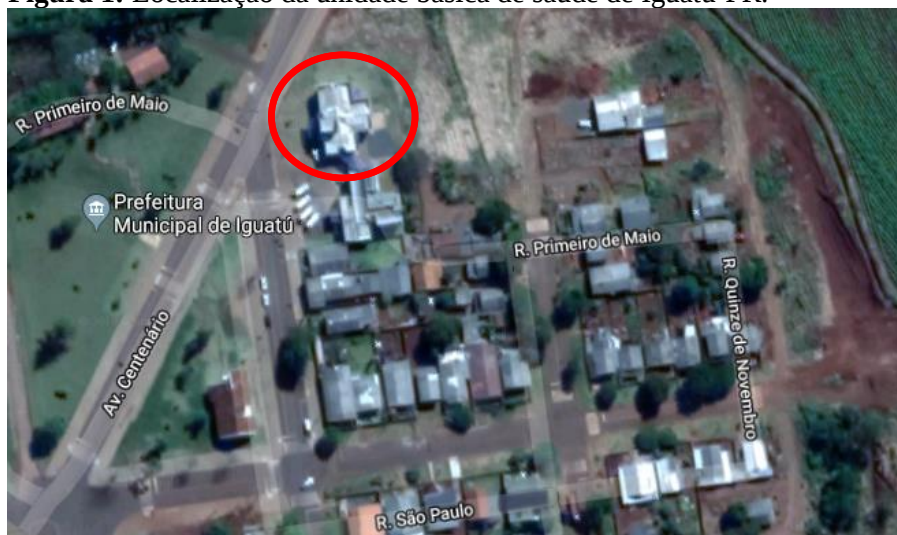
Hoje, praticamente tudo o que é desenvolvido pelo homem envolve água de alguma forma. A população necessita ter uma visão integrada que a água é um elo de ligação de diferentes setores da economia, da energia, da agricultura e do transporte. Ela possui uma ligação fortíssima com a saúde, através do saneamento. A demanda hídrica cresceu aceleradamente no último século gerando restrições quanto a sua oferta a população.

Colocar em prática ações que possam contribuir para uma conscientização dos recursos naturais, é uma iniciativa estimulante. Executar cisterna, que capta água pluvial que anteriormente seria descartada é um grande começo, gerando economia e reforçando laços com meio ambiente.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será limitada a um estudo de caso para analisar os dados de dimensionamento do sistema de captação de água da chuva na Unidade Básica de Saúde localizado na rua treze de maio nº 01 do município de Iguatu-PR **Erro! Fonte de referência não encontrada..** A unidade básica de saúde possui 324,51 m² de construção com apenas um pavimento térreo.

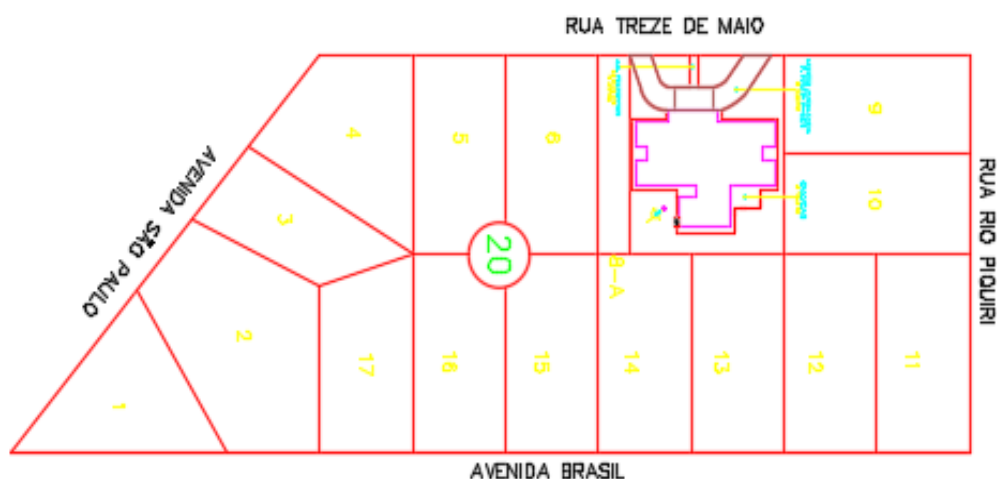
Figura 1: Localização da unidade básica de saúde de Iguatu-PR.



Fonte: Autor (2018).

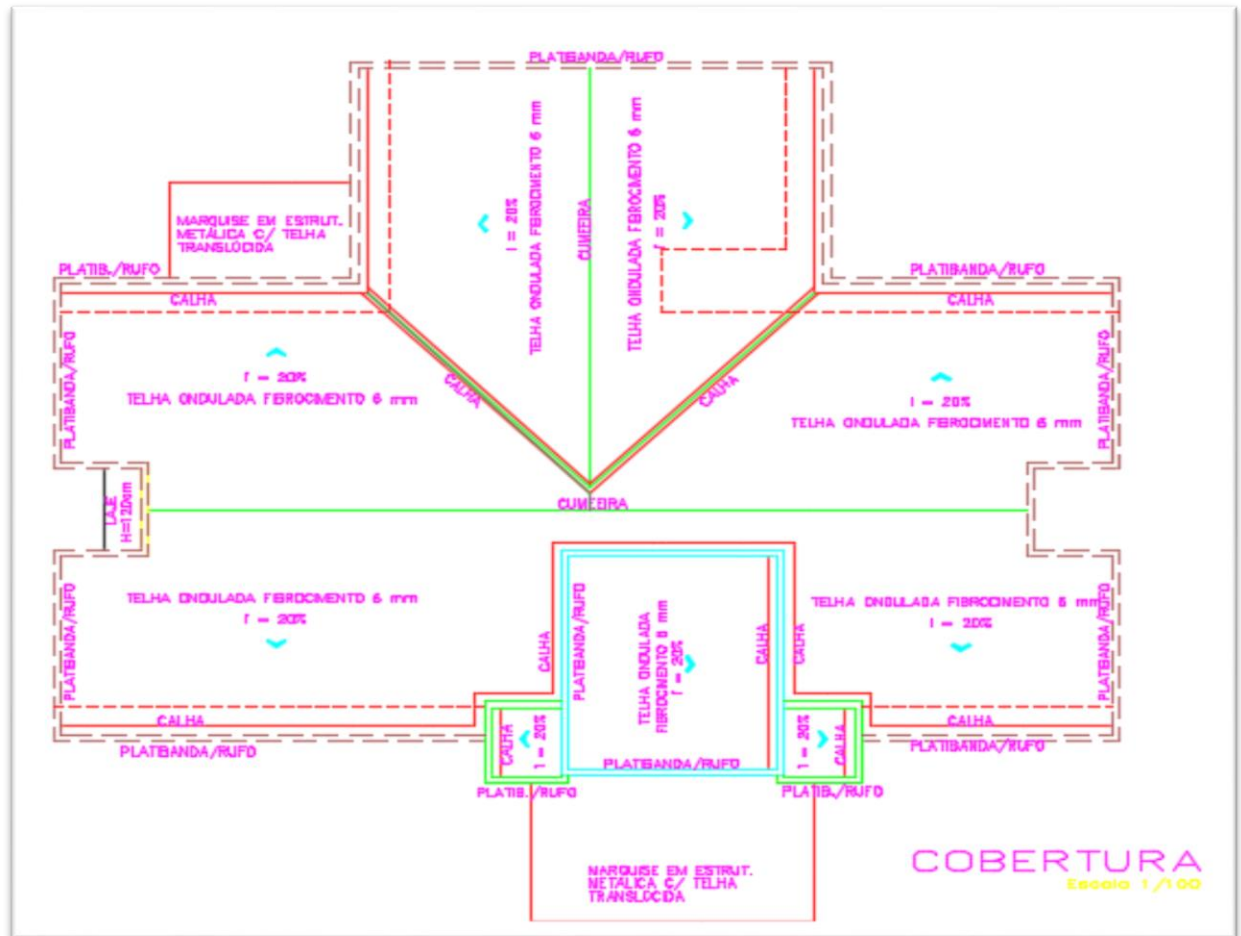
A implantação será utilizada para fins não potáveis com intuito de atender torneiras de jardins, lavagem de calçadas, lavagem de veículos e descarga de vasos sanitários. O maior consumo de água é durante a manhã e à tarde, já nos finais de semana e feriados a demanda hídrica diminui. A Figura 02 representa a localização da UBS de Iguatu-PR dentro do município, e a Figura 03 representa a planta de cobertura do telhado em estudo.

Figura 02: Localização UBS de Iguatu-PR.



Fonte: Prefeitura Municipal de Iguatu-PR (2019).

Figura 03: Planta de cobertura da UBS de Iguatu-PR.



Fonte: Prefeitura Municipal de Iguatu-PR (2019).

CAPÍTULO 2

2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.1 Escassez Hídrica

Existem dois tipos de escassez de água. Há a escassez econômica que ocorre devido à falta de investimento e é caracterizada por pouca infraestrutura e distribuição desigual. E a escassez física que ocorre quando os recursos hídricos não conseguem atender a demanda populacional. Regiões áridas são mais associadas a escassez física: por volta de 25% da população mundial vive em bacias hidrográficas onde há escassez física de água. Um bilhão de pessoas vivem em bacias hidrográficas onde a água é economicamente escassa (CIRILO, 2015).

Atualmente mais de um bilhão de pessoas – ou seja, um em cada sete habitantes do planeta- necessitam de acesso adequado a água potável. Mais de 40% da população do planeta viverá por curto prazo em regiões que são crescentemente afetadas pelo estresse hídrico. Os hidrólogos preveem que, se continuar com esta tendência, a água doce irá enfrentar uma dupla pressão: de um lado, o crescimento populacional potencializado pelas práticas intensas de consumo, que irá aumentar a demanda por comida e energia e, por outro lado, o impacto das mudanças climáticas (JACOBI, 2016).

Segundo as perspectivas das Nações Unidas, ao menos um terço de toda população mundial vai ficar sem água até dois mil e cinquenta. Isto se dá, principalmente, ao fato de que o recurso hídrico é finito e praticamente constante nos últimos quinhentos anos (TOMAZ, 2001). A situação toma proporções críticas quando se percebe que o crescimento desacelerado da população vai condenar milhões de pessoas ao que se tem nomeado de “indigência hidrológica”, uma forma de pobreza que será impossível de se escapar (FERREIRA, 2005).

Segundo Tomaz (2003), se, por um lado, algumas regiões do globo, a escassez de água é uma realidade presente e preocupante, por outro sua presença se faz em abundância, fato que proporciona, em muitos casos, a desvalorização deste bem valioso e indispensável a vida. A América do Sul é responsável pela segunda maior fonte de recursos hídricos do mundo, com 23,1%, sendo ultrapassada pela Ásia, que detém 31,6% desta vazão.

O Brasil situa-se em um cenário muito privilegiado em relação a distribuição de recursos hídricos, detendo 12% de toda água doce presente no planeta. Todavia, quanto a distribuição de água no país é possível observar grandes inexactidões, pois, em áreas onde o número

populacional é baixo há maior acúmulo de água, a região norte do país possui cerca de 70% de toda água doce presente no Brasil (ANA, 2010).

Coelho e Borelli (2003), fizeram uma entrevista com Gerônimo Albuquerque Rocha, que no momento era funcionário do departamento de águas e energia elétrica (DAEE) de São Paulo. Ele deixou claro que o Brasil, com exceção do Nordeste, é abundante em água potável, mas a população e os governantes estão reduzindo a capacidade hídrica do país por dois motivos: a poluição de rios e represas com esgotos domésticos e industriais que abastecem as bacias hidrográficas e pela má utilização da água com irrigações, abastecimento público, industriais e setor hidroelétrico, que desperdiçam uma enorme quantidade de água de potável para esses fins, sendo que seria mais viável adotar um sistema de reaproveitamento de águas pluviais.

2.1.2 LEGISLAÇÃO PARA REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Até meados da década de 30, no Brasil, o uso das águas era regido por uma legislação ultrapassada. O Decreto nº 24.643 de 1943, nomeado como código das águas, definiu alguns critérios para o uso das águas. Em relação à água da chuva o decreto afirma que as águas pluviais são pertencentes ao dono do prédio onde caíram diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade. Ao proprietário é proibido o desperdício dessas águas em prejuízo dos outros prédios que delas possam aproveitar. Também não é permitido desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar um outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las. As águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos são de domínio público e a todos é lícito apanhar estas águas.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é instituída pela Lei nº 9.433/97 e é nomeada como Lei das Águas. A lei das águas não discute o aproveitamento de águas pluviais de forma direta, mas se relaciona com o assunto à medida que incentiva práticas sustentáveis para uso do recurso hídrico e prevenção de eventos hidrológicos como secas e enchentes.

Algumas cidades criaram suas próprias leis no âmbito de determinar que novas construções instalem um sistema que reserve as águas das pluviais a fim de evitar, ou reduzir os problemas de enchentes e secas. Neste trabalho duas diretrizes de duas capitais serão abordadas: Curitiba e São Paulo.

Em Curitiba- PR o Decreto Municipal 293/2006 faz exigência que edifícios comerciais e edifícios de habitação coletiva com área total construída por unidade seja igual ou maior que 250 m² e nas construções de habitações unifamiliares em série ou em conjuntos habitacionais

independente da área construtiva devem ter mecanismos de captação e armazenagem de águas pluviais.

Em São Paulo a Lei 12.526/2007 determina que seja obrigatória a instalação de um sistema de captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² com finalidade de reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais, controlar a ocorrência de inundações e reduzir o consumo de água potável tratada.

Outras definições normativas importantes que devem ser citadas são as que dissertam sobre a água da chuva e aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, e também instalações prediais de águas pluviais. Estas são as Normas Brasileiras Regulamentadas NBR 15527 (ABNT, 2007) e NBR 10844 (ABNT, 1989), que dão diretrizes para elaboração de projetos e dimensionamentos de instalações de sistemas de reaproveitamento pluvial.

No ano de 2007, foi aprovado no município de Cascavel a Lei nº 4.631 que institui o Programa Municipal de Conservação e uso Racional da Água e reuso em edificações. Em relação ao Item II do Art. 3º desta lei, deverão ser estudadas soluções técnicas de captação, armazenamento e utilização de água da chuva a serem aplicadas em projetos de novas edificações (CASCABEL, 2007). O prazo para regularização em Cascavel era até o ano anterior 2017 para que os imóveis já existentes fossem adaptados e tornou obrigatório o uso de água da chuva nas atividades do setor industrial.

2.1.3 VANTAGENS DE REUSO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O manejo e o reaproveitamento das águas pluviais não é uma prática que possa ser considerada nova, há relatos de que esta prática já vem sendo utilizada a milhares de anos atrás, antes mesmo da era cristã (OLIVEIRA, 2014).

No planalto de Loess na China já existiam cacimbas e tanques para armazenagem de águas pluviais há dois mil anos atrás. Na Índia inúmeras experiências tradicionalistas eram feitas sobre coleta e aproveitamento de água da chuva. No deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, existiu um sistema integrado de manejo de água pluvial (GNADLINGER, 2000).

