

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GIOVANI LUCIANO HEISS DA SILVA
LUIZ HENRIQUE SAFRAIDER NETO

**ESTUDO DA VIABILIDADE QUANTO A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

CASCADEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GIOVANI LUCIANO HEISS DA SILVA
LUIZ HENRIQUE SAFRAIDER NETO

**ESTUDO DA VIABILIDADE QUANTO A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

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

**Professora Orientadora: Mestre, Engenheira Civil
Camila Forigo.**

CASCADEL - PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

GIOVANI LUCIANO HEISS DA SILVA

LUIZ HENRIQUE SAFRAIDER NETO

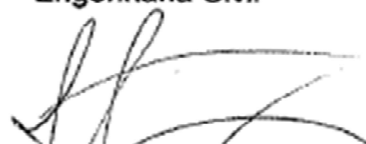
**ESTUDO DA VIABILIDADE QUANTO A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE AGUAS PLUVIAIS**

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 da Professora **Mestre Engenheira Civil Camila Forigo**.

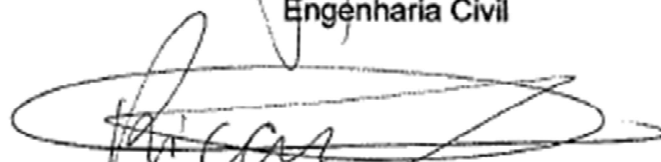
BANCA EXAMINADORA



Orientador Professora Mestre Eng. Civil: Camila Forigo
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil



Professor Mestre Eng. Civil: Júlio Tozo Neto
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil



Professor Eng. Civil Esp. Ricardo Paganin
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil

Cascavel, 04 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a Deus e aos nossos pais, pelo amor infinito e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por nos proporcionar a vida, saúde, proteção. Sem ele nada seria possível.

Aos nossos pais, que nos educaram, incentivaram, oraram e nos deram suporte para a realização do curso.

As nossas namoradas que também foram especiais durante o curso, dando carinho, incentivo e foram compreensíveis nos momentos de estresse com provas e trabalhos.

Aos nossos colegas da faculdade que compartilharam momentos bons e ruins durante essa caminhada e hoje se tornaram grande amigos.

À nossa orientadora Camila Forigo, por ter aceitado nossa ideia e ter nos guiado durante a realização desse trabalho.

Ao empresário Jaime Carniel, proprietário da empresa AcquaTech por disponibilizar seu tempo e informações que foram importantes para o desenvolvimento desse trabalho.

À coordenadora da Escola Municipal Diva Vidal, que sempre nos recebeu com carinho e nos autorizou a realizar este trabalho.

E finalmente gostaríamos de agradecer a todos os que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, muito obrigado.

EPÍGRAFE

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”

Mahatma Gandhi.

RESUMO

A água é um bem imprescindível para a vida, no entanto ela é um recurso finito. Simultaneamente com o aumento do consumo em virtude do crescimento populacional, o desperdício vem sendo outro fator que agrava a preocupação com a preservação desse recurso. A captação de águas pluviais para utilização em fins não potáveis é uma forma de suavizar este problema de escassez. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi analisar a viabilidade econômica quanto a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais na Escola Municipal Diva Vidal, localizada na cidade de Cascavel – Paraná. O volume do reservatório foi dimensionado através dos seis métodos descritos pela ABNT NBR 15527/2007, e os resultados obtidos foram testados através do programa computacional Netuno para indicar qual o volume mais apropriado. O programa indicou que o volume de reservatório ideal para a situação seria de 10 m³. Com base nas informações coletadas, também foram realizados os dimensionamentos de calhas, condutores verticais e horizontais, reservatório superior e bomba de recalque. Através do projeto foi possível realizar o orçamento necessário e estimar o custo para implantação do sistema, o custo para mantê-lo funcionando e a economia gerada. Por fim realizou-se uma análise econômica, onde constatou-se que o tempo de retorno do investimento será inferior a dez anos. Portanto a implantação deste sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais torna-se economicamente viável.

Palavras-chave: Dimensionamento. Tempo de Retorno. Orçamento. Chuva.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Componentes do sistema de captação de água pluvial.....	24
Figura 02: Área de captação, à esquerda telhado e a direita laje.....	25
Figura 03: Calha, condutor vertical e grade.....	26
Figura 04: Filtro de descida.....	27
Figura 05: Filtro volumétrico.....	27
Figura 06: Mapa com a localização da escola.....	32
Figura 07: Ábaco do diâmetro interno do condutor vertical.....	37
Figura 08: Capacidade dos condutores horizontais de seção circular.....	38
Figura 09: Simulação do volume ideal do reservatório utilizando o Netuno.....	63
Figura 10: Catálogo de motobombas centrífugas Schneider.....	65
Figura 11: Realimentador automático do reservatório elevado de água pluvial.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tabela para levantamento de dados da escola.....	32
Tabela 02: Coeficiente de rugosidade n de Manning.....	36
Tabela 03: Coeficiente de escoamento superficial.....	40
Tabela 04: Média das alturas mensais de precipitação.....	52
Tabela 05: Método de Rippl.....	56
Tabela 06: Verificação Método de Rippl.....	56
Tabela 07: Método da simulação.....	57
Tabela 08: Meses de pouca chuva ou seca.....	58
Tabela 09: Método Azevedo Neto.....	59
Tabela 10: Método prático alemão.....	59
Tabela 11: Método prático inglês.....	60
Tabela 12: Método prático australiano.....	60
Tabela 13: Comprimento equivalente das peças.....	64
Tabela 14: Altura manométrica da bomba de recalque.....	65
Tabela 15: Economia anual com a instalação do sistema.....	68
Tabela 16: Tempo de retorno.....	68

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01: Consumo de água das bacias sanitárias.....	33
Equação 02: Consumo de água na lavagem das calçadas.....	33
Equação 03: Intensidade média de precipitação local.....	34
Equação 04: Área de cobertura inclinada da escola.....	35
Equação 05: Vazão de projeto na calha.....	35
Equação 06: Vazão máxima permitida, fórmula de Manning-Strickler.....	35
Equação 07: Raio hidráulico.....	36
Equação 08: Volume de chuva no período, Método de Rippl.....	39
Equação 09: Volume de chuva no período, Método de Rippl.....	39
Equação 10: Capacidade do reservatório de água pluvial, Método de Rippl.....	40
Equação 11: Verificação da capacidade do reservatório, Método de Rippl.....	40
Equação 12: Volume de água pluvial no período, Método da simulação.....	41
Equação 13: Volume de água no reservatório, Método da simulação.....	41
Equação 14: Verificação do volume do reservatório, Método da simulação.....	41
Equação 15: Volume de chuva, Método Azevedo Neto.....	42
Equação 16: Fração mensal, Método Azevedo Neto.....	42
Equação 17: Volume do reservatório, Método prático alemão.....	42
Equação 18: Coeficiente de segurança, Método prático inglês.....	43
Equação 19: Volume de chuva, Método prático inglês.....	43
Equação 20: Volume de chuva, Método prático australiano.....	43
Equação 21: Volume do reservatório, Método prático australiano.....	44
Equação 22: Falha, Método prático australiano.....	44
Equação 23: Confiança, Método prático australiano.....	44
Equação 24: Cálculo da vazão da bomba.....	46
Equação 25: Perda de carga na tubulação.....	47
Equação 26: Comprimento total.....	47
Equação 27: Perda de carga unitária.....	47
Equação 28: Valor Presente Líquido.....	49
Equação 29: Taxa Interna de Retorno.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira Normas Técnicas

ANA - Associação Nacional de Águas

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA - Estação de Tratamento de Água

IPTU - Imposto Predial e Território Urbano

NBR - Norma Brasileira

ONU - Organização das Nações Unidas

SELIC - Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices da Construção Civil

TIR - Taxa Interna de Retorno

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

VPL - Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	15
1.1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....	17
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	18
CAPÍTULO 2.....	19
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1.1 História do aproveitamento da água pluvial.....	19
2.1.2 Importância da água para o ser humano.....	20
2.1.3 Ciclo da água.....	20
2.1.4 Água no Brasil.....	21
2.1.5 Degradação dos recursos hídricos.....	21
2.1.6 Importância em aproveitar a água da chuva.....	22
2.1.7 Países que investem no aproveitamento da água pluvial.....	22
2.1.8 Legislação a respeito do aproveitamento da água da chuva.....	23
2.1.9 Componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	24
2.1.9.1 Área de captação.....	25
2.1.9.2 Calhas e condutores.....	25
2.1.9.3 Peneiras e grades.....	26
2.1.9.4 Filtro de descida.....	26
2.1.9.5 Filtro volumétrico.....	27
2.1.9.6 Freio d'água.....	28
2.1.9.7 Reservatórios.....	28
2.1.9.8 Filtro flutuante.....	28
2.1.9.9 Bomba de recalque.....	29
2.1.9.10 Sistema de tratamento e desinfecção.....	29
2.1.9.11 Realimentador.....	29
2.1.10. Período de retorno do investimento.....	30

CAPÍTULO 3.....	31
3.1 METODOLOGIA.....	31
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....	31
3.1.2 Caracterização da amostra.....	31
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados.....	32
3.1.4 Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial.....	33
3.1.4.1 Levantamento da demanda de água utilizada na limpeza e nas bacias sanitárias...	34
3.1.4.2 Determinação das médias pluviométricas.....	34
3.1.4.3 Determinação da intensidade média de precipitação local.....	34
3.1.4.4 Determinação da área de captação de água.....	35
3.1.4.5 Dimensionamento das calhas.....	35
3.1.4.6 Dimensionamento dos condutores verticais.....	36
3.1.4.7 Dimensionamento dos condutores horizontais.....	38
3.1.4.8 Dimensionamento de reservatórios de água pluvial.....	39
3.1.4.8.1 Método de Rippl.....	39
3.1.4.8.2 Método da simulação.....	41
3.1.4.8.3 Método Azevedo Neto.....	42
3.1.4.8.4 Método prático alemão.....	42
3.1.4.8.5 Método prático inglês.....	43
3.1.4.8.6 Método prático australiano.....	43
3.1.4.8.7 Programa Computacional Netuno.....	45
3.1.4.9 Dimensionamento da bomba de recalque.....	46
3.1.4.9.1 Cálculo da vazão.....	46
3.1.4.9.2 Cálculo da altura manométrica.....	47
3.1.4.10 Dimensionamento do reservatório elevado.....	48
3.1.4.11 Dimensionamento da tubulação de água pluvial.....	48
3.1.5 Orçamento da implantação do sistema.....	48
3.1.6 Cálculo do período de retorno do investimento.....	48
CAPÍTULO 4.....	51
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1.1 Cálculo da demanda.....	51
4.1.1.1 Consumo dos banheiros.....	51
4.1.1.2 Consumo para limpeza das calçadas, salas e banheiros.....	51

4.1.2 Determinação das médias pluviométricas.....	52
4.1.3 Determinação da Intensidade Média de Precipitação Local.....	52
4.1.4 Determinação da área de captação de água.....	53
4.1.5 Dimensionamento das calhas.....	54
4.1.6 Dimensionamento dos condutores verticais.....	55
4.1.7 Dimensionamento dos condutores horizontais.....	55
4.1.8 Dimensionamento do reservatório.....	55
4.1.8.1 Método de Rippl.....	55
4.1.8.2 Método da simulação.....	57
4.1.8.3 Método Azevedo Neto.....	58
4.1.8.4 Método prático alemão.....	59
4.1.8.5 Método prático inglês.....	60
4.1.8.6 Método prático australiano.....	60
4.1.8.7 Programa Computacional Netuno.....	61
4.1.9 Dimensionamento da bomba de recalque.....	63
4.1.9.1 Cálculo da vazão.....	63
4.1.9.2 Cálculo da altura manométrica.....	64
4.1.10 Dimensionamento do reservatório elevado.....	66
4.1.11 Sistema realimentador automático do reservatório elevado de água pluvial.....	66
4.1.12 Dimensionamento da tubulação de água pluvial.....	67
4.1.13 Orçamento da implantação do sistema.....	67
4.1.14 Cálculo do período de retorno do investimento.....	67
CAPÍTULO 5.....	70
5.1 CONCLUSÃO.....	70
CÁPITULO 6.....	71
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	71
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A.....	76
APÊNDICE B.....	77
APÊNDICE C.....	78
APÊNDICE D.....	79
ANEXO A.....	80

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O acesso à água de qualidade e quantidade suficiente é um direito universal de todos. No Brasil, a lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, reafirma o direito à água das gerações presentes e futuras, e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos.

No cenário atual, o crescimento populacional associado aos padrões de consumo impostos pela oferta de novos produtos, efeito do acelerado desenvolvimento tecnológico, vem resultando num aumento do consumo de água e da pressão sobre as fontes existentes. Simultaneamente com o aumento do consumo, o desperdício é outro fator que intensifica a preocupação com a preservação desse recurso.

Além disso, a escassez de água potável, a perda da qualidade dos mananciais devido ao aumento da poluição, são fatores que despertaram em diversos setores da sociedade a necessidade da conservação e racionalização da água potável. A utilização de fontes alternativas para o suprimento é citada como uma das soluções para o problema. Dentre essas fontes, destacam-se o reuso de águas servidas, o aproveitamento de água pluvial e a dessalinização da água do mar.

Com a crescente busca por soluções para a redução da demanda, o aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis vem se destacando como uma técnica fundamentada para o uso racional da água, colaborando com a preservação da mesma, sem a necessidade de tecnologias complexas ou grandes obras.

Seguindo essa linha de pensamento em preservar esse bem, aplicar essa técnica é uma realidade que já acontece em algumas empresas, órgãos e residências, porém levando em conta a importância da preservação essa técnica deveria ser mais comum em nosso país. O motivo da maioria das edificações não optarem por esses sistemas deve-se ao desconhecimento dessa técnica e o investimento necessário para implantação. Diante dessas constatações, este trabalho visa realizar um estudo da viabilidade econômica da implantação em uma escola municipal de ensino fundamental, onde a água pluvial captada poderá ser utilizada para fins não potáveis.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar a viabilidade econômica quanto a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis na Escola Municipal Diva Vidal, localizada na cidade de Cascavel - Paraná.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estimar o volume ideal do reservatório de água pluvial;
- Dimensionar o sistema de captação e aproveitamento de água pluvial;
- Analisar a viabilidade da implantação do sistema considerando o tempo de retorno.

1.3 JUSTIFICATIVA

A água é um recurso limitado e valioso. Embora a maior parte da superfície terrestre seja composta por água, apenas uma pequena fração dessa água encontra-se em condições adequadas e locais acessíveis. A distribuição desigual pelas diferentes regiões do planeta faz com que haja escassez de água potável em vários países. Por esse motivo esse recurso tem sido centro de discussões e preocupações, desde líderes políticos até a população em geral (LIU *et al.*, 2015).

Apesar da água doce ainda ser encontrada em grande quantidade no planeta, a falta de água já é um problema em algumas regiões, e tem se agravado em outras, principalmente nas áreas urbanas, em função do crescimento populacional acelerado. Segundo o relatório da ONU (2015), a população mundial deve alcançar a marca de 9 bilhões de pessoas em 2050, sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água.

Tendo em vista que a água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida, questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais destacadas. As técnicas de aproveitamento de água pluvial são soluções sustentáveis que

contribuem para uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos para as futuras gerações.