A coleta e o reaproveitamento das águas pluviais pela sociedade sofreu perda de força com a introdução de tecnologias mais atualizadas de abastecimento. No entanto, a utilização da água da chuva tem voltado a ser realidade, tornando-se parte da gestão moderna de grandes

países em desenvolvimento. Diversos países europeus e asiáticos começaram a utilizar amplamente a água da chuva em residências, indústrias e na agricultura, pois sabe-se que esta possui qualidade compatível com usos importantes, podendo ser considerada um meio simples e eficaz para atenuar o problema ambiental de escassez de água (OLIVEIRA, 2014).

Segundo Gardner e Coombes (2004), os sistemas de reaproveitamento de águas pluviais na Austrália proporcionaram uma economia de quarenta e cinco por cento do consumo de água nas residências, já na agricultura a economia chegou a sessenta por cento.

Ghisi (2010), aponta diversas vantagens de se aproveitar as águas pluviais e estas estão dispostas no Tabela 1.

Tabela 1: Vantagens do reaproveitamento pluvial.

VANTAGENS
Utilização de estruturas existentes(Telhados, lajes, estacionamentos, entre outros);
Impacto ambiental baixo, comparando com tecnologias para tratamento de água;
Água relativamente limpa;
Não substitui o sistema convencional;
Reserva de água para situações de emergência;
Redução da carga de drenagens e enchentes;
Ajuda a diminuir a demanda de água tratada;
Qualidade aceitável para muitos objetivos;
Operação e gerenciamento do sistema podem ser feitos pelo usuário;
Propriedades físicas e químicas normalmente superiores à água subterrânea que pode ter sido contaminada.

Fonte: Ghisi (2010).

O aproveitamento e reuso pluvial é sem dúvidas muito vantajoso e pode com toda certeza ser citado como uma das soluções mais simples e baratas para a preservação da água potável e solução de escassez hídrica.

2.3.1 Classificação do reuso

Silva (2010), diz que a água para ter boa qualidade deve estar sem cheiro e sem cor. A água da chuva cai destilada das nuvens, mas em alguns casos pode acabar se contaminado com algumas impurezas acumuladas nas coberturas, como terra, galhos, folhas e etc. O autor classifica os tipos de reuso da água pluvial da seguinte forma:

a) Água de reuso classe 1

Os usos para águas tratadas desta classe, nos edifícios, são basicamente os seguintes: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos. Exigências mínimas da água não potável: não devem apresentar mal cheiro, não devem ser abrasiva e não devem manchar superfícies.

b) Água de reuso classe 2

Os usos desta classe são associados as fases de construção da edificação: lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação de solo e controle de poeira.

c) Água de reuso classe 3

Os usos das águas nesta classe são limitados a irrigação de áreas verdes e rega de jardins. E as exigências mínimas para esta água é: não devem apresentar mau cheiro, não devem conter componentes que agredam as plantas ou que possam estimular crescimento de pragas.

d) Água de reuso classe 4

Os fins das águas nesta classe são para resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento). Exigências mínimas: não devem apresentar mau cheiro, não devem ser abrasivas e não devem manchar superfícies.

Neste trabalho será feito um estudo visando a aplicação da classe 1 de reuso de águas.

2.3.2 Qualidade da água

Na maioria das vezes, a qualidade da água pluvial pode superar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Por não entrarem em contato com o solo nem estar diretamente sujeita a lançamento de poluentes de origem antropogênica, a água da chuva pode constituir

uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para diversos usos (HAGEMANN, 2009).

Diversos fatores podem influenciar na qualidade da água da chuva e dentre estes destacam-se os seguintes: a localização geográfica onde está a área de captação, a presença de vegetação, a presença de carga poluidora e a composição dos materiais que formam o sistema de captação e armazenamento, regime de ventos e a estação do ano (PHILIPPI, 2006).

Já dentro do reservatório a qualidade da água depende de alguns cuidados como o funcionamento correto de dispositivos de retenção de material grosseiros e de descarte, evitar a entrada de luz e aberturas que possibilitem a entrada de insetos bem como uma limpeza regular. Em um primeiro momento existe a tendência de melhora da qualidade da água dentro do reservatório, por causa da sedimentação da maior parte dos compostos em suspensão na água. No entanto o acúmulo de matéria no fundo dos reservatórios pode comprometer a qualidade da água, devido a isso a limpeza regular é algo importante e necessário (HAGEMANN, 2009).

2.4 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS

Elemento fundamental de um sistema de aproveitamento de água da chuva é aquele que é essencial em todos os sistemas de aproveitamento, independente do seu grau de sofisticação. Há três elementos que são definidos como fundamentais: área de captação, componentes de transportes (calhas e tubos de queda) e o reservatório (CAMPOS, 2004). Além destes elementos essenciais, será sugerido neste trabalho que se use elementos acessórios, que possuem a finalidade de remover os materiais grosseiros e aumentar a qualidade da água.

2.4.1 Área de captação

A NBR 15527 (2007), define área de captação, como sendo uma área em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada.

Segunda a NBR 10844 (1989), a área de captação pode ser definida de outra forma, mas com o mesmo objetivo, que é a soma das áreas da superfície, que interceptando a chuva irá conduzir as águas para um determinado ponto da instalação.

2.4.2 Sistemas de transporte

O sistema de transporte desempenha uma função muito importante no aproveitamento de água da chuva. Composto por calhas, tubos de queda e condutores verticais, torna-se responsável pelo transporte da água recolhida pela superfície de captação até o reservatório (AGUIAR, 2012).

O dimensionamento das calhas e condutores deve ser feito levando em consideração a intensidade pluviométrica da região e o período de retorno, seguindo as normas da NBR 10.844/1989.

As calhas e condutores conectados junto ao telhado necessitam de higienização constante para que não ocorra o extravasamento ou retorno de água. É preciso limpar os elementos no mínimo duas vezes ao ano, no final da estação seca e no final da estação chuvosa. Em lugares com muita vegetação a limpeza deve ser feita com uma frequência maior (CARVALHO JUNIOR, 2016).

2.4.3 Cisterna ou reservatório

A escolha do material a ser utilizado na cisterna é importante não somente por determinar o custo do sistema, mas também por garantir uma qualidade mínima recomendada. Os reservatórios podem ser de diversos materiais como plásticos, fibra de vidro, concreto, argamassa armada, alvenaria, madeira, ferro galvanizado entre outros (CAMPOS, 2004).

É importante assegurar que o reservatório não desperdice água pelo excesso de volume ou permaneça longo período ocioso, pois o reservatório é o item mais caro de todo o sistema e o responsável pela dificuldade de implantação (SOUZA, 2015).

É impossível armazenar toda chuva precipitada e não se pode garantir que haverá chuva suficiente para atender a demanda de água. Desta forma, deve-se considerar a produção e a demanda, para que o resultado do dimensionamento seja um sistema eficiente e que o custo seja minimizado (CARVALHO JUNIOR, 2016).

A NBR 15527/2007 recomenda que o reservatório deve conter extravasor (dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança) e que a água deve ser protegida da incidência de luz solar e calor.

2.4.4 Remoção de materiais grosseiros

É de muita importância que se instale grades sobre as calhas de telhados para que galhos e folhas não sejam conduzidos para dentro do reservatório, causando entupimento dos condutores ou contaminação da água devido a deterioração dos mesmos (SOUZA, 2015).

Também se recomenda que o primeiro volume de água vinda da chuva não seja recolhido, pois os resíduos presentes na superfície de captação seriam depositados no reservatório. O volume de chuva inicial que não é coletado serve para lavar a superfície de captação eliminando a maior parte dos detritos (AGUIAR, 2012).

2.5 MODELOS DE RESERVATÓRIOS

Existem inúmeras variedades de sistemas construtivos de cisternas, entre eles tem-se: reservatório do tipo enterrado, semienterrado, elevado e apoiado. Os mais utilizados na área da construção civil são os reservatórios semienterrados e os elevado (ABAS, 2004)

2.5.1 Reservatórios enterrados

Os reservatórios enterrados são construídos totalmente abaixo da superfície do terreno, e deve ser implantado quando o comportamento do terreno é adequado para um funcionamento hidráulico de rede de distribuição ou quando há a necessidade de escavar para encontrar uma parte mais resistente do terreno. Há vantagens em utilizar este modelo de reservatório como, conservação da água contra variações climáticas, a não alteração da paisagem, e as suas coberturas podem ser utilizadas para as mais diversas funções (RAMOS, 2010).

Segundo Ramos (2010), seus principais inconvenientes são as escavações de custo elevado, a dificuldade para realizar inspeções e manutenções de possíveis infiltrações (Figuras 04 e 05).

Figura 04: Reservatório enterrado.



Fonte: Rotogine (2018)

Figura 05: Instalação de reservatório enterrado.



Fonte: Rotogine (2018).

2.5.2. Reservatório semienterrado

Os reservatórios de modelo semienterrado, são aqueles onde uma parte de sua construção encontra-se abaixo do nível do terreno e o seu restante acima. A decisão de optar pela construção deste tipo de reservatório está definida por razões topográficas, paisagísticas

ou quando o custo para escavação total é elevado. Há maior facilidade de acesso às suas instalações do que em reservatórios totalmente enterrados (Figura 06) (RAMOS, 2010).

Figura 06: Reservatório semienterrado.



Fonte: Sabesp, (2013)

2.5.3. Reservatórios elevados

Os reservatórios do tipo elevados são projetados quando existe a necessidade de garantia de uma pressão mínima na rede e as cotas do terreno disponíveis não são capazes de oferecer estas condições. Apresentam três principais desvantagens, não armazenam grandes volumes, causam impacto visual e são mais difíceis de serem executados (Figura 007) (MAZER, 2010).

Figura 07: Reservatório elevado.



Fonte: Reservatórios água mineral (2016).

2.5.4. Reservatórios apoiados

Os reservatórios apoiados são construídos diretamente sobre a superfície do solo, é o modelo mais utilizado quando o terreno de implantação possui capacidade necessária para suportar as cargas impostas sobre ele, sem sofrer deformações relevantes. Uma das vantagens é a altura necessária para poder descarregar o líquido com pressão hidrostática adequada, apresentam também uma maior facilidade de instalação e operação (Figura 08) (RAMOS, 2010).

Figura 08: Reservatórios apoiados.



Fonte: Faz forte (2016).

2.6 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

O dimensionamento de reservatórios de um sistema de captação de águas pluviais pode ser feito por meio de diversos métodos. Na sequência, são descritos 6 métodos apresentados na NBR 15527/2007, o método proposto no decreto 293/2006 de Curitiba e o método do estado de São Paulo proposto na Lei 12.526, de janeiro de 2007.

2.6.1. Método de Rippl

Segundo Tomaz (2011), o método de Rippl é o mais usado em aproveitamento de água de chuva devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Geralmente, utiliza series históricas de precipitação mensal do local sendo que o volume do reservatório representa o valor máximo necessário para suprir a demanda de água da edificação na época de maior seca.

2.6.2. Método da Simulação

De acordo com Cohim (2008), o método da simulação consiste em um balanço hídrico a partir de volumes de reservatórios pré-determinados. Ou seja, fixa-se um volume e verifica-se o percentual de consumo que será atendido (RUPP, 2011). De acordo com a NBR 15527/2007, neste método, a evaporação de água não deve ser levada em consideração.

2.6.3. Método Azevedo Neto

Conhecido como método prático brasileiro, considera para o dimensionamento as seguintes variáveis: área de captação em projeção no terreno, precipitação média anual e o número de meses de pouca chuva ou seca durante o ano. A NBR 15527/2007 não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva, sendo que cada região deve ser estudada cautelosamente para essa determinação.

2.6.4. Método prático Alemão

Neste método, o volume do reservatório de água pluvial será, simplesmente, o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável (RUPP, 2011).

2.6.5. Método prático Inglês

O Método prático inglês é sem dúvidas um dos mais simples a ser utilizado, necessitando apenas dos valores de precipitação anual e da área de captação. Portanto observa-se que quanto maior for a precipitação no município, maior será o volume do reservatório (LOPES et al., 2015).

2.6.6. Método prático Australiano

A partir do volume mensal produzido pela chuva em determinado mês, o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam encontrados valores otimizados de confiança. Neste método, são levados em conta as perdas por evaporação e interceptação da água na superfície (LOPES et al., 2015).

2.6.7 Decreto Municipal 293/2006 – Curitiba/ PR

O decreto exige que edifícios comerciais, edifícios de habitação coletiva cuja área total construída por unidade seja igual ou maior que 250m² e nas construções de habitações unifamiliares em série ou conjuntos habitacionais independentes da área construída devem ter mecanismos de captação e armazenagem de águas pluviais (DECRETO MUNICIPAL 293,2006).

2.6.8 Lei 12526 de janeiro de 2007- São Paulo

Lei estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Ela determina que seja obrigatória a implantação de sistemas de captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m² (LEI 12526, 2007).

2.7. DIRETRIZES E DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os reservatórios são unidades hidráulicas que tem como principais funções o armazenamento de água, a passagem de água e em alguns casos o tratamento de água. Esse

dispositivo deve ser projetado em local estratégico na edificação, visando economizar tubulação e atendendo as necessidades do estabelecimento, como variações de consumo, qualidade de água entre outros (FENDRICH, 2002).

A NBR 10844 (1989) estabelece condições gerais para o projeto de instalações prediais de coleta e transporte de águas pluviais. Estes devem ser estanques, permitir que possa ser feito limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação, não devem provocar ruídos, devem resistir à pressão que possam estar sujeitos e devem ser fixados de maneira que a resistência e durabilidade seja assegurada.

A NBR 15527 (2007), recomenda que a água da chuva seja protegida contra a incidência da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através de tubulações de extravasão. O dimensionamento por sua vez, é realizado para atender a vazão de água escoada pela área de contribuição do telhado.

No dimensionamento do reservatório de armazenamento e uso das águas pluviais, o volume máximo médio anual das águas da chuva que poderá ser aproveitado não será o mesmo que o volume precipitado total. Há perdas de água por evaporação, limpeza dos telhados e de outras áreas de coleta, vazamentos ou ainda, perdas na autolimpeza dos sistemas que representam cerca de 5% até 30 % de perdas do volume precipitado total (FENDRICH, 2002).

Dentre os seis métodos de dimensionamento de reservatório proposto na NBR 15527 (2007), será aplicado neste estudo o método de Azevedo neto, onde o dimensionamento é feito pela (Equação 1) os dados necessários para realizar o cálculo da Equação 1 serão dispostos nos itens a seguir.

$$V = 0,0042 \times P \times A_c \times T \quad (1)$$

Onde:

V= Volume do reservatório (L);

P= Precipitação anual média da região (mm/ano);

A_c= Área de contribuição (m²);

T= Maior período sem chuvas da região, durante o ano.

2.7.1. Área de contribuição

Para o cálculo da Área de Contribuição (A_c), é preciso considerar os incrementos referentes a inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também será drenada pela cobertura.