Uma alternativa para solução desse problema é a coleta de água pluvial. Aproveitar a água traz benefícios, pois reduz a demanda das águas de superfície e subterrâneas, além de proteger o meio ambiente (SHAREAMERICA, 2016).

Segundo Scherer (2003), os edifícios escolares são uma fonte potencial para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de coberturas. Sendo necessário um estudo da viabilidade econômica de água potável, para então determinar a relação de custo e benefício na implantação desses sistemas.

A estrutura da educação pública no Brasil é precária comparada aos países desenvolvidos. Considerando esse cenário, a implantação desse sistema em uma escola municipal, além de conservar este recurso natural, o sistema possibilita economia de recursos financeiros que podem ser utilizados para investimentos em outras áreas da escola além de contribuir com a sociedade.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Economicamente, é viável a implantação de um sistema de captação de águas pluviais com o intuito de utilização para fins não potáveis na Escola Municipal Diva Vidal, localizada na cidade de Cascavel, região oeste do estado do Paraná?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A implantação do sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis na Escola Municipal Diva Vidal será viável economicamente. Pois o sistema atenderá a demanda de água utilizada para a limpeza das dependências da escola, assim como as bacias sanitárias dos banheiros e o custo do investimento para implantação do sistema será diluído através da economia de água potável.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo foi realizado na Escola Municipal Diva Vidal, localizada na Rua Jaime Duarte Leal, 464, no bairro Jardim Maria Luiza, na cidade de Cascavel, Paraná.

O levantamento de dados referentes ao consumo de água na escola realizou-se através de análises das faturas anteriores, em conjunto com informações de utilização da água no local. Os índices pluviométricos para o estudo foram considerados a partir de uma série de medições pluviométricas disponíveis no site do Instituto das Águas do Paraná. Para realizar o orçamento do sistema de captação utilizou-se as tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), já os materiais mais específicos que não foram encontrados no SINAPI, foram considerados através de orçamento concedido pela empresa AcquaTech. A empresa AcquaTech fica localizada no município de Corbélia no Paraná e atua na implantação de projetos de captação e aproveitamento de águas pluviais.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 História do aproveitamento de água pluvial

O desenvolvimento da prática de manejo e aproveitamento de água pluvial ocorreu em culturas do Oriente, Oriente Médio, Europa, e da América Latina, pelos Incas, Maias e Astecas (GOLÇALVES, 2006).

De acordo com Gnadlinger (2000), as técnicas de aproveitamento de água pluvial foram mais utilizadas em regiões áridas e semiáridas. Na região semiárida, foi onde aconteceu maior utilização e propagação da técnica, devido ao fato de ser um local onde as chuvas ocorriam em poucos meses do ano.

Na China, no Planalto de Loess, há dois mil anos, já existiam estruturas (tanques) para o armazenamento de água da chuva. No deserto de Negev, atualmente território de Israel e Jordânia, nesta mesma época, existia um sistema de manejo de água da chuva (GNADLINGER, 2000).

Ao sul de Oaxaca, México, no século X, a irrigação da agricultura era baseada na coleta de água pluvial. Essa água era armazenada em cisternas com capacidade de vinte a quarenta e cinco metros cúbicos, chamadas pelos Maias de Chultuns (GNADLINGER, 2000).

As cisternas de Chultuns eram escavadas em subsolo calcário, seu interior era revestido em reboco impermeável, sobre elas havia a área de captação de água, de cem a duzentos metros quadrados (ANNECCHINI, 2005).

No entanto, com o desenvolvimento de novos modelos de abastecimento público, a prática do aproveitamento de água perdeu a força, e foi sendo substituída e abandonada pela população (GOLNÇAVES, 2006).

De acordo com Anecchini (2005), as construções de barragens, implantações de sistemas de abastecimento, irrigação canalizada e o desenvolvimento de técnicas de aproveitamento de água subterrânea, foram os motivos que contribuíram para decadência da utilização de técnicas tradicionais de captação de água pluvial.

No Brasil, o aproveitamento de água pluvial não acompanhou a evolução do país, como aconteceu em outras culturas e nações. Uma das causas desse subdesenvolvimento aconteceu devido à riqueza de recursos hídricos encontrados no país (GONÇALVES, 2006).

2.1.2 A importância da água para o ser humano

Para Arrakis (2004), a vida é apoiada no comportamento anormal da água, que nada mais é que uma molécula simples e estranha. No entanto é considerado o líquido da vida. A água é encontrada nos três estados físicos, ela representa de 65 a 95% de massa da maior parte das formas vivas, sendo a substância mais abundante da biosfera.

Conforme Qmcweb (2004), retratou que a água é muito importante tanto que na antiguidade os gregos a consideravam um dos elementos fundamentais da matéria. Aristóteles acreditava que a água fosse um dos quatro elementos fundamentais. Este pensamento durou mais de 2000 anos, somente no século XVIII é que experimentos comprovaram que a água era um composto formado de hidrogênio e oxigênio.

Segundo Gomes (2011), todos os seres vivos, indistintamente, dependem dela para viver. A água é um recurso natural essencial, ela está interligada com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos.

2.1.3 Ciclo da água

O ciclo hidrológico segundo Chiuratto (2004), refere-se à movimentação da água no nosso planeta. O ciclo começa quando a água cai das nuvens até o solo em forma de chuva, neve, granizo ou orvalho, este processo é denominado precipitação. Após a água atingir o solo, parte dela irá para lagos, rios, oceanos, e outra parte da água penetra no solo chegando até os reservatórios subterrâneos. Através da energia do sol, ocorre a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes, formando as nuvens que quando carregadas ocorrem novamente precipitações, recomeçando o ciclo.

2.1.4 Água no Brasil

Segundo Brito (1999), estima-se que o Brasil concentra um grande volume da água doce do mundo disponível em rios e também abriga o maior rio em extensão e volume do Planeta, o Rio Amazonas. Além do mais, o território brasileiro recebe grande quantidade de chuva durante o ano em maior parte de suas regiões, juntamente com condições climáticas e geológicas favoráveis, possui uma extensa rede de rios, exceto em regiões semiáridas, onde os rios são pobres e temporários.

A evolução dos padrões demográficos e o tipo de desenvolvimento econômico observado no Brasil aumentaram a pressão sobre os recursos hídricos, provocando escassez em algumas regiões do país. Além disso, os rios que atravessam cidades e regiões com intensas atividades industriais, agropecuárias e de mineração tiveram uma piora na qualidade das águas, tornando inviável o uso para determinados fins (ANA, 2002).

2.1.5 Degradação dos recursos hídricos

Rainho (1999), diz que a poluição e água formam uma mistura explosiva que compromete a saúde pública. Segundo a ONU, o saldo da mistura é de 5,3 milhões de vítimas nos países em desenvolvimento, não entrando nessa conta, os problemas mais simples na saúde, que geram doenças mais graves.

Rebouças (2002), afirma que no Brasil não é a água que mais falta, mas sim um padrão cultural que agregue ética e melhore a eficiência de desempenho político dos Governos Federais, Estaduais e Municipais, da sociedade, das empresas e dos usuários. A população é o principal fator que colabora para escassez da água, por não ter a consciência da sua importância e não tomar atitudes corretas para preservá-la.

Para Capriles (2004), o problema é a falta de investimento na educação ambiental da população, os índices de desperdício de água são exagerados, sem contar na poluição dos mananciais, que diminui ainda mais a água potável no mundo. O Brasil desperdiça 40% da água potável destinada ao consumo humano. A média considerada ideal pela ONU é de 20%.

2.1.6 Importância em aproveitar a água da chuva

Apenas 3% da água existente no planeta é potável, e somente 0,7% está acessível. A maior parte da água utilizada, cerca de 70% é utilizada pela agroindústria, 20% dela para as indústrias e 10% para a população em geral. A água de chuva pode ser uma alternativa para diminuir o consumo de água potável, sendo utilizada para fins não potáveis. Pesquisas realizadas mostram que após o início da chuva, somente as primeiras águas possuem ácidos, micro-organismos, e outros poluentes atmosféricos, desse modo é possível coletar a chuva, tratá-la e utilizá-la para fins não potáveis (ANA, 2002).