A NBR 10844 (1989), fornece as equações para cálculo das áreas de contribuição, as equações levam em consideração as inclinações dos telhados e de áreas adjacentes ligadas diretamente a áreas planas para condições de chuva e vento. Telhados com inclinação menor que 20% são considerados planos usando-se então a Equação 2, e maiores que 20% usamos a Equação 3, como demonstra (Figura). Existem mais possibilidades e é necessário analisar cada caso separadamente, as Equações 02 e 03 são as mais comumente usadas, na norma são dispostas as outras possibilidades.

$$A_c = a \times b \quad (2)$$

Onde:

A_c = Área de contribuição das águas pluviais com inclinação de até 20% (m^2);

a = distância do meio da cobertura até a ponta na vertical (m);

b = distância do início ao fim da cobertura na horizontal (m).

$$A_c = A_c = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (3)$$

Onde:

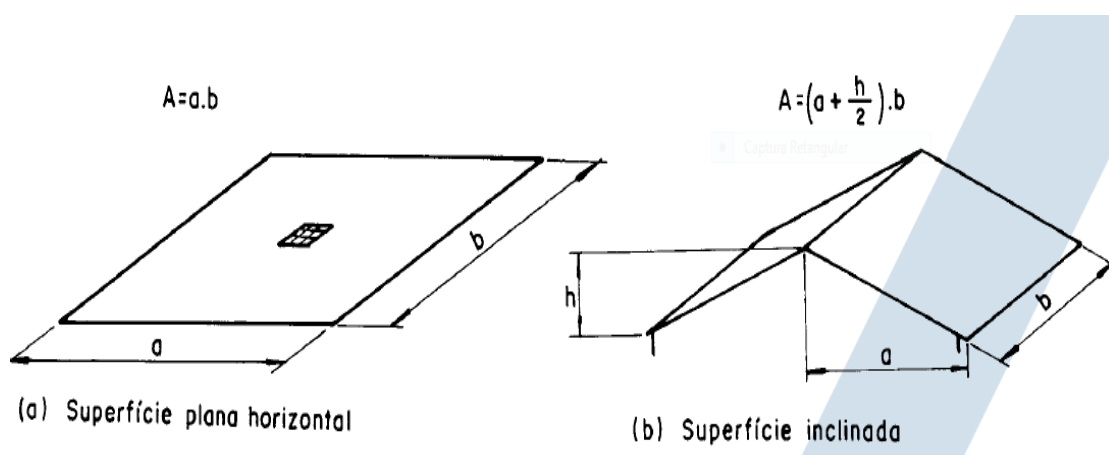
A_c = Área de contribuição das águas pluviais com inclinações maiores que 20% (m^2);

a = distância do meio da cobertura até a ponta na vertical (m);

h = altura da inclinação da cobertura (m);

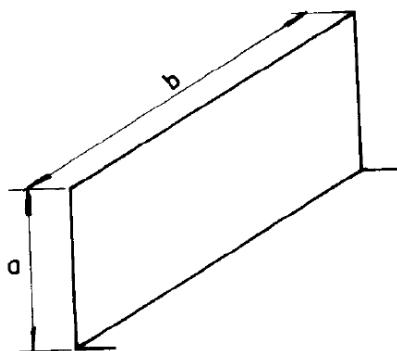
b = distância do início ao fim da cobertura na horizontal (m).

Figura 09: Equações para cálculo para área de contribuição.



Em casos que a cobertura possua platibandas, como é o caso da Unidade Básica de Saúde a NBR 10844 (1989) descreve que estas devem ser calculadas e consideradas áreas de contribuição. A Figura retrata o que é dito anteriormente e a Equação 4 define o modo em que esta deve ser calculada.

Figura 10: Área de captação lateral, Platibandas.



Fonte: NBR 10.844/1989.

$$A = \frac{(a \times b)}{2} \quad (4)$$

Onde:

A = Área de captação da superfície lateral (m²);

a = Altura da platibanda (m);

b = Comprimento da platibanda (m).

2.7.2. Escoamento das águas pluviais

Para iniciar o dimensionamento de calhas e de condutores, é necessário saber qual é a vazão total de todo o projeto, com isso, verificar se a edificação conseguirá suprir a demanda total de chuvas que chegara no telhado NBR 10844 (1989). O dimensionamento da vazão de projeto é feito pela a Equação 5.

$$Q = \frac{(i \times A_c)}{60} \quad (5)$$

Onde:

Q = Vazão do projeto (L/min);

i = Intensidade de precipitação (mm/h);

Ac = Área de contribuição (m²).

2.7.2.1 Intensidade de precipitação

A intensidade pluviométrica é composta por informações climatológicas relativas a pluviosidade anual de um determinado período de tempo chuvoso. Essas valiosas informações são importantes para qualquer estimativa de cálculo para captação de água pluvial, pois permitem a quantificação de chuva que poderá ocorrer em determinado local e se houver uma grande quantidade de chuva em um curto período de tempo, o sistema de captação deve estar preparado para suprir esse tipo de demanda (CREPANI, 2004).

A intensidade pluviométrica pode ser definida por quociente entre altura pluviométrica precipitada em um intervalo de tempo e esse intervalo NBR 10844 (1989).

A Equação 6, definida pela norma NBR 10844 (1989) da as condições específicas para este tipo de dimensionamento, por exemplo: a determinação da intensidade pluviométrica para fins de projeto deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para duração da chuva e do período de retorno, e para esta determinação utiliza-se dados pluviométricos da região a ser calculada.

O período de retorno ou tempo de recorrência deve ser adotado obedecendo a NBR 10844 (1989) a qual indica o tempo correto a ser utilizado em função do tipo de área a ser drenada, e deve utilizar exatamente o estabelecido a seguir: tempo de retorno de um ano para áreas pavimentadas, onde possam tolerar empoçamentos; cinco anos para coberturas ou terrações e vinte e cinco anos para coberturas e áreas onde empoçamentos não são tolerados. A duração de precipitação deve ser fixada em cinco minutos como prescrito na norma NBR 10844 (1989).

$$I = \frac{a \times Tr^b}{(t+c)^d} \quad (6)$$

Onde:

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

Tr = Tempo de recorrência (anos);

t = Tempo de precipitação (min);

a;b;c;d = Parâmetros ajustados para cada localidade ou estação de medição Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de ajuste para localidades do Brasil

LOCALIDADE	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>D</i>
Porto Alegre (RS)	816,598	0,167	12	0,760
Porto Alegre – 8ª DISME	1297,900	0,171	11,619	0,850
Porto Alegre – Aeroporto	826,806	0,143	13,326	0,793
Cruz Alta (RS)	1419,000	0,190	12	0,800
Florianópolis (SC)	1754,242	0,187	36	0,823
Curitiba (PR)	998,280	0,178	9	0,784
São Paulo (SP)	29,130 [#]	0,181	15	0,890
Lins (SP)	430,500	0,300	12	0,740
Rio de Janeiro (RJ)	1239,000	0,150	20	0,740
Formosa (GO)	14,6625 [#]	0,164	8	0,748
Brasília (DF)	1574,700	0,207	8	0,884
Aracajú (SE)	834,205	0,179	15	0,726
Fortaleza (CE)	1408,613	0,167	12	0,778
Teresina (PI)	1248,856	0,177	10	0,769
São Luiz (MA)	1519,371	0,161	28	0,777
Belém (PA)	1085,508	0,156	12	0,758
Manaus (AM)	1136,504	0,158	10	0,764
Porto Velho (RO)	1182,378	0,159	11	0,757
Rio Branco (AC)	1419,345	0,162	18	0,795

Fonte: NBR 10844 (1989).

2.7.3. Calhas

As calhas possuem a função de encaminhar às águas distribuídas pelo telhado até à cisterna. Para que não se tenha problemas com sua eficácia seu dimensionamento deve levar em consideração a quantidade de água que virá do telhado e a sua inclinação até o condutor vertical.

As calhas e condutores verticais deverão obedecer à Norma Brasileira de instalações de esgoto pluvial NBR 10844/1989. A norma sugere que as declividades mínimas para as calhas devem ser de 0,5%.

2.7.3.1. Dimensionamento das calhas

Para o dimensionamento das calhas a NBR (10844/1989), indica a fórmula de Manning Equação 7.

$$Q = \frac{A_m \times (R_h)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (7)$$

Onde:

Q = vazão das calhas (m³/s);

A_m = Área da seção molhada (m²), Equação 8;

n = coeficiente de rugosidade de Manning referente ao material utilizado (ver Tabela 3);

R_h = raio hidráulico (m), Equação 9;

i = declividade (m/m), usar 0,005 valor mínimo conforme NBR (10844/1989).

A área da seção molhada utilizada na Equação 7 corresponde a área útil de escoamento da água na seção transversal da calha ou o condutor, e é dimensionada a seguir na Equação 8.

$$A_m = (a \times b) \quad (8)$$

Onde:

A_m = Área da seção molhada da calha (m²);

a = Largura da calha (m);

b = Altura da calha (m).

O raio hidráulico, também utilizado na Equação 7, é encontrado através do perímetro molhado, que é a linha da água que toca a calha, no caso o fundo e as paredes, que pode ser calculado através das Equação 9.

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} \quad (9)$$

Onde:

R_h = Raio hidráulico da seção transversal da calha (m²);

A_m = Área molhada (m^2);

P_m = Perímetro molhado (m).

A Tabela 3 foi retirado da NBR 10844/89, e indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Tabela 3: Coeficiente de Manning

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR (10.844/1989).

A Tabela 4 retirada da NBR 10844/1989, fornece a capacidade das calhas semicirculares, usando o coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ para alguns valores de declividade. Todos os valores devem ser calculados usando a Equação de Manning com uma lâmina de água igual a metade do diâmetro interno.

Tabela 4: Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (vazão em L/min).

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1 %	2 %
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: NBR (10.844/1989).

2.7.4. Condutores

2.7.4.1. Condutores verticais

Segundo a NBR (10.844, 1989), devem ser projetados sempre que possível em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvios devem ser usadas curvas de raio longo de 90° ou 45° . O diâmetro interno mínimo dos tubos verticais é de 70mm. Aconselha-se ainda, que a drenagem deve ser feita por mais de uma saída, exceto em casos em que não houver riscos de obstrução.

Para o dimensionamento destes condutores utiliza-se um ábaco disposto na Figura a seguir; e os dados levados em consideração para a caracterização do diâmetro do tubo são: vazão de projeto em L/min, representado por “Q”; altura da lâmina de água no interior da calha em milímetros, representado por “Rh”; e o comprimento do tubo condutor vertical, delimitado em metros e representado pela letra “L”.

O dimensionamento deve ser realizado com os seguintes passos:

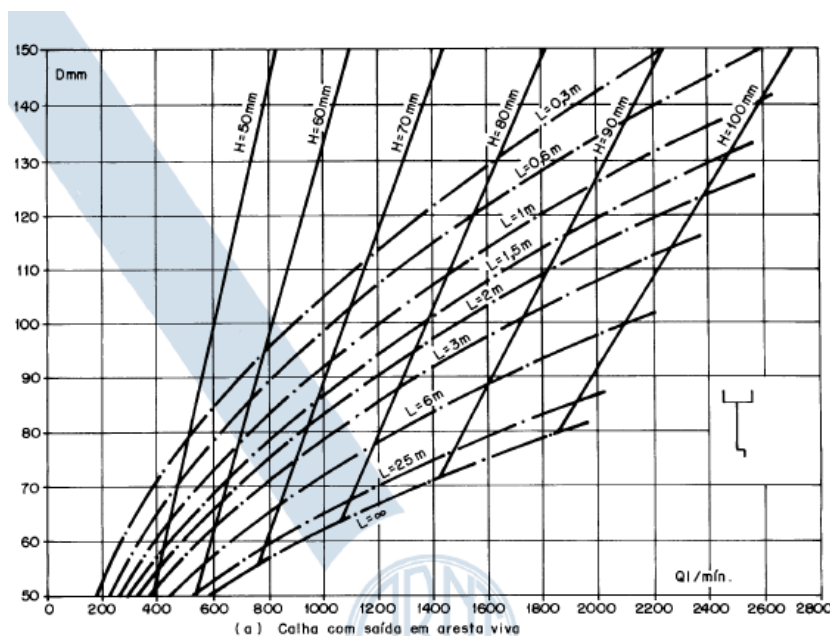
O diâmetro D é obtido através do ábaco da (Figura);

Q = vazão do projeto (L/min), obtido na (Equação 5);

Rh = altura da lâmina d’água da calha (mm), dado da edificação;

L = comprimento do condutor vertical (m), obtido no ábaco, (Figura).

Figura 11: Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: NBR 10.844/1989.

2.7.4.2. Condutores horizontais

O dimensionamento de condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina a uma altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo, ou seja 0,66 (NBR 10844/89), e sempre que possível, com declividade uniforme e de no mínimo 0,5%.

A Tabela 5 retirada da NBR 10844/89 fornece as vazões em litros por minuto, de acordo com os diâmetros dos condutores horizontais de seção circular e da declividade.

Tabela 5: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: NBR 10.844/1989.

2.8 SISTEMA DE BOMBEAMENTO DAS ÁGUAS DA CHUVA

A instalação elevatória deve ser dimensionada de com relação ao consumo diário, não em função apenas do volume, mas também, do fato de o reservatório superior ser regulador de vazão, deste modo sua vazão de alimentação deverá atender às demandas variáveis de distribuição, com seus picos de consumo. Não há norma que especifique bombeamento de águas pluviais, estendendo-se então as recomendações de água fria para tal dimensionamento (NBR 10.844, 1989).

2.8.1 Bombas

Existem inúmeros modelos de bombas, como centrífugas, de êmbolo pistão, injetoras, ar comprimido, carneiro hidráulico, etc. A mais utilizada em sistemas prediais é a bomba centrífuga (BOTELHO, 2006).

Quando houver a escolha da bomba, devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor bomba. Vazões bombeadas dependem das características específicas de cada bomba.

A altura manométrica é igual à altura estática mais a altura devido às perdas pelo projeto fica definida as alturas estáticas de sucção e recalque (Creder, 2006).

Para calcular a altura devido às perdas, é preciso conhecer o comprimento virtual da tubulação. O cálculo de J (perda de carga unitária) necessita que se conheça o diâmetro e a vazão da tubulação, para usar a formula de Hazen-williams e obter o seu valor, juntos J e L_v fornecem o valor de perda de carga total.

$$H_{ftotal} = J \times L_v \quad (10)$$

Onde:

H perdas: multiplicação das perdas (m);

J = perda de carga unitária(m/m);

L_v = Comprimento equivalente (m).

O cálculo da vazão de recalque ou sucção segundo NBR 10844/1983 pode ser realizado conforme Equação 13, esta vazão depende também dos consumos diários Equação 12 e mensal Equação 11.

$$C_m = Pop \times C_{mu} \quad (11)$$

Onde:

C_m = consumo mensal;

Pop= população;

C_{mu} = consumo mensal unitatio.

A Tabela 6 disponibilizada pela sanepar, traz valores bases de prováveis consumos mensais em diferentes edificações.

Tabela 6: Consumos potenciais.