Conforme IDELT (2005), existem diversas aplicações para o uso da água pluvial, como irrigação de lavouras, irrigação de parques e jardins, campos de futebol, sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes, chafarizes, espelhos e quedas de água, lavagem de trens e ônibus públicos.

2.1.7 Países que investem no aproveitamento de água pluvial

De acordo com Gonçalves (2006), a água pluvial atualmente faz parte da gestão urbana dos recursos hídricos em vários países do mundo. Nesses países, a água da chuva é utilizada em residências, comércios, indústrias e irrigação. Países desenvolvidos, como Estados Unidos, Alemanha, Japão, China, Austrália, Índia, países do Reino Unido, e da África, estão dando foco para pesquisas e programas que visam o aproveitamento da água da chuva de maneira otimizada.

Nos Estados Unidos, no Japão e na Alemanha existem financiamentos para a construção de sistemas de captação de água da chuva. Em Hamburgo na Alemanha, é obsequiada em torno de mil e quinhentos a dois mil dólares, a quem se beneficiar da água da chuva, visto que ao adotar esse sistema estará ajudando a combater enchentes (TOMAZ, 2011).

Em Berlin, Alemanha, a água da chuva captada por edifícios e praças é utilizada para descargas de sanitários em edifícios e destinada a paisagem urbana, onde contribuirá para alimentar lagos artificiais, melhorando assim o microclima da região (GONÇALVES, 2006).

Na Austrália foram realizados estudos que mostram que com o aproveitamento de água da chuva, houve economia de água potável em residências e na agricultura, de 45% e 60%, respectivamente (GONCALVES, 2006).

2.1.8 Legislação a respeito do aproveitamento da água da chuva

A lei N° 9433/1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, que determina entre seus objetivos “assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” e a “utilização racional e integrada dos recursos hídricos” (BRASIL, 1997).

A ABNT desenvolveu a norma ABNT NBR 15527/2007 – Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis que apresenta os requisitos para o aproveitamento, e se aplica a usos não potáveis em que as águas podem ser utilizadas após o tratamento adequado (BEZERRA *et al.*, 2010).

Nas normas ABNT NBR 10844/89 – Instalações prediais de águas pluviais e ABNT NBR 5626/98 – Instalação predial de água fria, podem-se aplicar os parâmetros e orientações para o dimensionamento do sistema de captação e de distribuição do reservatório até o ponto de utilização (MORUZZI; OLIVEIRA, 2010).

No ano de 2007 também foi publicado o Decreto Municipal de Curitiba-Pr 212/2007, que se refere ao aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis. No Brasil, inúmeras cidades vêm desenvolvendo legislações semelhantes para incentivo dessa prática (BEZERRA *et al.*, 2010).

A lei N° 4.631/2007 do município de Cascavel institui o Programa Municipal de conservação e uso racional da água e reuso em edificações. Dessa forma o programa desenvolve as seguintes ações:

- I- Conservação e uso racional da água;
- II- Utilização de fontes alternativas;
- III- Utilização de águas servidas;
- IV- Captação, armazenamento e utilização de águas servidas e provenientes da chuva.

A lei é uma nova etapa para que novas técnicas sustentáveis e que se preocupam com o meio ambiente, sejam constantemente estudadas e aplicadas em edificações do município (CASCAVEL, 2008).

Também no município de Cascavel, no ano de 2018 o vice-prefeito em exercício, Jorge Lange, assinou um projeto de lei que incentiva o contribuinte a investir em medidas de sustentabilidade ambiental, dentre essas medidas, quem optar pela implantação de um sistema de captação de águas pluviais para utilização em fins não potáveis terá desconto de 10% no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) (CASCAVEL, 2018).

2.1.9 Componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial

Conforme Gonçalves (2006), para que aconteça a coleta de água pluvial, é necessário a instalação de vários equipamentos, dentre eles: calhas, condutores verticais e horizontais, dispositivo para descarte de água de lavagem do telhado e cisterna para armazenamento da mesma. A Figura 01 apresenta os componentes básicos de um sistema de captação de água pluvial.

Figura 01: Componentes do sistema de captação de água pluvial



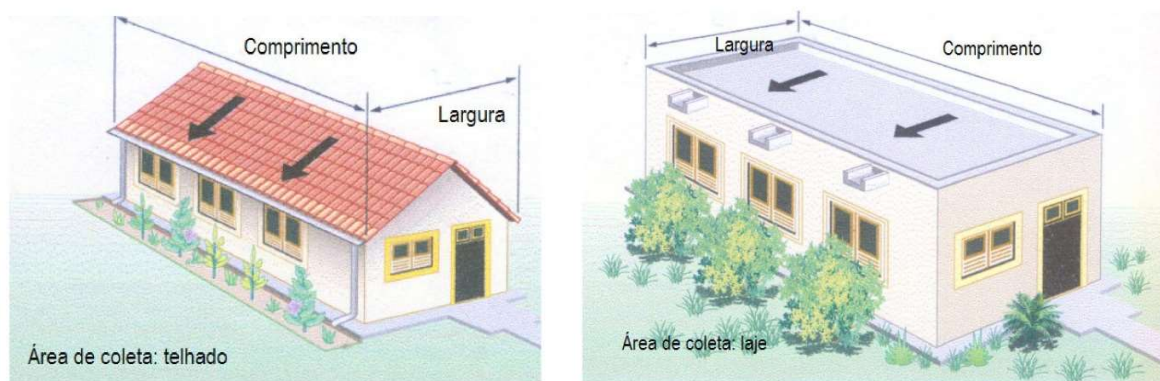
Fonte: SEBRAE, 2014

2.1.9.1 Área de captação

Segundo Tomaz (2009), entende-se por área de captação, a área da projeção horizontal da superfície, geralmente são telhados inclinados ou retos e lajes (Figura 02), onde a água será captada, a área calculada é em metros quadrados.

Tomaz (2011), ainda cita que os telhados podem ser tanto residenciais, comerciais ou industriais, feitos com telha de fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico, cerâmica, entre outros materiais.

Figura 02: Área de captação, à esquerda telhado e a direita laje



Fonte: Waterfall, 2002

2.1.9.2 Calhas e condutores

Segundo Tomaz (2011), calhas e condutores são equipamentos necessários para a captação e transporte da água de chuva, que devem atender a ABNT NBR 10844/1989. Os dimensionamentos das mesmas são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos da região em estudo e do período de retorno adotado.

De acordo com a ABNT NBR 10844/1989, calhas são canais cuja função é recolher a água da chuva das coberturas, terraços e similares, e conduzi-la a um destino determinado.