Tabela de Consumos Potenciais	
Tipo de Edificação	Consumo Provável
1 Conj./cond. resid. c/ aptos. até 50m ²	8,5 m ³ /ec. mês
2 Conj./cond. resid. c/ aptos. de 51 a 65m ²	10,3 m ³ /ec. mês
3 Conj./cond. resid. c/ aptos. de 65 a 80 m ²	12,5 m ³ /ec. mês
4 Conj./cond. resid. c/ aptos. de 80 a 100m ²	15,3 m ³ /ec. mês
5 Conj./cond. resid. c/ aptos. de 100 a 130m ²	17,5 m ³ /ec. mês
6 Conj./cond. resid. c/ aptos. de 130 a 200 m ²	21,0 m ³ /ec. mês
7 Conj./cond. resid. c/ aptos. de 200 a 350m ²	23,5 m ³ /ec. mês
8 Conj./cond. resid. c/ aptos. acima de 350 m ²	35,0 m ³ /ec. mês
9 Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 l/hóspede dia
10 Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 l/hóspede.dia
11 Hospitais (exclusivamente pacientes internados)	250 l/leito.
12 Escolas (externatos)	50 l/per capita.dia
13 Escolas (internatos)	150 l/per capita.dia
14 Escolas(semi-internatos)	100 l/per capita.dia
15 Quartéis	150 l/per capita.dia
16 Creches	50 l/per capita.dia
17 Edifícios públicos/comerciais	80 l/per capita.dia
18 Supermercados c/ praça de alimentação	5 l/ m2 de área. dia
19 Restaurante/	25 l/refeição.dia
20 Escritórios	50 l/per capita. dia

Fonte: Sanepar (2019).

$$C_d = \frac{C_m}{30} \quad (12)$$

Onde:

C_d = consumo diário;

C_m= consumo mensal;

30 = dias do mês.

A vazão tubulação conforme Equação 13.

$$Q = \frac{C_d}{n^{\circ}} \quad (13)$$

Onde:

C_d= Consumo diário (m³/dia);

n° = mínimo de horas de funcionamento da bomba, o estipulado por norma é 3 horas.

Para o diâmetro de recalque ou sucção como demonstra a NBR (10.844, 1989), realiza-se o cálculo Equação 14, de Forschheimer.

$$D = 1.3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{X} \quad (14)$$

Onde:

D = diâmetro de recalque ou sucção (m);

Q = vazão (m^3/s) (Equação 3);

β = número de horas de funcionamento em 24 horas.

O valor de β é dado por:

$$\beta = \frac{n^\circ \text{ de horas de funcionamento da bomba}}{24} \quad (15)$$

Onde:

n° = mínimo de horas de funcionamento da bomba, o estipulado por norma é 3 horas;

24 = horas do dia.

O diâmetro da tubulação de sucção deverá ser no mínimo, um diâmetro nominal superior ao diâmetro do recalque (NBR 10.844, 1989).

Para o cálculo do comprimento equivalente, temos o comprimento da tubulação + comprimento das perdas localizadas, conforme mostra a Equação 16.

$$L_v = L + L_{\text{perdas}} \quad (16)$$

Onde:

L_v = comprimento equivalente (m);

L = comprimento da tubulação (m);

L_{perdas} = comprimento das perdas localizadas conforme Tabela 7 (m).

As perdas de cargas são as perdas de energia do fluido na sua trajetória pela tubulação, o cálculo de perda de carga para este projeto será encontrado a partir da Equação 17.

$$J = \frac{10,646}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \quad (17)$$

Onde:

J= perda de carga unitária;

D= diâmetro da tubulação de recalque;

Q= vazão tubulação de recalque;

C= celeridade fator que depende do tipo de material, PVC este valor é 140.

Tabela 7: Perdas de cargas dos aparelhos.

DÍAMETRO EXTERNO	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tee 90° Rosagem Direta	Tee 90° Saídas de Lado	Tee 90° Saídas de Lado	Entrada Normal	Entrada de Bordo	Saída de Canalização	Válvula de pé e Crivo	Válvula de RETENÇÃO		Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
mm (ref.)												Leve	Pesado			
20 (1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25 (3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32 (1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40 (1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50 (1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60 (2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75 (2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85 (3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110 (4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	15,0	42,3	1,0	22,1
140 (5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
160 (6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	3,6	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Scielo (2019).

De a posse de todos esses dados de dimensionamentos, faz-se a escolha do tipo e modelo da bomba, através da Tabela 8 disponibilizada pela empresa Schneider moto bombas, analisando a altura manométrica do sistema e a vazão necessária, encontra-se o modelo da bomba e a potência do equipamento.

Tabela 8: Modelos de bomba.

MODELO	CV	ESTÁGIOS	RECALQUE	ALTURA MÁXIMA (Metros)	VAZÃO (Metros Cúbicos por Hora)						
					1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	7,8
TSM-2507	1,0	7	1 1/2"	64	63,5	61,5	56,5	49,5	39	25,5	19
TSM-2509	1,5	9	1 1/2"	82	81,5	79	74	66	53	37,5	29
TSM-2511	2,0	11	1 1/2"	100	99,5	97,5	91	81	67	49	39
TSM-2515	3,0	15	1 1/2"	137	136	132	125	111,5	93	69,5	56
TSM-2520	4,0	20	1 1/2"	183	180,5	177	166	149	123,5	92	74
TSM-2526	5,5	26	1 1/2"	234	232	225	209,5	188	159,5	122	100

Fonte: Thebe bombas hidráulicas (2018).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

Para a elaboração deste projeto de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, fizeram-se pesquisas e estudos baseados em livros, manuais técnicos, projetos e normas regulamentadoras sobre o assunto da captação, tratamento e aproveitamento de águas da chuva, contendo levantamento de dados em pesquisas já realizadas, além de estudos publicados sobre o assunto.

Este projeto visa analisar a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento de águas pluviais para uma unidade básica de saúde, a fim de atender aos objetivos do trabalho e responder as questões propostas, do ponto de vista técnico, foi necessário dividir o trabalho em etapas e analisar a eficiência técnica do projeto.

As etapas foram divididas na seguinte ordem: Captação pluvial; Intensidade pluviométrica da região; Condutores de águas pluviais; Tratamento da água; Armazenamento de água; Sistema de bombeamento; Distribuição pela tubulação; sistema de reutilização da água para lavagem de veículos, lavagem de calçadas, torneiras de jardins e descarga de bacias sanitárias, não foi realizado estudo da viabilidade econômica.

A definição do método de dimensionamento de cada etapa, foi delimitado visando o aproveitamento máximo dos recursos naturais, a economia financeira para o projeto e a execução mais eficiente de cada sistema adotado. Os dimensionamentos foram baseados nas normas brasileiras de regulamentação específicas para cada etapa e em estudos já realizados por autores mais experientes.

3.1.1 Caracterização da amostra

Foi utilizada como referência uma unidade básica de saúde com localização na cidade de Iguatu-PR, número 01, com 324,51 m² como é representado na (Figura). A Unidade Básica de Saúde funciona de segunda à sexta nos períodos matutino e vespertino com cerca de 20 salas com 07 leitos e 35 funcionários atendendo aproximadamente 400 pacientes ao mês com consumo mensal de 8 mil litros aproximadamente.

A edificação em estudo possui um pavimento térreo, onde estão distribuídos cerca de 6 banheiros, e todos possuem vasos sanitários com descargas do tipo válvula em parede.

A rotina da UBS em relação ao consumo de água, é consideravelmente maior no período da manhã, pelo fato da concentração de pacientes. Em finais de semana, feriados e férias há alteração de consumo, com diminuição significativa em relação dias uteis.

Figura 12: Unidade Básica de Saúde Iguatu-PR.



Fonte: Autora, (2018).

3.1.1.2 Classificação da água de reuso

A classe de água a qual trabalhou-se neste estudo é a de número 01, onde os usos para seu tipo, são basicamente os seguintes: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos. Exigências mínimas da água não potável: não devem apresentar mal cheiro, não devem ser abrasiva e não devem manchar superfícies.

3.1.2 Captação pluvial

A captação pluvial, basicamente, é a etapa que vai recolher a água no sistema para edificação aproveitar em um fim não potável, no caso deste projeto utilizada para a lavagem de veículos, lavagem de calçadas, torneiras de jardins e descarga de bacias sanitárias.

A captação da água tornou-se delimitada pela sua área de cobertura que compreende o telhado e as platibandas, o método de cálculo usado foi o citado na NBR 10844 (ABNT 1989), demonstrado no item 2.6.1 deste trabalho.

3.1.3 Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica da região do projeto foi estipulada através da Equação 6 que é demonstrada no item 2.6.2.1 seguindo os padrões ditados pela NBR 10844 (ABNT 1989), adotando o tempo de recorrência de 25 anos, pois a área de captação é uma cobertura e não pode ser permitido empoçamento, os outros dados para a equação foram disponibilizados pela mesma norma já citada, como a Tabela 2 não possui parâmetros de ajustes instalados em Iguatu-PR, utilizou-se a cidade que norma indicou para parâmetro, no caso a cidade de Curitiba-PR.

3.1.4 Condutores de águas pluviais

Os condutores de águas pluviais compreendem as calhas, condutores verticais e condutores horizontais. Para cada tipo de condutor deve ser escolhido o material mais econômico e viável para a implantação do sistema.

As calhas devem ser instaladas na platibanda e por baixo do telhado, conforme indica a NBR 10844 (ABNT 1989). O seu dimensionamento deve ser realizado de acordo com a mesma norma onde utilizou-se o método de Manning, dado pela Equação 7 do item 2.6.3.1 disposto neste trabalho.

Para fazer uso deste método tornou-se necessário os valores de altura e largura das calhas para serem ajustados na Equação 8. Assim determinou-se a área de seção molhada da calha. Esses valores forneceram o resultado final da vazão das calhas.

O dimensionamento dos condutores verticais seguiu as diretrizes da norma NBR 10844 (1989), delimitando o diâmetro da tubulação através do ábaco da (Figura) o item 2.7.4.1 explicava como utilizar o ábaco da norma.

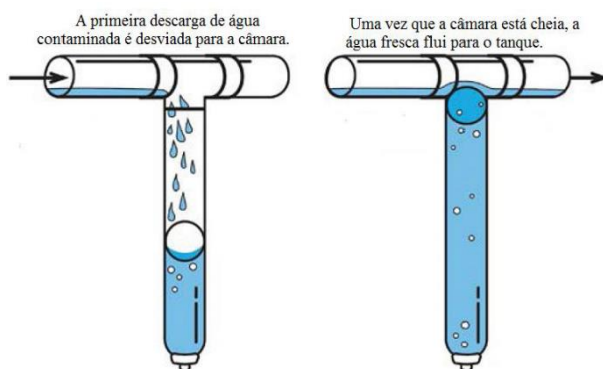
Os condutores horizontais foram projetados seguindo a NBR 10844 (ABNT 1989) pela Tabela 5, com caixas de inspeção em todos os pontos de curvas e uniões. Para a determinação do diâmetro do tubo utilizou-se o resultado da vazão total de projeto, obtida pelo coeficiente de rugosidade do material condutor que era o PVC com $n=0,011$ e a inclinação de 0,5% conforme indicado pela norma.

3.1.5 Tratamento da água

A única condição disposta em norma como tratamento para melhoria da qualidade da água para reuso não potável, era a realização do descarte dos primeiros milímetros de chuva conhecido como first flush, a norma recomendava que o descarte fosse na faixa de 0,4 a 8,5mm.

Com a eliminação da primeira chuva, esta vai incorporar os possíveis elementos que poderiam interferir na qualidade da água. A primeira chuva sedimentará o material particulado, auxiliará na dissolução de gases atmosféricos e arrastará as partículas depositadas na superfície (MORUZZI, 2009). A (Figura) representa o funcionamento do dispositivo first flush.

Figura 13: First flush.



Fonte: Vieira, (2013).

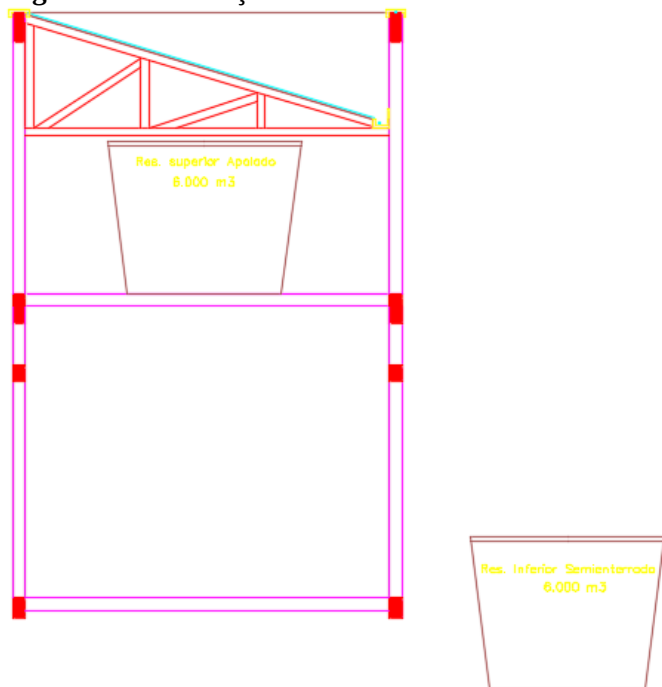
3.1.6 Armazenamento de água

O método de dimensionamento adotado para os reservatórios de águas pluviais foi o método de Azevedo Neto, Equação 1 deste trabalho, embasada na NBR 15527 (ABNT 2007), por ser um método mais simples e com resultados confiáveis. Tal cálculo considerava a precipitação anual média da região, conforme o Climate data.org (2018), onde a média de chuva no município de Iguatu-PR era de 1723 mm.

A edificação contará com dois sistemas de armazenamento de águas pluviais, o primeiro é do tipo semienterrado, que receberá a água diretamente das calhas/condutores, passando pelo filtro removedor de detritos com objetivo de decantar as impurezas. A água após todo o processo será elevada com uma moto bomba até o segundo reservatório que é do tipo elevado e estará apoiada na laje do banheiro (Figura 2), e terá a função de armazenar e distribuir a água

por toda tubulação pronta para os usos da descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos.

Figura 2: Distribuição dos reservatórios.



Fonte: Autor (2019).

3.1.7 Sistema de bombeamento

O método para o dimensionamento adotado para calcular a moto bomba foi o de Hazen-Williams preconizado pela NBR 5626 (ABNT 1998). Esse método adotado forneceu dados claros e precisos, o item 2.7.1 deste trabalho demonstrava como deveria ser dimensionada a bomba.

Após realizar os cálculos a conclusão que chegou-se é que o sistema de bombeamento contará com uma moto bomba do tipo afogada, instalada dentro do reservatório semienterrado, que por meio de um detector de fluxo instalado, não vai recalcar água se o nível do reservatório estiver a baixo do mínimo admitido pelo sistema da moto bomba, o modelo da moto bomba foi escolhido através de cálculos realizados que identificaram a potência necessária em relação com a perda de carga do sistema e o comprimento da tubulação.

3.1.8 Distribuição pela tubulação

A divisão da água pela tubulação de utilização foi distribuída por gravidade até as torneiras de utilização para a lavagem de veículos, lavagem de calçadas, torneiras de jardins e descarga de bacias sanitárias.

3.1.9 Análise dos dados

Analisando todos os dados verificou-se uma redução no consumo da Unidade Básica de Saúde do Município de Iguatu-PR, em mais de 50% para atividades realizadas com água não potável.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para que o sistema de reaproveitamento de águas pluviais funcione corretamente, é preciso analisar os dados de precipitação pluviométricas da região, calcular sua área de contribuição, dimensionar calhas e os condutores verticais e horizontais, de modo que assegurem a segurança da edificação e o excelente desempenho do sistema. Assim como, armazenar a água de forma correta com reservatórios suficientes para suprir as demandas e dimensionar o sistema de bombeamento, fazendo com que a água ascenda ao reservatório superior. Com a velocidade e demanda necessária para que não ocorra a falta ou extravasamentos da água armazenada, distribuindo-se na tubulação de utilização de maneira uniforme, conforme os padrões de qualidade e produtividade das normas atuais, usando os métodos citados anteriormente. Na sequência o dimensionamento de todo sistema conforme NBR 10844/1989.