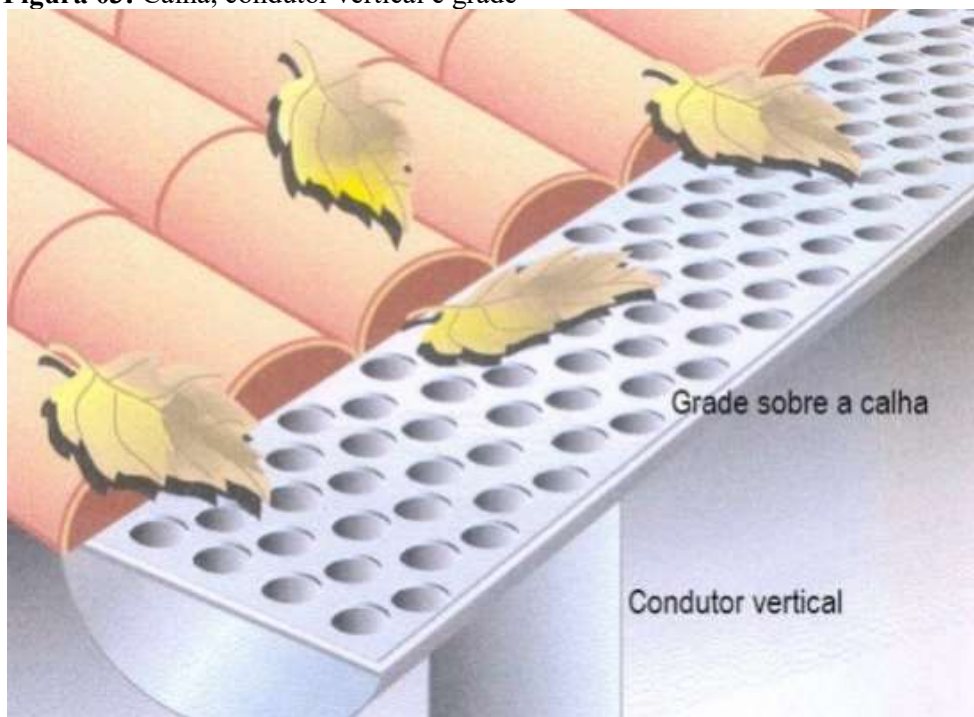
O material de fabricação das calhas deve atender os aspectos de resistência à corrosão, ter longa durabilidade; ser lisa, leve e rígida além de serem feitas com material que não sofra deformações por variações de temperatura (TOMAZ, 2011).

Conforme definição da ABNT NBR 10844/1989, os condutores podem ser verticais ou horizontais. Os condutores verticais devem recolher as águas de calhas, coberturas terraços ou similares e conduzi-las a parte inferior da edificação. Já os condutores horizontais, tem função de recolher e conduzir as águas pluviais até seu destino.

2.1.9.3 Peneiras ou grades

Segundo Gonçalves (2006), independente do sistema de aproveitamento da água pluvial adotado deve-se evitar que folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros cheguem ao interior do reservatório, pois a decomposição destes pode comprometer a qualidade da água armazenada. Para isso a instalação de telas ou grades é uma maneira muito simples para evitar esse tipo de material, como apresentado na Figura 03.

Figura 03: Calha, condutor vertical e grade



Fonte: Waterfall, 2002

2.1.9.4 Filtro de descida

Os filtros de descida, como mostra a Figura 04, são instalados diretamente na tubulação vertical. Sua função é separar a água de chuva das impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, que passam pela tubulação. Suas principais características são: filtrar áreas de telhado de até 150 m², filtrar partículas de 0,28 mm, captar cerca de 90% da água coletada, entre outros (TOMAZ, 2009).

Figura 04: Filtro de descida.



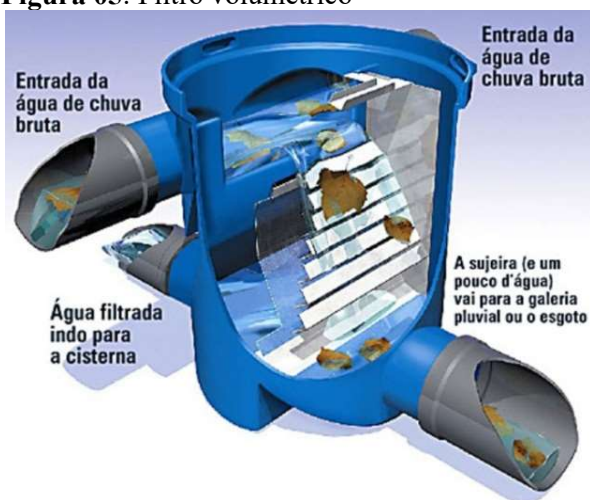
Fonte: Tomaz, 2009

2.1.9.5 Filtro volumétrico

Segundo Tomaz (2009), o filtro elimina galhos, folhas e outros materiais que não se acumulam no filtro, tornando-o um filtro autolimpante.

A Figura 05 demonstra o funcionamento da limpeza da água de chuva que passa através de cascatas onde ocorre a eliminação da sujeira mais grossa, em seguida passa pela tela de 0,26 mm, abaixo das cascatas, por fim a água limpa se encaminha a cisterna e a sujeira vai para a canalização de água pluvial (ACQUATECH, 2018).

Figura 05: Filtro volumétrico



Fonte: Acquatech, 2018

2.1.9.6 Freio d'água

Instalado na prumada onde a água pluvial entra na cisterna e tem como função reduzir a velocidade da água, que chega dos condutores horizontais, evitando a suspensão de sólidos (ACQUATECH, 2018).

2.1.9.7 Reservatórios

Os reservatórios podem ser: enterrado, semienterrado, apoiado ou elevado. Podem ser fabricados ou construídos em concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox (TOMAZ, 2009).

De acordo com a ABNT NBR 15527/2007, deve ser considerado no projeto do reservatório: extravasor, descarga de fundo, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. A norma ainda ressalta que quando o reservatório for alimentado por outra fonte de suprimento de água potável, deve se projetar dispositivos que evitem a conexão cruzada.

A limpeza e desinfecção dos reservatórios devem ser feita com solução de derivado clorado, no mínimo uma vez por ano segundo a ABNT NBR 5626/1998.

O volume de água da chuva que não será aproveitada pode ser lançada na galeria de águas pluviais, nas vias públicas, ou pode ser infiltrado no lençol freático, desde que não haja perigo de contaminação do mesmo.

A água armazenada deve ser protegida da incidência de luz solar e calor, bem como de pequenos animais ou insetos que possam adentrar o reservatório através da tubulação do extravasor (ECYCLE, 2018).

2.1.9.8 Filtro flutuante

São instalados na tomada de água da bomba que faz a captação da água da cisterna. Filtram impurezas que possam estar no reservatório, garantindo a qualidade da água e evitando problemas com a bomba de recalque. O filtro flutuante não gera resistência extra a sucção (ACQUATECH, 2018).

2.1.9.9 Bomba de Recalque

As bombas centrífugas são utilizadas principalmente para transferir volumes de água para reservatórios situados alturas elevadas. As bombas também são usadas para bombear líquidos no saneamento básico e na irrigação de propriedades agrícolas (PARAÍSO DAS BOMBAS, 2018).

2.1.9.10 Sistema de tratamento ou desinfecção

Dependendo da finalidade em que a água será utilizada deve-se realizar uma desinfecção biológica ou orgânica. A cloração é um tipo de tratamento que pode ser realizado tanto para manter um residual de cloro como para evitar doenças quando existe o consumo desta. A desinfecção acontece assim que a água passa pela pré-filtração diretamente no tanque (SCHIMIDT, 2011).

No ano de 2004 a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu um sistema simplificado que utiliza a cloração, que pode ser facilmente executado com conexões comuns, esse sistema permite a introdução do cloro na água (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

2.1.9.11 Realimentador

O realimentador é um sistema que interliga a água da chuva com a água potável utilizada para garantir o abastecimento do reservatório de água pluvial em caso de falta de chuvas (ACQUATECH, 2018).

Contudo, é necessário tomar alguns cuidados para evitar o cruzamento de conexões que possam misturar a água potável com a água da chuva. Para este fim, estão disponíveis no mercado algumas válvulas, como válvulas solenoides, que detectam que o reservatório está em um nível baixo, liberando a entrada de água potável para atender a demanda (TESTON, 2012).

2.1.10 Período de retorno do investimento

Segundo Silva Jr. (2005), período de retorno de investimento, em inglês *Payback Period*, é o cálculo que possibilita estimar o tempo necessário para recuperar um investimento.

De acordo com Brigham (2001) *apud* Sampaio Filho (2008), apesar de ser uma estimativa, o período de retorno do investimento é usado, principalmente, em situações em que o risco é elevado para os investidores. Dessa forma, para os investidores quanto maior o tempo necessário para recuperar o capital investido, maior a possibilidade de perda, entretanto, quanto menor o período de retorno do investimento, menor será o risco.