4.1.1 Intensidade pluviométrica anual média de Iguatu-PR

De acordo com a NBR 10844 (1989), para realizar o cálculo de intensidade pluviométrica deve-se utilizar o de tempo de precipitação de cinco minutos. Os parâmetros de ajuste de localidade para o cálculo da intensidade estão dispostos na Tabela 2, podem ser utilizados os dados dos postos mais próximos com condições meteorológicas semelhantes. O tempo de retorno para a Unidade Básica de Saúde de Iguatu-PR é vinte e cinco anos, pois é uma área onde não há tolerância de empoçamentos.

A equação para o cálculo de intensidade pluviométrica, Equação 6 traz resultados aproximados mais fiéis. É o método citado na NBR 10844 (1989).

Cálculo da intensidade pluviométrica é dado pela Equação 6.

$$I = \frac{a \times Tr^b}{(t+c)^d} \quad (6)$$

Onde:

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

Tr = Tempo de recorrência (anos);

t = Tempo de precipitação (min);

a;b;c;d = Parâmetros ajustados para cada localidade ou estação de medição Tabela 2.

$$I = \frac{998,28 \times 25^{0,178}}{(5+9)^{0,784}}$$

$$I = \frac{1770,458}{7,91}$$

$$I = 223,54 \text{ mm/h}$$

Os parâmetros a;b;c;d foram retirados da Tabela 2 conforme prescreve a norma, utilizando a cidade mais próxima para adotar os valores apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Parâmetros de ajuste para a localidade de Curitiba-PR.

Localidade	a	b	c	d
Curitiba (Pr)	998,28	0,178	9	0,784

Fonte: NBR 10.844/1989.

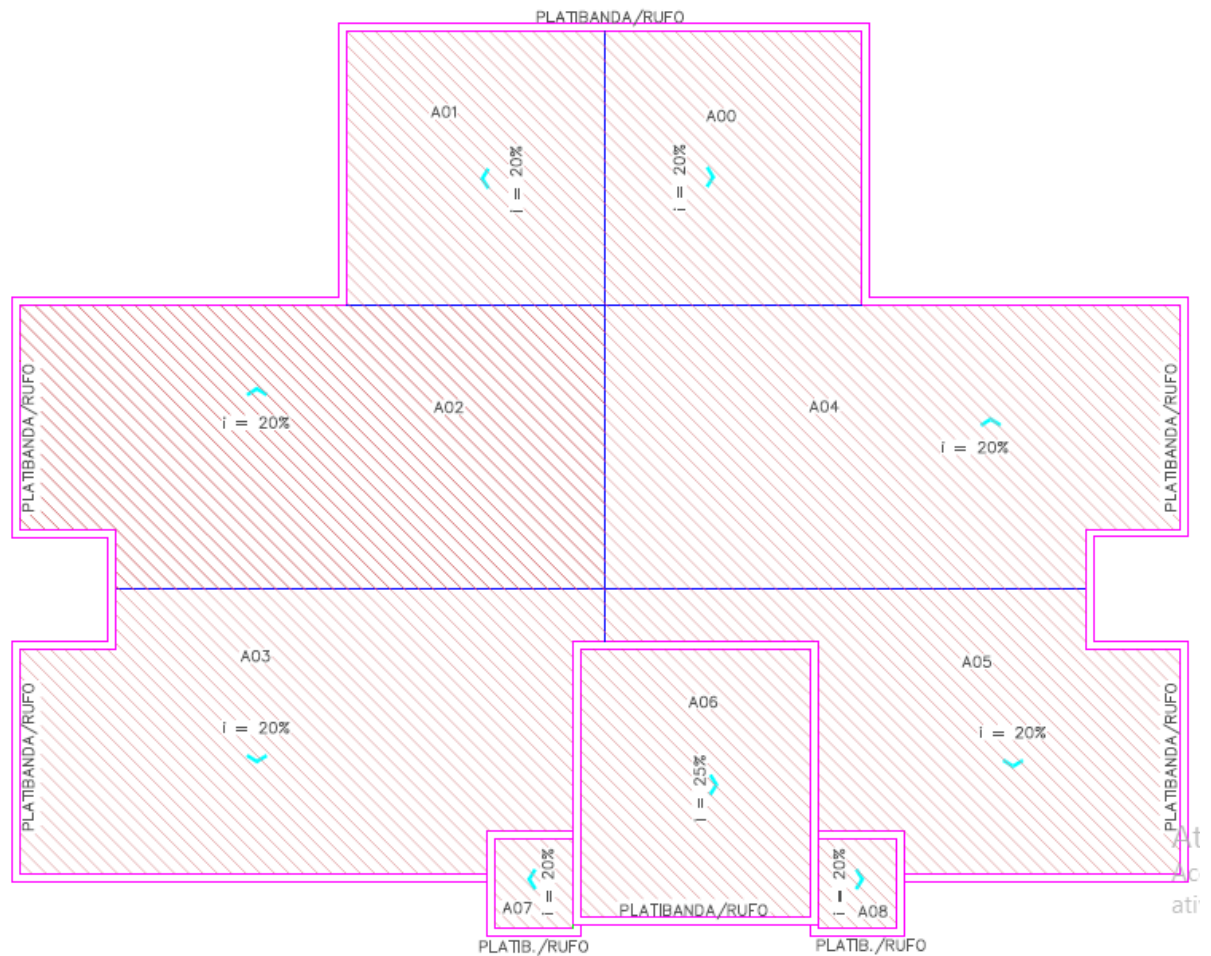
4.1.2 Área de contribuição

O cálculo da área de contribuição consiste na somatória das áreas da edificação que recebem chuva e que incidirão diretamente na quantidade de água captada, levando em consideração o telhado e as paredes laterais (platibandas) da cobertura.

Para o cálculo da área de contribuição foram utilizadas a Equação 2 que trata de superfícies horizontais com inclinação de até 20%, a Equação 3 utilizada para calcular superfícies com inclinações maiores que 20%, e a Equação 4 que dá o valor da área de captação lateral da cobertura (platibanda), todas as equações utilizadas estão dispostas na NBR 10844/1989.

Para melhor calcular as áreas de contribuição é necessário dividir a cobertura, as configurações das divisões das áreas ficaram conforme Figura 153.

Figura 153: Divisão das áreas de captação pluvial e platibandas.



Fonte: Autor (2019).

4.1.2.1 Cálculo das áreas de contribuição das águas pluviais com inclinação de até 20%

As áreas de contribuição com inclinação de até 20 % são A00, A01, A02, A03, A04, A05, A07 e A08 (Figuras Figura até Figura). Foi utilizado o programa Auto-Cad para realização dos cálculos das áreas.

$$A_c = a \times b \quad (2)$$

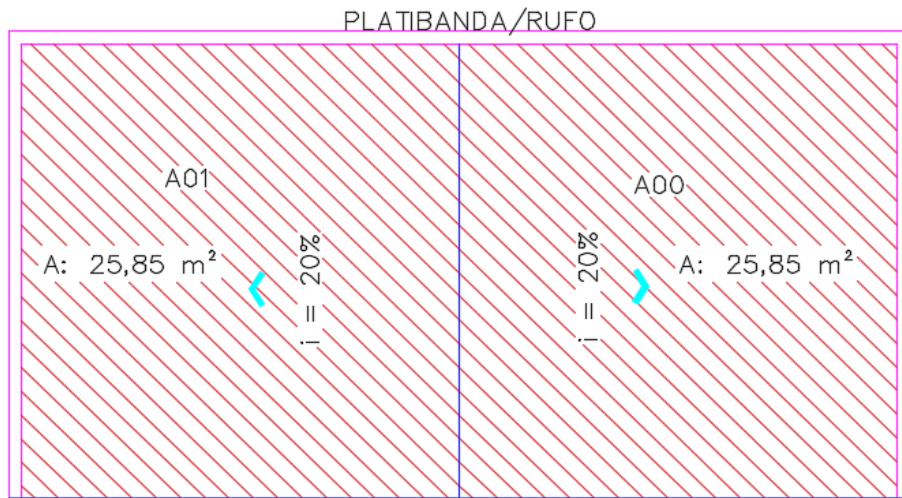
Onde:

A_c = Área de contribuição das águas pluviais com inclinação de até 20% (m²).

a = distância do meio da cobertura até a ponta na vertical (m).

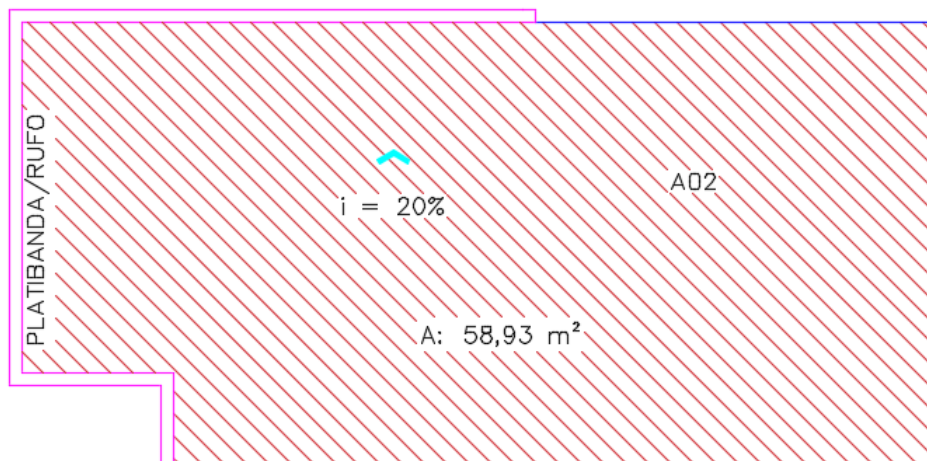
b = distância do início ao fim da cobertura na horizontal (m).

Figura 16: Área de captação pluvial 00 e 01.



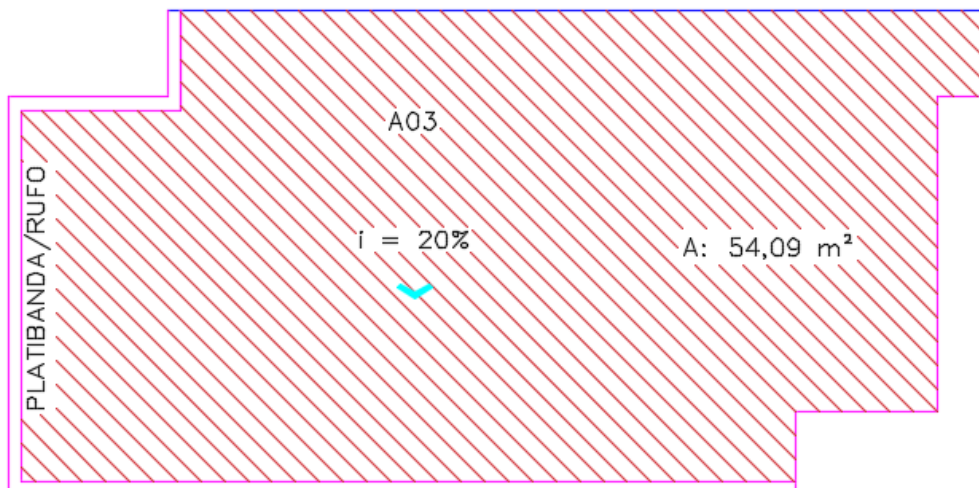
Fonte: Autor (2019).

Figura 17: Área de captação pluvial 02.



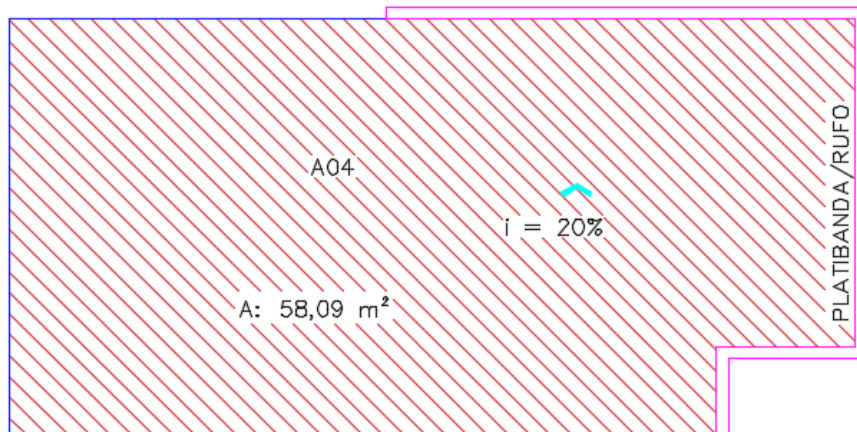
Fonte: Autor (2019).

Figura 18: Área de captação pluvial 03.



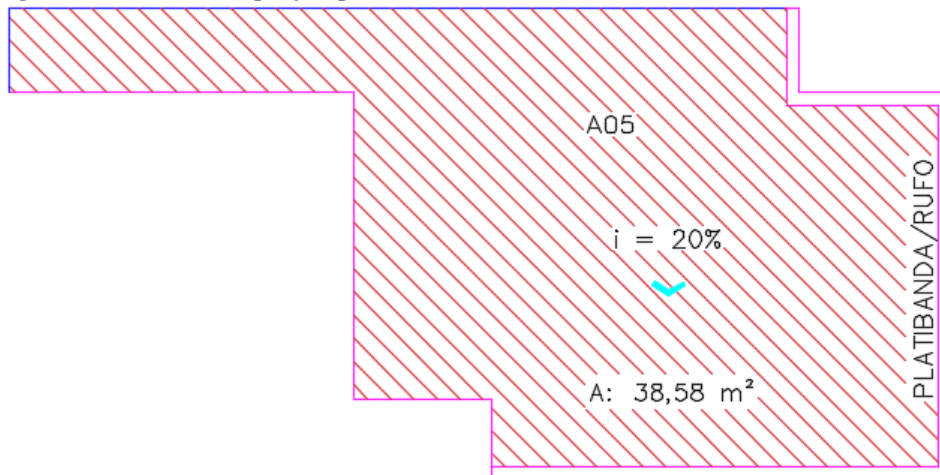
Fonte: Autor (2019).

Figura 19: Área de captação pluvial 04.



Fonte: Autor (2019).

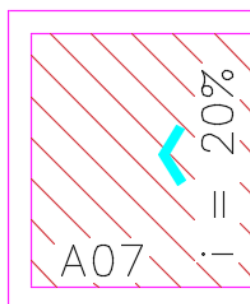
Figura 20: Área de captação pluvial 05.



Fonte: Autor (2019).

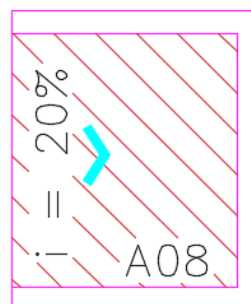
Figura 21: Áreas de captações pluviais 07 e 08.

A: 2,89 m²



PLATIB./RUFO

A: 2,89 m²



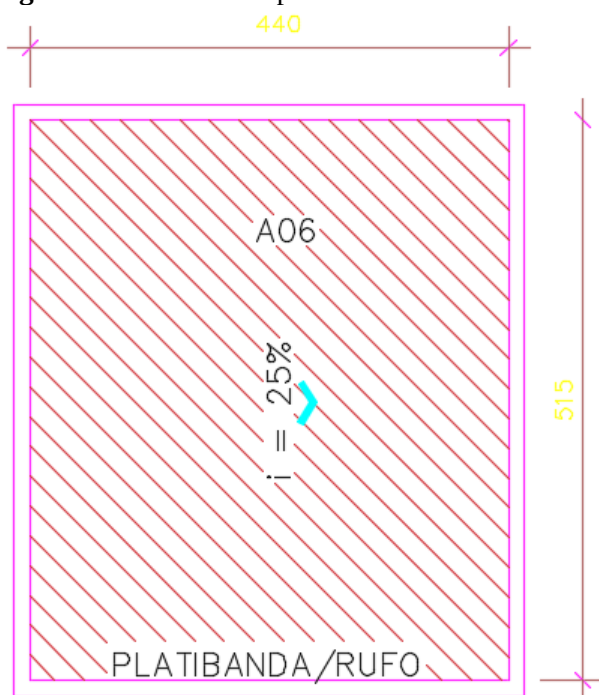
PLATIB./RUFO

Fonte: Autor (2019).

4.1.2.2 Cálculo da área de contribuição de águas pluviais com inclinação maior que 20%

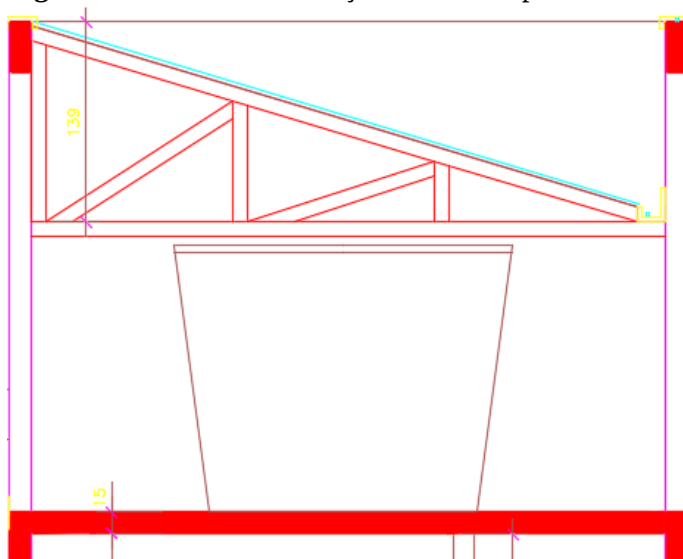
A área de contribuição que continha valor de inclinação maior que 20% foi calculada pela Equação 3. As Figuras Figura e Figura deram as dimensões necessárias para que fossem realizado os cálculos.

Figura 22: Dimensões para cálculo da área de contribuição 06.



Fonte: Autor (2019).

Figura 23: Altura da inclinação do telhado para cálculo da área de contribuição 06.



Fonte: Autor (2019).

Equação 3 da NBR 10844/89 para telhados com inclinação maior que 20%

$$A_c = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (3)$$

Onde:

A_c = Área de contribuição das águas pluviais com inclinações maiores que 20% (m²).

a = distância do meio da cobertura até a ponta na vertical (m).

h = altura da inclinação da cobertura (m).

b = distância do início ao fim da cobertura na horizontal (m).

Cálculo da área 06.

$$A_c = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_c = \left(5,15 + \frac{1,39}{2}\right) \times 4,40$$

$$A_c = 25,71\text{m}^2$$

4.1.2.3 Cálculo da área de contribuição de águas pluviais das superfícies laterais (platibandas)

A área de contribuição também conta com as áreas das platibandas da cobertura, chamadas de áreas das superfícies laterais. A metragem horizontal total das platibandas é 81,11 m linear, a altura das platibandas é 1,39 m conforme projetos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Iguatu-PR. A equação utilizada para calcular a área das superfícies laterais é Equação 4.

$$A = \frac{(a \times b)}{2} \quad (4)$$

Onde:

A = Área de captação da superfície lateral (m²);

a = Altura da platibanda (m);

b = Comprimento da platibanda (m).

Cálculo da área de contribuição lateral.

$$A = \frac{(1,39 \times 81,11)}{2}$$

$$A = 56,37 \text{ m}^2$$

4.1.2.4 Área de contribuição total

A área de contribuição total foi encontrada somando todas as áreas de contribuições planas, inclinadas e laterais. A área de contribuição total pode ser considerada um valor alto, entretanto este motivo se dá por ter sido considerado as áreas das paredes laterais.

$$A_{\text{total}} = 349,25 \text{ m}^2.$$

4.1.3 Vazão de projeto

Para poder dar início ao dimensionamento das calhas, realizou-se o cálculo da vazão de projeto. A Equação 5 trata da vazão de projeto, a formula é disponibilizada na norma 10844 (1989).

$$Q = \frac{(i \times A_c)}{60} \tag{5}$$

Onde:

Q = Vazão do projeto (L/min).

i = Intensidade de precipitação (mm/h).

A_c = Área de contribuição (m²).

O valor da área de contribuição utilizado foi o de 349,25 m² encontrado no item anterior, e da intensidade utilizado foi de 223,54 mm/h que é o valor estimado para a região.

$$Q = \frac{(223,54 \times 349,25)}{60}$$

$$Q = 1301,18 \text{ L/min}$$

4.1.4 Definição do número condutores verticais

Os condutores horizontais fazem ligação de ralos de calhas, lajes, sacadas, floreiras, terraços com os condutores verticais (Figura) em pequenos trechos horizontais. Para dimensionamento das calhas foi necessário saber quanto de vazão chegava em cada condutor horizontal. Foi definido 9 condutores horizontais, conforme inclinações do telhado.

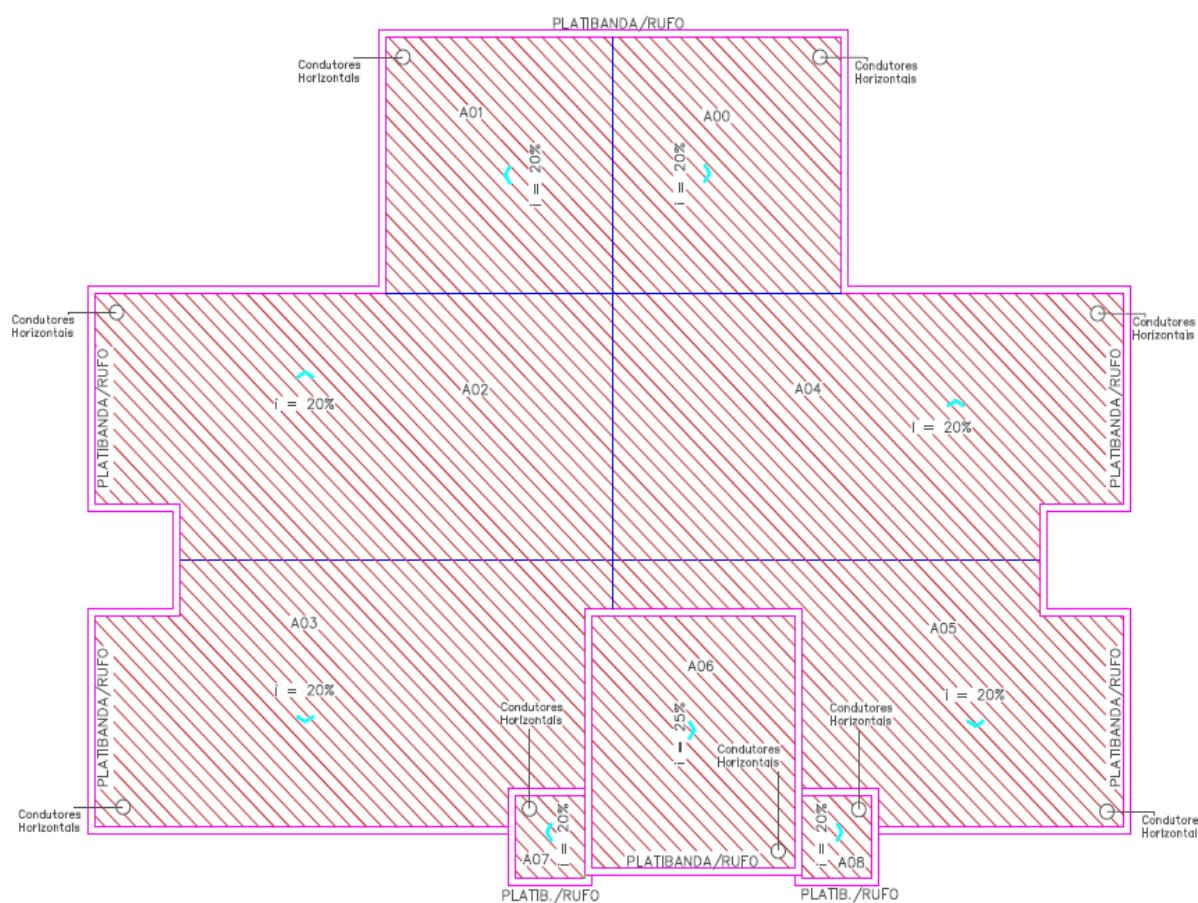
$$Q = 1301,18 \text{ L/min}$$

$$Q_{\text{condutor}} = \frac{1301,18}{9 \text{ condutores}}$$

$$Q_{\text{condutor}} = 144,57 \text{ L/min}$$

$$Q_{\text{condutor}} = 2,40 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 24: Distribuição dos condutores verticais



Fonte: Autor (2019).

4.1.5 Dimensionamento das calhas

As calhas possuem a função de encaminhar às águas distribuídas pelo telhado até à cisterna. Para que não se tenha problemas com sua eficácia seu dimensionamento deve levar em consideração a quantidade de água que virá do telhado (condutores horizontais) e a sua inclinação até o condutor vertical.

Para o dimensionamento das calhas a NBR (10844/1989), indica a fórmula de Manning Equação 7. O valor da vazão que chega em cada calha foi encontrado anteriormente, a área molhada e o raio molhado inicialmente ficaram como incógnitas, o valor da inclinação utilizado foi o mínimo indicado por norma 0,5% e o coeficiente de Manning n utilizado foi conforme o material PVC 0,011.

$$Q = \frac{A_m \times (R_h)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (7)$$

Onde:

Q = vazão das calhas (m³/s), Equação 7;

A_m = Área da seção molhada (m²), Equação 8;

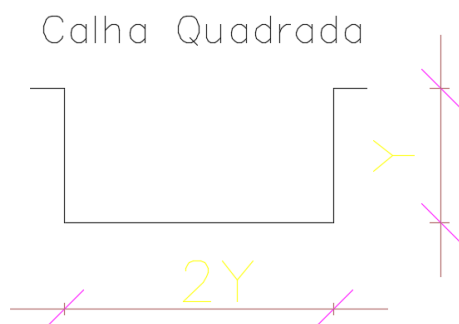
n = coeficiente de rugosidade de Manning referente ao material utilizado (ver Tabela 3);

R_h = raio hidráulico (m), Equação 9;

i = declividade (m/m) (0,005 conforme NBR (10844/1989)).

A área da seção molhada a qual foi utilizada na Equação 7 era correspondente a área útil de escoamento da água na seção transversal da calha quadrada Figura , e foi dimensionada a conforme Equação 8.

Figura 25: Calha.



Fonte: Autor (2019).

$$A_m = (a \times b) \quad (8)$$

Onde:

A_m = Área da seção molhada da calha (m^2);

a = Largura da calha (m);

b = Altura da calha (m).

O raio hidráulico, também utilizado na Equação 7, é encontrado através do perímetro molhado, que é a linha da água que toca a calha, no caso o fundo e as paredes, que pode ser calculado através das Equação 9.

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} \quad (9)$$

Onde:

R_h = Raio hidráulico da seção transversal da calha (m^2);

A_m = Área molhada (m^2);

P_m = Perímetro molhado (m).

O dimensionamento das calhas se desenvolveu da seguinte forma, primeiramente foi feito o cálculo de A_m .

$$A_m = (a \times b) \quad (8)$$

$$A_m = 2Y \times Y$$

$$A_m = 2Y^2$$

Após o cálculo de A_m o valor de R_m foi encontrado.

$$R_h = \frac{2Y^2}{4Y}$$

$$R_h = 0,5Y$$

Tendo encontrado A_m e R_m , seus resultados foram substituídos na formula da vazão das calhas, sendo encontrado os respectivos valores de Y .

$$Q = \frac{A_m \times (R_h)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (7)$$

$$2,40 \times 10^{-3} = \frac{2Y^2 \times (0,5Y)^{\frac{2}{3}} \times (0,005)^{\frac{1}{2}}}{0.011}$$

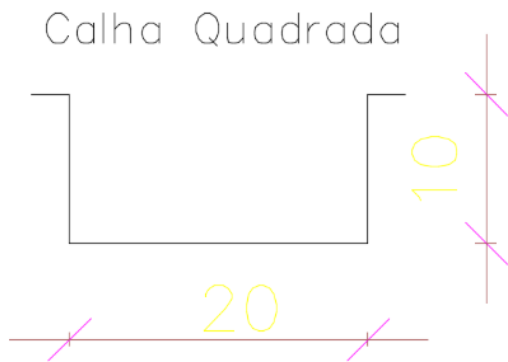
$$Y = 0,0669 \text{ m}$$

$$Y = 6,69 \text{ cm}$$

Y = 10 cm (arredondamento divisíveis por 5).

A calha dimensionada é apresentada na Figura .

Figura 26: Detalhamento calha em cm.



Fonte: Autor (2019)

Após ter todos os valores pode-se encontrar a vazão real das calhas.

$$A_m = (a \times b) \quad (8)$$

$$A_m = 0,2 \times 0,1$$

$$A_m = 0,01 \text{ m}^2$$

Com o resultado de A_m encontrou-se o valor de R_m .

$$R_h = \frac{0,01}{4 \times 0,1}$$

$$R_h = 0,025 \text{ m}$$

Tendo encontrado A_m e R_m , seus resultados foram substituídos na fórmula da vazão das calhas, sendo encontrado os respectivos valores de Y .

$$Q = \frac{A_m \times (R_h)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (7)$$

$$Q = \frac{0,01 \times (0,025)^{\frac{2}{3}} \times (0,005)^{\frac{1}{2}}}{0,011}$$

$$Q = 5,49 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

O valor encontrado para vazão das calhas, garantem que elas atenderam a demanda do telhado.

$$5,49 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} > 2,40 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.6 Condutores verticais

Para o dimensionamento destes condutores utilizou-se o ábaco disposto na Figura e os dados obtidos anteriormente para a caracterização do diâmetro do tubo: vazão de projeto em L/min, representado por “Q”; altura da lâmina de água no interior da calha em milímetros, representado por “ R_h ”; e o comprimento do tubo condutor vertical, delimitado em metros e representado pela letra “L”.