Damodaran (2005) *apud* Sampaio Filho (2008), citam que projetos que recuperam o investimento mais cedo, podem ser considerados mais atrativos, visto que as receitas obtidas nesse período podem ser consideradas como lucro.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de um estudo quantitativo quanto a viabilidade econômica e a implantação de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis na Escola Municipal Diva Vidal, localizada no bairro Jardim Maria Luiza, na cidade de Cascavel, Paraná.

O estudo foi realizado primeiramente através de visita a escola, onde efetuou-se uma entrevista com a coordenadora para determinar o número de alunos, funcionários e frequência de limpeza das dependências da mesma. Com isso, estimou-se o consumo médio de água não potável.

Após a coleta de dados a pesquisa teve continuidade com o dimensionamento e projeto do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, para sua respectiva análise. Dessa forma, determinou-se o sistema mais eficiente com base na demanda necessária de água, o custo de implantação e tempo de retorno do investimento.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo foi realizado na Escola Municipal Diva Vidal, localizada na rua Jaime Duarte Leal, esquina com rua Lions Clube, no bairro Jardim Maria Luiza, na região sul da cidade de Cascavel, Paraná, como mostrado na Figura 06. A escola tem turmas da pré-escola até o quinto ano do ensino fundamental, contendo 32 funcionários e 359 alunos. As aulas são ministradas no período matutino e vespertino. A escola contém 6 salas de aula, 4 salas administrativas, cozinha, refeitório, banheiros, área de recreação, biblioteca entre outras, totalizando 1489,08 m² de área construída.

Figura 06: Mapa com a localização da escola

Fonte: Google Maps (2018)

3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Os dados necessários para execução do estudo foram coletados na própria escola no mês de julho de 2018, conforme apresentado na Tabela 01, esta proposta por Silva (2018).

Tabela 01: Tabela para levantamento de dados da escola visando o dimensionamento do sistema

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DA ESCOLA	
ESCOLA MUNICIPAL DIVA VIDAL	
Área total da obra:	
Área de cobertura:	
Área de calçadas:	
Número de alunos:	
Número de funcionários:	
Número de salas de aula:	
Número de bacias sanitárias:	
Frequência de limpeza das calçadas:	
Frequência de limpeza das salas de aulas:	
Frequência de limpeza da área de recreação:	
Frequência de limpeza das instalações sanitárias:	

Fonte: Silva (2018)

Através dos dados da Tabela 01, foi possível realizar o dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, e posteriormente analisou-se o custo para implantação do sistema e o tempo de retorno do investimento.

3.1.4 Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial

3.1.4.1 Levantamento da demanda de água utilizada na limpeza e nas bacias sanitárias

A Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) elaborou e publicou a Especificação Técnica portuguesa sobre sistemas de aproveitamento de águas da chuva (ETA 0701 – Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais), que fornece valores de consumo unitário para diversos usos (ANQIP, 2018). No estudo de caso realizado por Matos et al. (2013) foram utilizados os valores desta especificação para determinação da demanda e composição dos cenários.

Além do consumo unitário, o cálculo da demanda leva em consideração as características do local de estudo e de seu funcionamento. Sendo assim para determinar o consumo mensal de água para usos não potáveis, utilizou-se as equações aplicadas por Matos et al. (2013), e os consumos unitários recomendados pela Especificação Técnica 07/01 da ANQIP.

A Equação 01 é utilizada para estabelecer o consumo nas bacias sanitárias:

$$CMB = \frac{F \times Cu \times d \times pop}{1000} \quad (01)$$

Onde:

F: Frequência de pessoas que usam o banheiro (%)

Cu: Consumo unitário (l/pessoa.dia)

d: Número de dias do mês

pop: Número de pessoas atendidas

A Equação 02 é utilizada para estabelecer o consumo de água na lavagem das calçadas da escola:

$$CMP = \frac{A \times Cu \times NL}{1000} \quad (02)$$

Onde:

A: Área para lavagem (m²)

Cu: Consumo unitário para lavagens (l/m²)

NL: Número mensal de lavagens previsto

3.1.4.2 Determinação das médias pluviométricas

O Instituto das Águas do Paraná é um órgão responsável pelo monitoramento, planejamento e execução de ações e projetos técnicos de proteção e conservação, recuperação e gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos para preservar e restaurar aspectos quantitativos e qualitativos das águas.

Para determinar as médias pluviométricas utilizou-se como base as medições realizadas pelo Instituto das Águas do Paraná que estão disponíveis gratuitamente no site do instituto.

Os dados da estação pluviométrica coletadas no período de 1975 a 2018 conforme apresentado no Anexo A deste trabalho (AGUASPARANÁ). São dados diários de chuva, separados em intervalos mensais. Em azul estão destacados os períodos onde houveram falhas ou não houveram medições. Os anos que apresentaram essas falhas ou não foram realizadas as medições não foram considerados na média final.

3.1.4.3 Determinação da intensidade média de precipitação local

Para determinar a Intensidade Média de Precipitação Local utilizou-se a Equação 03 de chuva intensa da cidade de Cascavel, com tempo de retorno de 25 anos e tempo de duração de 5min, como sugere a ABNT NBR 10844/1989.

$$Imm = \frac{778,54 \times Tr^{0,1729}}{(td + 9,65)^{0,7204}} \quad (03)$$

Onde:

Imm: Intensidade média de precipitação (mm/h)

Tr: Tempo de retorno (anos)

Td: Tempo de duração (minutos)

De acordo com Longo *et.al.* (2006) a equação de chuva intensa, foi determinada pela metodologia da desagregação da chuva, que relaciona os tempos de duração da chuva e períodos de retorno com a intensidade média de precipitação, para a cidade de Cascavel – PR.

3.1.4.4 Determinação da área de captação de água

O cálculo da área da cobertura inclinada da escola foi realizado de acordo com a Equação 04, sugerida pela ABNT NBR 10844/1989.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (04)$$

Onde:

A: Área da cobertura (m²)

a: Largura do telhado (m)

h: Altura do telhado (m)

b: Comprimento do telhado (m)

3.1.4.5 Dimensionamento das calhas

O dimensionamento das calhas foi realizado conforme a ABNT NBR 10844/1989, que sugere a utilização da Equação 05, descrita a seguir, para o cálculo da vazão de projeto na calha.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (05)$$

Onde:

Q: vazão de projeto (l/min)

I: intensidade pluviométrica (mm/h)

A: área de contribuição (m²)

Ainda segundo a ABNT NBR 10844/1989, o dimensionamento das calhas foi realizado através da fórmula de Manning-Strickler, apresentado na Equação 06, que calcula a vazão máxima permitida para determinado tipo e tamanho de seção da calha:

$$Q_{max} = K \frac{S}{n} R_H^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (06)$$

Onde:

Q_{max} : Vazão máxima de projeto (l/min)

K : 60.000.

S : Área de seção molhada (m^2)

n : Coeficiente de rugosidade

R_H : Raio hidráulico (m)

i : Declividade da calha (m/m)

O raio hidráulico foi calculado por meio da Equação 07:

$$R_H = \frac{S}{P} \quad (07)$$

Onde:

R_H : raio hidráulico (m)

S : Área de seção molhada (m^2)

P : Perímetro molhado (m)

O coeficiente de rugosidade (n) foi extraído pela Tabela 02 em função do material utilizado para a fabricação da calha.