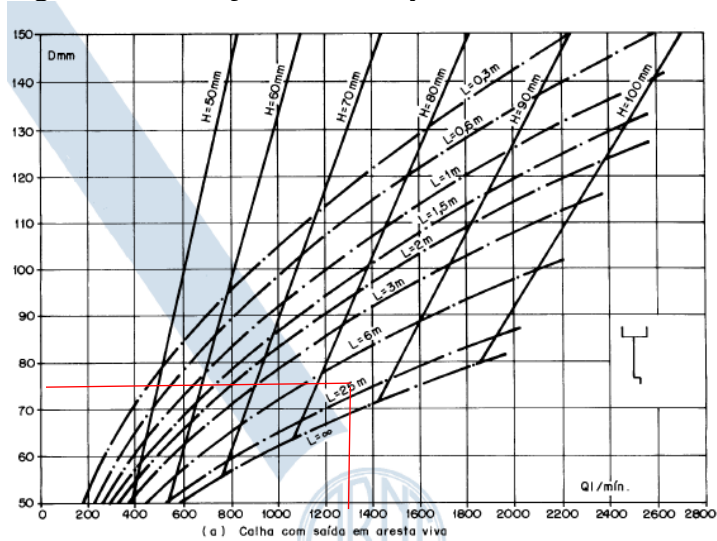
O dimensionamento foi realizado seguindo seguintes passos:

O diâmetro D adotado valor mínimo estipulado por norma 75mm.

$Q = 1301,18 \text{ L/min}$, obtido na (Equação 5);

L = comprimento do condutor vertical (m), obtido no ábaco, (Figura).

Figura 27: Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: NBR 10.844/1989.

Com base nesses dados o condutor vertical determinado foi de 75 mm, utilizando a vazão de 1301,18 L/min e o comprimento do tudo de 14,5 metros.

4.1.7 Condutores horizontais

Os condutores horizontais foram determinados através da Tabela 10. Analisando a rugosidade do tubo e a inclinação desejada de projeto de 0,5%, assim, obtve-se uma vazão estimada pela tabela encontrando o diâmetro do tubo.

Conforme a rugosidade do PVC de $n = 0,011$ e a inclinação de 0,5 % encontrou-se que o tubo deve ser de 250 mm para atender uma demanda de 329,4 L/min (calhas) e para atender a vazão do projeto de 1301,18 L/min.

Tabela 10: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.160	1.670	2.380	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.310	4.680	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.560	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: NBR 10.844/1989.

4.1.8 Reservatório de armazenamento

No dimensionamento do reservatório de armazenamento e uso das águas pluviais, o volume máximo médio anual das águas da chuva que poderá ser aproveitado não será o mesmo que o volume precipitado total. Há perdas de água por evaporação, limpeza dos telhados e de outras áreas de coleta, vazamentos ou ainda, perdas na autolimpeza dos sistemas que representam cerca de 5% até 30 % de perdas do volume precipitado total (FENDRICH, 2002).

Dentre os seis métodos de dimensionamento de reservatório proposto na NBR 15527 (2007), foi aplicado neste estudo o método de Azevedo neto, onde o dimensionamento foi realizado utilizando a (Equação 1).

$$V = 0,0042 \times P \times A_c \times T \quad (1)$$

Onde:

V= Volume do reservatório (L);

P= Precipitação anual média da região é de 1723 conforme o **Climate** data.org 2019 (mm/ano);

A_c= 349,25 m²;

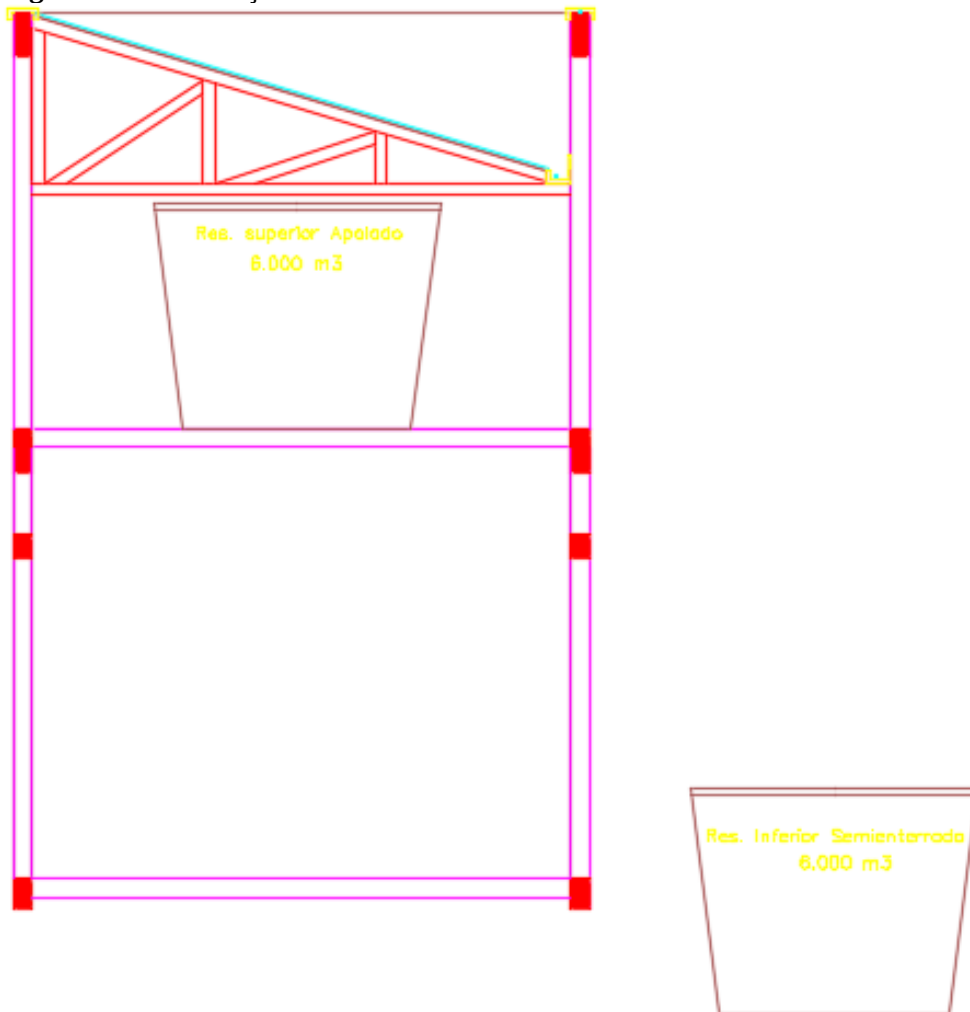
T= 2 meses para efeito de segurança.

$$V = 0,0042 \times 1723 \times 349,25 \times 2 \quad (1)$$

$$V = 5054,76 \text{ L}$$

Por conta dos volumes comerciais de reservatório, o reservatório escolhido para armazenamento possui capacidade de 6.000 litros. O projeto desenvolvido conta com dois reservatórios, o primeiro semienterrado na parte inferior da edificação, que irá bombear água após filtragem para o reservatório dois. O reservatório dois é um reservatório apoiado na cobertura da edificação, pronto para atender a demanda de utilização. A Figura demonstra a distribuição final dos reservatórios.

Figura 28: Distribuição dos reservatórios.



Fonte: Autor (2019).

4.1.9 SISTEMA DE BOMBEAMENTO DAS ÁGUAS DA CHUVA

A instalação elevatória foi dimensionada com relação ao consumo diário, não em função apenas do volume, mas também, do fato de o reservatório superior ser regulador de vazão. Não há norma que especifique bombeamento de águas pluviais, estendendo-se então as recomendações de água fria para tal dimensionamento (NBR 10.844, 1989).

4.1.9.1 Consumo mensal e diário

Os consumos mensais e diários foram calculados levando em conta a Tabela 11 da Sanepar.

Tabela 11: Consumos potenciais.

Tabela de Consumos Potenciais		
Tipo de Edificação		Consumo Provável
1	Conj./cond. resid. c/ aptos. até 50m ²	8,5 m ³ /ec. mês
2	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 51 a 65m ²	10,3 m ³ /ec. mês
3	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 65 a 80 m ²	12,5 m ³ /ec. mês
4	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 80 a 100m ²	15,3 m ³ /ec. mês
5	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 100 a 130m ²	17,5 m ³ /ec. mês
6	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 130 a 200 m ²	21,0 m ³ /ec. mês
7	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 200 a 350m ²	23,5 m ³ /ec. mês
8	Conj./cond. resid. c/ aptos. acima de 350 m ²	35,0 m ³ /ec. mês
9	Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 l/hóspede dia
10	Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 l/hóspede.dia
11	Hospitais (exclusivamente pacientes internados)	250 l/leito.
12	Escolas (externatos)	50 l/per capita.dia
13	Escolas (internatos)	150 l/per capita.dia
14	Escolas(semi-internatos)	100 l/per capita.dia
15	Quartéis	150 l/per capita.dia
16	Creches	50 l/per capita.dia
17	Edifícios públicos/comerciais	80 l/per capita.dia
18	Supermercados c/ praça de alimentação	5 l/ m ² de área. dia
19	Restaurante/	25 l/refeição.dia
20	Escritórios	50 l/per capita. dia

Fonte: Sanepar (2019).

$$C_m = \text{Pop} \times C_{mu} \quad (11)$$

Onde:

C_m = consumo mensal;

Pop = consideramos a população sendo 1;

C_{mu} = o consumo mensal unitatio é por leito, á 7 leitos na UBS de Iguatu- PR.

$$C_m = 1 \times (7 \times 250) \quad (11)$$

$$C_m = 1750 \text{ m}^3/\text{mês}$$

O consumo diário foi encontrado pela divisão do consumo mensal pelo número de dias do mês.

$$C_d = \frac{C_m}{30} \quad (12)$$

$$C_d = \frac{1750}{30}$$

$$C_d = 58,33 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Para segurança definiu-se um armazenamento de dois dias, resultado um valor de 117m³.

4.1.9.2 Diâmetro de recalque e sucção

O diametro de recalque foi obtido através da Equação 14.

$$D_r = 1.3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{\beta} \quad (14)$$

Onde:

D_r = diâmetro de recalque (m);

Q_r = vazão de recalque (m³/s);

β = número de horas de funcionamento/24 horas.

A vazão de recalque foi encontrada com a Equação 13, conforme demonstra cálculo abaixo.

$$Q_r = \frac{C_d}{\text{n}^\circ \text{ de horas de funcionamento da bomba}} \quad (13)$$

Onde:

C_d = Consumo diário 58,33 m³/dia

Nº mínimo de horas de funcionamento da bomba estipulado por norma é 3 horas.

$$Q_r = \frac{58,33}{3}$$

$$Q_r = 19,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_r = 5,40 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

O valor de β é dado por:

$$\beta = \frac{\text{n}^\circ \text{ de horas de funcionamento da bomba}}{24} \quad (15)$$

$$\beta = \frac{3}{24}$$

$$\beta = 0,125$$

Com todos os dados necessários a encontrados, calculou-se o diâmetro de recalque.

$$D_r = 1.3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{\beta} \quad (14)$$

$$D_r = 1.3 \times \sqrt{5,40 \times 10^{-3}} \times \sqrt[4]{0,125} \quad (14)$$

$$D_r = 0,056 \text{ m}$$

$$D_r = 56 \text{ mm}$$

Porém diâmetro comercial possui valor de 63mm. O diâmetro de recalque externo é o diâmetro interno mais duas vezes a espessura, esta multiplicação resultou em um valor de 74,5mm, usando comercial de 75mm. O diâmetro de sucção deve ser o valor imediatamente superior ao de recalque, ficando interno 75mm e externo 90mm.

4.1.9.3 Comprimento virtual tubulação recalque

Os comprimentos foram calculados conforme dimensões dos aparelhos utilizados na tubulação de recalque. As tubulações de sucção não fazem parte deste projeto pelo motivo de a bomba ser afogada, estando já instalada dentro do reservatório. Na Tabela 12 são apresentados os comprimentos equivalentes obtidos, utilizando-se os dados da Tabela 7.

Tabela 12: Valores perdas de cargas conforme Tabela 7.

Comprimentos Equivalentes			
Peças	Valor em metros	Quantidade	Total
Registro Gaveta	0,9	1	0,9
Joelho 90°	3,9	3	11,7
Válvula de retenção	9,3	1	9,3
Registro Globo	37,9	1	37,9
T saída lado	7,8	1	7,8
Total			67,6

Fonte: autor (2019)

$$L_v = L + L_{eq} \quad (16)$$

Onde:

L_v = comprimento virtual total

L = comprimento real da tubulação

L_{eq} = comprimento equivalente

$$L_v = 5,7 + 67,6$$

$$L_v = 73,3\text{m}$$

4.1.9.4 Perdas de cargas unitária tubulação de recalque

As perdas de cargas são as perdas de energia do fluido na sua trajetória pela tubulação, o cálculo de perda de carga para este projeto foi encontrado a partir da Equação 17.

$$J = \frac{10,646}{D^{4,87}} \times \left(\frac{Q}{c}\right)^{1,852} \quad (17)$$

Onde:

J = perda de carga unitária;

D = diâmetro da tubulação de recalque;

Q = vazão tubulação de recalque;

C = celeridade fator que depende do tipo de material, PVC este valor é 140.

$$J = \frac{10,646}{0,075^{4,87}} \times \left(\frac{5,40 \times 10^{-3}}{140}\right)^{1,852} \quad (17)$$

$$J = 0,021\text{m}$$

4.1.9.5 Perda de carga total da tubulação de recalque

A perda de carga total é dada pela multiplicação da perda de carga unitária pelo comprimento virtual.

$$H_{fr} = J \times L_v \quad (10)$$

$$H_{fr} = 0,021 \times 73,3$$

$$H_{fr} = 1,53m$$

4.1.9.6 Escolha do modelo de bomba

A determinação do modelo, tipo e potência da bomba foi definida através da Tabela 8, analisando a altura manométrica total (Perda de carga total da tubulação) e a vazão estimada para atender a demanda necessária conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13: Determinação da bomba.

MODELO	CV	ESTÁGIOS	RECALQUE	ALTURA MÁXIMA (Metros)	VAZÃO (Metros Cúbicos por Hora)						
					1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	7,8
TSM-2507	1,0	7	1 1/2"	64	63,5	61,5	56,5	49,5	39	25,5	19
TSM-2509	1,5	9	1 1/2"	82	81,5	79	74	66	53	37,5	29
TSM-2511	2,0	11	1 1/2"	100	99,5	97,5	91	81	67	49	39
TSM-2515	3,0	15	1 1/2"	137	136	132	125	111,5	93	69,5	56
TSM-2520	4,0	20	1 1/2"	183	180,5	177	166	149	123,5	92	74
TSM-2526	5,5	26	1 1/2"	234	232	225	209,5	188	159,5	122	100

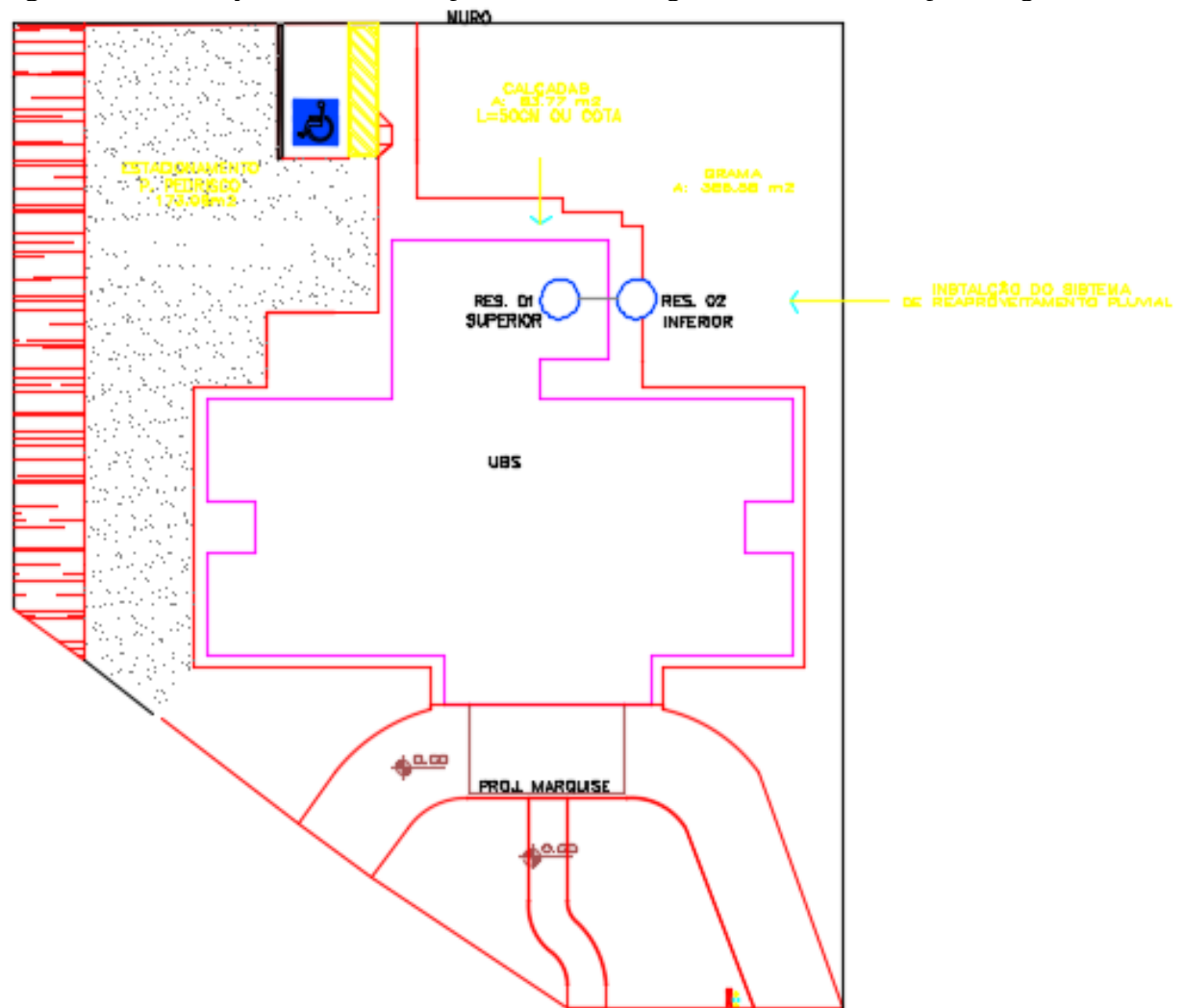
Fonte: Thebe bombas hidráulicas (2018).

Conforme os dados de altura manométrica de 73,3 metros e vazão mínima necessária de $5,40 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, resultando $19,44 \text{ m}^3/\text{h}$ definiu-se o modelo da motobomba pelo TSM-2509 com potência de 1,5 cv e vazão de $29 \text{ m}^3/\text{h}$.

4.2 RESULTADOS ENCONTRADOS

Com base no consumo disponibilizados pela UBS de Iguatu-PR cujo valor é de 8 mil litros ao mês, mais todos os dados encontrados por dimensionamento, com reservatório de 5 mil litros sabe-se que a Unidade Básica de Saúde teria uma redução de 62,5 % em consumo de atividades que não exigem água potável. A Figura 26 representa a localização mais indicada do sistema na UBS de Iguatu-PR.

Figura 29: Localização do sistema de aproveitamento de água na UBS do Município de Iguatu-PR.



Fonte: Autor (2019).

CAPÍTULO 5

5.1 Considerações finais

Este trabalho foi baseado em um estudo de projeto uma Unidade Básica de Saúde no município de Iguatu-PR, com intuito de analisar e avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de captação, tratamento, aproveitamento e reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, sistema de reutilização da água para lavagem de veículos, lavagem de calçadas, torneiras de jardins e descarga de bacias sanitárias.

Nesse estudo foram inclusos a captação, transporte e tratamento da água até os reservatórios, levando em consideração as áreas de contribuição e demanda do projeto, primeiramente, calculou-se e avaliou-se a área de contribuição do projeto, para então analisar se seria suficiente a captação para a demanda necessária. Nota-se que na visão ambiental e o investimento será viável, pois diminuirá a utilização de água potável e reduzirá a quantidade de chuva depositado nas ruas e nas galerias de águas pluviais.

No dimensionamento do reservatório foi possível determinar que o seu volume deverá ser de 5054,76 L, comercialmente 6.000 L e que este auxiliará na redução da demanda de consumo da edificação que possui em valor de aproximadamente 8 mil litros por mês. O reservatório indicado para instalação é o de 6000 L não necessitando instalar um reservatório com capacidade maior, pois iria elevar o custo do sistema, o que poderia inviabilizar sua implantação, sendo que a edificação não necessitaria volume superior ao dimensionado.

Com base nos dados deste trabalho, chega-se à conclusão que a Companhia de Saneamento do Estado do Paraná, deveria incentivar mais a população a economizar água, e realizar estudos sobre a viabilidade da implantação do sistema aproveitamento de água da chuva, pois na Unidade Básica de Saúde a redução da demanda em atividades de água não potável reduziria em 62 %.

Neste estudo foi possível rever conceitos importantes sobre o uso sustentável da água em nosso planeta, além de demonstrar a importância de se economizar água, também mostrou como captar e armazenar água pode contribuir para a diminuição dos problemas de enchentes, com menos água escoando nas sarjetas e galerias pluviais, é importante realizar o estudo e o dimensionamento deste sistema antes de implanta-lo pois nem sempre ele será viável para as edificações.

CAPÍTULO 6

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Diante dos dados levantados neste trabalho, existem muitos métodos para se dimensionar um sistema de captação de água pluvial sugere-se então para trabalhos futuros.

- A realização de um estudo com outros métodos em unidades básicas de saúde e que seja feito também um estudo de viabilidade econômica, visto que a UBS é do poder público.
- Estudo para aproveitamento de água da chuva realizado pelas prefeituras municipais em conjuntos habitacionais, conseguindo uma grande captação e economia de água para as cidades.
- Análise para implantação reuso para fins potáveis, tendo conhecimento que as UBS concentram grande capacidade de pessoas, exigindo também grande consumo de água potável.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em <www.ana.gov.br>. Acessado agosto 2018.

ANAB, **Associação Nacional De Arquitetura Bioecológica**. Disponível em:<<http://www.ongsbrasil.com.br/default.asp?Pag=2&Destino=InstituicoesTemplate&CodigoInstituicao=15012&Instituicao=Associacao-Nacional-de-Arquitetura-Bioecologica>>. Acesso em agosto 2018.

ÁGUIAR, M. **Sustentabilidade no uso da água para rega em estruturas desportivas : Estadio da luz**. Setúbal Portugal: Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal 2012. Disponível em:
<<https://www.google.com.br/search?q=AGUIAR%2C+M.+A.+S.+Sustentabilidade+no+Uso+da+%C3%81gua+para+rega+em+Estruturas+Desportivas%3A+Est%C3%A1dio+da+Luz+-+Sport+Lisboa+e+Benfica.+2012.>>. Acesso em agosto de 2018.

BOTELHO, Manoel H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. São Paulo, São Paulo/SP, 2006.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 28 de dezembro de 1989.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2004. Disponível em < ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventos Cientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP0134d.pdf>. Acesso em setembro 2018.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 10. ed. São Paulo/SP, 2016.

CIRILO, José Almir. **Crise hídrica: Desafio e Superação**. Artigo revista USP, São Paulo/SP 2015.

CASCADEL. Prefeitura Municipal de. Lei 4.631 do município de Cascavel. 2007. Disponível em <http://www.cascavel.pr.gov.br/servicos/leis/detalhes.php?lei_num=4631> Acesso em agosto 2018.

COELHO, Marco Antônio; BORELLI, Dario Luiz. Disputa pela água em São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 47, n. 17, p.153-153, 13 fev. 2003. Periódico. Disponível em: <<http://zip.net/bkswPt>>. Acesso em setembro 2018.

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

CREPANI, Edison. **Intensidade Pluviométrica: Uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens a perda de solo**. 2004. 30 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Ministério da Ciência e da Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, 2004. Disponível em:

<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/Intensidade_Pluviomtrica.pdf>. Acesso em setembro 2018.

DECRETO Nº 293, Curitiba. **Prefeitura Municipal de Curitiba Paraná**, de 22 de março de 2006. Regulamenta a Lei nº 10.785/03. Disponível em < <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2006/29/293/decreto-n-293-2006-regulamenta-a-lei-n-10785-03-e-dispoe-sobre-os-criterios-do-uso-e-conservacao-racional-da-agua-nas-edificacoes-e-da-outras-providencias>>. Acesso em agosto 2018.

FAZ FORTE RESERVATÓRIOS APOIADOS. Disponível em < <https://www.fazforte.com.br/blog/reservatorio-apoiado/>>. Acesso em setembro 2018.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual De Utilização Das Águas Pluviais**: 100 maneiras práticas. Curitiba/PR, 2002.

FERREIRA, Daniel Fabrício. **Aproveitamento De Águas Pluviais E Reuso De Águas Cinzas Para Fins Não Potáveis Em Um Condomínio Residencial Localizado Em Florianópolis – Sc**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal De Santa Catarina, Santa Catarina/SC, 2005.

GARDNER, T; COOMBES, P. **Use Of Rainwater At a Rang Of Scale In Australian Urban Enviroments**. Disponível em < <http://www.eng.Newcastle.edu.au/~cega/coombes/rainwaterscale.htm>>. Acesso em setembro 2018.

GIACCHINI, M. **Uso e Reúso da Água**. Caderno Técnico CREA-PR, 2010. 32 f. Disponível em: <http://www.creapr.org.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=37:cadernostecnicos>. Acesso em setembro 2018

GOOGLE -CLIMATE DATA.ORG **.Clima: Iguatu-Pr**. 2018. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana-197/?page=10>>. Acesso em setembro 2018.

GHISI, Enedir; GUGEL, Eloir Carlos. **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Florianópolis: Dep. de Engenharia Civil, 2005. 14 p. Disponível em: <<http://zip.net/bksKSX>>. Acesso em setembro 2018.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. **Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in southern Brazil**. Disponível em:< <http://wanko.free.fr/COURS/Ges.eaux%20pluviales/Potential%20for%20potable%20water%20savings%20by%20using%20rainwater%20An%20analysis%20over%2062%20cities%20in%20southern%20Brazil.pdf>>. Artigo da revista Building and Environment, 2010.

GNADLINGER, J. **Coleta De Água De Chuva Em Áreas Rurais**. Fórum Mundial Da Água, Holanda, 2000. Disponível em:<<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em setembro 2018.

GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semiáridas. **Tecnologias apropriadas para terras secas**: ma-nejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil. Fortaleza/CE. 2006.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação Da Qualidade Da Água Da Chuva e Da Viabilidade De Sua Captação e Uso**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria/SC, 2009.

LOPES, A. P. G; JUNIOR, D. P. S; MIRANDA, D. A. **Análise Crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)**. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/ptr/article/view/821/0>>. Revisa petra, 2015.

MAZER MONTAGENS. Disponível em: <<http://mazermontagens.com.br/>>. Acesso em setembro 2018.

MORUZZI, Rodrigo Braga. **Coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório**. UNESP, São Paulo, 2009.

NORMA BRASILEIRA – NBR. Água de chuva 15527– Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro/RJ, 2007.

NORMA BRASILEIRA – NBR. 10844 – Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento. Rio de Janeiro/RJ, 1989.

OLIVEIRA, Bona Berenice de. **Aproveitamento De Água Da Chuva Para Fins Não Potáveis Em Edificação Multifamiliar Na Cidade De Carazinho Rio Grande Do Sul**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria/SC, 2014.

PHILIPPI, L. **Aproveitamento Da Água De Chuva**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, PROSAB, >. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em setembro 2018.

RAMOS, Manoel Henrique. **Desenvolvimento de Alternativas Para a Reutilização da Água no Serviço Público Municipal**. Niterói Rio de Janeiro, 2010 Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_55.pdf> Acesso em setembro 2018.

RESERVATÓRIO SEMIENTERRADO. Disponível em <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/imagens/osvaldo_cruz/reservatorio-semi-enterrado-da-eta-osv-cruz.jpg>. Acesso em setembro 2018.

RESERVATÓRIO ELEVADO. Disponível em <<http://www.reservatoriodeaguaminal.com.br/reservatorio-elevado-de-agua/>>. Acesso em setembro 2018.

ROTOGINE RESERVATÓRIOS. Disponível em: <http://www.rotogine.com.br/site/?page_id=248>. Acesso em setembro 2018.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construindo**, Porto Alegre/RG, 2011.

SAMPAIO, F. E. O. V. **Análise da Viabilidade de Implantação e Prédimensionamento de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em Centros Urbanos**. Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2013. Disponível em < https://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/Felipe_Eugenio_de_Oliveira_Vaz_Sampaio.pdf>. Acesso em setembro 2018.

SANEPAR tabela de consumos potenciais. Disponível em:< <https://site.sanepar.com.br/informacoes-tecnicas/tabela-de-consumos-potenciais>>. Acesso em Fevereiro 2019.

SÃO PAULO. **Lei Nº 12.526**, Lei municipal da cidade de São Paulo, 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Disponível em < <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>>. Acesso agosto de 2018.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS (Brasil) (Org.). **Motobombas submersas**. 2016. Disponível em: <<http://zip.net/bwsMM4>>. Acesso em setembro 2018.

SOUZA, R. L. **Análise Comparativa dos Métodos de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Águas Pluviais**: Estudo de Caso Hospital Federal do Andaraí. Rio de Janeiro/RJ, 2015. Disponível em < <http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1520.pdf>>. Acesso em setembro 2018.

SILVA, M. C. C. da; MARTINS, J. R. S. **Reuso de Águas Servidas: Sistemas de Abastecimento de Água em Condomínios Residenciais Verticais e Horizontais**, 2010. Artigo disponível em: <http://www.usp.br/cirra/arquivos/reuso_resumo.pdf> Acesso Setembro 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**: Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. São Paulo/SP, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva em Áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo/SP, 2014. Disponível em <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov_agua-dechuva/Capitulo09.pdf> acesso em setembro 2018.

TOMAZ, P. **Economia de Água para Empresas e Residências**, Navegar Editora, São Paulo/SP, 2001. Disponível em < http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf>. Acesso em setembro 2018.

UNIÁGUA, Universidade da Água. **Água no Planeta**. Disponível em: <www.uniagua.org.br> Acesso em Agosto 2018.

VIEIRA, Douglas Lincoln Machado. **Estudo da viabilidade do uso da água da chuva em lava rápido**. Disponível em:< http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Dougla_Lincoln_Machado_Vieira.pdf> Acesso em Outubro 2018.