Tabela 02: Coeficientes de rugosidade n de Manning

Material	Coeficiente de Rugosidade n de Manning
Plásticos, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

3.1.4.6 Dimensionamento de condutores verticais

De acordo com a ABNT NBR 10844/1989, o dimensionamento dos condutores verticais foi realizado a partir dos seguintes dados:

- Q : Vazão de projeto (l/min)
- H : Altura da lâmina d'água na calha (mm)
- L : Comprimento do condutor vertical (m)

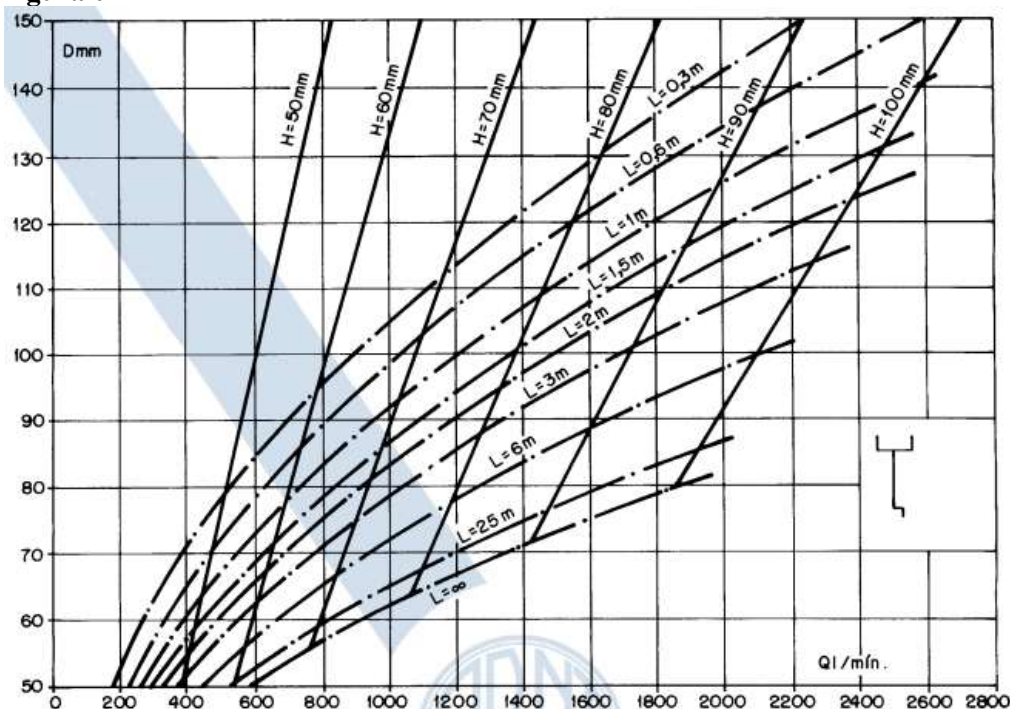
Com isso o diâmetro interno D do condutor vertical foi obtido com o auxílio do ábaco (Figura 07) apresentado pela ABNT NBR 10844/1989, para calhas com saída em aresta viva.

Para o dimensionamento do condutor vertical através do ábaco (Figura 07), a ABNT NBR 10844/1989 recomenda os seguintes procedimentos:

- Levantar uma vertical por Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes (No caso de não haver curvas dos valores H e L , interpolar entre as curvas existentes);
- Transportar a interseção mais alta até o eixo D ;
- Adotar o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja igual ou superior ao valor encontrado.

A ABNT NBR 10844/1989, sugere que o diâmetro mínimo dos condutores verticais de seção circular seja de 75mm.

Figura 07: Ábaco do diâmetro interno do condutor vertical



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989

3.1.4.7 Dimensionamento dos condutores horizontais

De acordo com a ABNT NBR 10844/1989, o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para o escoamento com lâmina d'água de altura igual a 2/3 do diâmetro interno da tubulação.

A seguir está apresentada, na Figura 08, a capacidade de condutores horizontais de seção circular, conforme diâmetro interno, material e inclinação do mesmo.

Figura 08: Capacidade de condutores horizontais de seção circular

	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: ABNT NBR 10844, 1989

A ABNT NBR 10844/1989, recomenda que:

- Em tubulações aparentes, seja previsto inspeções sempre que houver conexões com outras tubulações, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20 m nos percursos retilíneos;
- Em tubulações enterradas, seja previsto caixas de areia sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade ainda a cada trecho de 20 m nos percursos retilíneos;
- A ligação entre os condutores verticais e horizontais deverá ser feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

3.1.4.8 Dimensionamento de reservatórios de água pluvial

A ABNT NBR 15527/2007, descreve seis métodos de cálculo que podem ser utilizados para realização de dimensionamentos para reservatórios de águas pluviais.

No estado do Paraná diversos estudos foram realizados utilizando as metodologias sugeridas pela norma. Entre estes, pode-se citar como exemplo Moruzzi e Oliveira (2010) que utilizaram um programa computacional para realização do dimensionamento de volume de reservatório empregando os métodos de cálculo presentes na ABNT NBR 15527/2007 para a cidade de Ponta Grossa – PR, onde os resultados apontaram para grandes variações de volume entre os métodos.

Além de dimensionar os volumes para os métodos propostos pela ABNT NBR 15527/2007 foram analisados o potencial de utilização de água pluvial através do programa computacional Netuno para averiguar a eficiência gerada individualmente para cada volume obtido nos métodos. Os resultados obtidos no programa auxiliaram na determinação do volume ideal para o reservatório inferior.

3.1.4.8.1 Método de Rippl

Este método, também é chamado de Método do Diagrama de Massa, foi desenvolvido ao final do século XIX, e é muito utilizado por sua fácil aplicação. Por este método busca-se a regularização da vazão, para que haja água armazenada para o período de estiagem. Desse modo, geralmente resulta em elevados volumes de reservatórios (SAMPAIO, 2013).

Para o cálculo do volume do reservatório, podem ser utilizadas séries históricas mensais ou diárias, sendo que, quanto menor o intervalo dos dados pluviométricos, maior será a precisão do dimensionamento. O dimensionamento inicia-se pelos cálculos do volume de chuva aproveitável e o volume de água no reservatório, expressos pelas Equação 08 e Equação 09, respectivamente.

$$Q_{(t)} = C \times P \times A \quad (08)$$

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (09)$$

A capacidade do reservatório de água pluvial foi calculada por meio da Equação 10, sendo necessário respeitar a Equação 11.

$$V = \sum S_{(t)} \quad (10)$$

Somente para $S_{(t)} > 0$.

Sendo que:

$$\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)} \quad (11)$$

Onde:

$Q_{(t)}$: Volume de chuva aproveitável no tempo t (litros)

C: Coeficiente de escoamento superficial

P: Precipitação média no tempo t (mm)

A: Área de captação em projeção no terreno (m²)

$S_{(t)}$: Volume de água no reservatório no tempo t (litros)

$D_{(t)}$: Demanda ou consumo no tempo t (litros)

V: Volume do reservatório (litros)

Segundo Tomaz (2011) o coeficiente de escoamento superficial é determinado pela relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado, pois para efeito de cálculo o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo volume precipitado. Essa diferença deve-se a limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza, entre outras. A Tabela 03 mostra a relação do coeficiente de escoamento superficial para cada material.

Tabela 03: Coeficiente de escoamento superficial

MATERIAL	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2011)

3.1.4.8.2 Método da simulação

Também chamado de Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta, consiste na fixação de um volume e verifica-se o percentual de consumo que será atendido (RUPP *et al.*, 2011).

A ABNT NBR 15527/2007 recomenda que a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para cada mês do ano, calcula-se o volume médio de água pluvial no período e o volume de água no reservatório, a partir das Equação 12 e Equação 13, respectivamente.

$$Q_{(t)} = C \times P \times A \quad (12)$$

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (13)$$

Onde:

$Q_{(t)}$: Volume de chuva no tempo t (litros)

C: Coeficiente de escoamento superficial

P: Precipitação média no tempo t (mm)

A: Área de captação em projeção no terreno (m²)

$S_{(t)}$: Volume de água no reservatório no tempo t (litros)

$S_{(t-1)}$: Volume de água no reservatório no tempo t-1 (litros)

$D_{(t)}$: Consumo ou demanda no tempo t (litros)

Assim, determina-se um volume V que satisfaz a condição imposta na Equação 14 para todos os meses do ano:

$$0 \leq S_{(t)} \leq V \quad (14)$$

Onde:

$S_{(t)}$: Volume de água no reservatório no tempo t (litros)

V: Volume do reservatório fixado (litros)

3.1.4.8.3 Método Azevedo Neto

É o primeiro método empírico apresentado na ABNT NBR 15527/2007. O volume de chuva é obtido através da Equação 15:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (15)$$

Onde:

V: Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros)

P: Precipitação média anual (mm)

A: Área de coleta em projeção (m²)

T: Valor numérico de meses de pouca chuva ou seco

O coeficiente de segurança apresentado na Equação 15 deriva da concepção do método, que tem como premissa um aproveitamento máximo de 50% da precipitação anual, em função do escoamento superficial e perdas inerentes ao sistema (SAMPAIO, 2013). A Equação 16 apresenta a fração mensal correspondente ao aproveitamento citado.

$$V_{ap} = \frac{(50\% \times P)}{12 \text{ meses}} = 0,042 \times P \quad (16)$$

A ABNT NBR 15527/2007 não especifica como determinar o número de meses com pouca chuva.

3.1.4.8.4 Método prático alemão

A ABNT NBR 15527/2007, determina que o volume do reservatório seja o menor valor entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável, o cálculo é realizado conforme a Equação 17.

$$V_{adotato} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (17)$$

Onde:

$V_{adotato}$: Volume de água do reservatório (litros)

V: Volume aproveitável de água de chuva anual (litros)

D: Demanda anual de água não potável (litros)

3.1.4.8.5 Método prático inglês

Este método possui origem empírica, fundamentado em um aproveitamento de 60% da precipitação anual em relação à área de captação da água. O método é semelhante ao apresentado no Método Azevedo Neto, porém neste caso não é considerado o período de seca (SAMPAIO, 2013).

A formulação do coeficiente de segurança é apresentada na Equação 18, já o volume de chuva foi obtido pela Equação 19.

$$V_{ap} = \frac{(60\% \times P)}{12 \text{ meses}} = 0,05 \times P \quad (18)$$

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (19)$$

Onde:

V_{ap} : Volume de água aproveitável por mês (litros)

P: Precipitação média anual (mm)

V: Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (litros)

A: Área de coleção em projeção (m²)

3.1.4.8.6 Método prático australiano

O volume da chuva é obtido pela Equação 20.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (20)$$

Onde:

Q: Volume mensal produzido pela chuva (litros)

A: Área de coleta (m²)

C: Escoamento superficial

P: Precipitação média mensal (mm)

I: Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm

A ABNT NBR 15527/2007, indica que o cálculo do volume do reservatório deve ser realizado por tentativas, até que sejam atingidos valores otimizados de confiança e do volume do reservatório.

Para obter o volume do reservatório, podem ser arbitrados valores. A partir da simulação destes valores analisa-se a respectiva confiança e determina-se o volume do reservatório por meio da Equação 21.

$$V_t = V_{(t-1)} + Q_t - D_t \quad (21)$$

Onde:

V_t : Volume de água que está no tanque no fim do mês t (litros)

$V_{(t-1)}$: Volume de água que está no tanque no início do mês t (litros)

Q_t : Volume mensal produzido pela chuva no mês t (litros)

D_t : Demanda mensal (litros)

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio. Quando $(V_{(t-1)} + Q_t - D_t) < 0$, então $V_t = 0$.

A falha é dada pela Equação 22.

$$P_r = N_r \div N \quad (22)$$

Onde:

P_r : Falha

N_r : Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$

N : Número de meses considerado, geralmente 12 meses.

A Confiança é um valor que indica a eficiência do cálculo realizado, pode-se obter a confiança através da Equação 23.

$$Confiança = 1 - P_r \quad (23)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

3.1.4.8.7 Programa Computacional Netuno

O Programa Computacional Netuno foi criado pelo engenheiro civil Enedir Ghisi, professor da Universidade Federal de Santa Catarina, com o apoio de programação de Marcelo Marcel Cordova, acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UFSC e validado pelo engenheiro civil Vinicius Luiz Rocha em seu trabalho de mestrado pela UFSC, sob a orientação do professor Ghisi, em 2009.

O objetivo do programa é estabelecer o potencial de economia de água potável através do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, tais como limpeza de pisos, descarga de bacias sanitárias, lavagem de carros.

Para realizar essa análise, o programa solicita os seguintes dados:

- Série histórica de precipitação pluviométrica do período analisado;
- A área de captação de água pluvial;
- Demanda total de água;
- Número de moradores da edificação;
- Percentual da demanda total a ser substituído por água pluvial;
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Volume do reservatório elevado.

A série histórica de precipitação pluviométrica é um dado que fornece as características do local do estudo. Os dados são inseridos com base na série histórica diária de precipitação, diferente dos métodos de dimensionamento propostos pela ABNT NBR 15527/2007, que são precipitações mensais ou anuais.

A demanda de água corresponde ao volume de água potável consumido pelos usuários da edificação diariamente. Podendo ser definida como fixa ou variável. O número de moradores é utilizado para determinar a demanda diária total de água potável do local de estudo. A área de captação de água pluvial é outro dado que deve ser informado para realizar a simulação, esse dado tem grande influência para a verificação do potencial de economia de água potável, pois mesmo que a precipitação seja elevada, o volume de água pluvial não será eficiente caso a área de captação seja pequena.

A partir desses dados o programa apresenta como resultados:

- Porcentagem de dias em que a demanda de água pluvial é atendida totalmente, parcialmente ou não é atendida;
- Volume de água pluvial extravasado no período em análise;
- Volume total consumido de água pluvial;

- Volume ideal para o reservatório inferior.

Para o reservatório inferior é possível realizar duas análises, entrar com um valor de volume de reservatório conhecido para verificar o potencial de utilização de água pluvial, o volume extravasado por ano, os percentuais de atendimento completo, parcial ou nulo da demanda de água pluvial. A outra análise seria determinar um intervalo de volumes de reservatórios. Para isso, deve-se inserir o volume máximo que se deseja analisar, assim como o intervalo entre cada volume simulado. Desta forma, o programa Netuno calcula o potencial de utilização de água pluvial para cada volume do intervalo escolhido e mostra os resultados em forma gráfica. No segundo caso de simulação, existe a possibilidade do programa determinar o volume ideal do reservatório inferior.

3.1.4.9 Dimensionamento da bomba de recalque

Para seleccionar a bomba de recalque mais apropriada, foi necessário calcular a vazão e a altura manométrica que a mesma teria que fornecer e suportar, respectivamente, para transportar água da cisterna para o reservatório elevado.

A seguir foram apresentados os cálculos do dimensionamento da vazão e da altura manométrica da bomba.

3.1.4.9.1 Cálculo da vazão

A vazão foi calculada através da Equação 24

$$Q = \frac{V}{T} \quad (24)$$

Onde:

Q: Vazão (m³/h)

V: Volume do reservatório elevado (m³)

T: Tempo de funcionamento da bomba (horas)

3.1.4.9.2 Cálculo da altura manométrica

A altura manométrica do sistema foi obtido através da soma dos seguintes itens:

- Desnível geométrico entre a bomba e o reservatório elevado;
- Perda de carga do Filtro 25 Micras;
- Perda de carga da tubulação.

A perda de carga da tubulação foi obtida através do produto da perda de carga unitária da tubulação e o comprimento total da tubulação, conforme Equação 25.

$$\Delta H = J \times \text{Comprimento Total} \quad (25)$$

Onde:

ΔH : Perda de carga na tubulação (KPa)

Comprimento total: Comprimento total da tubulação (m)

J : Perda de carga unitária (KPa/m)

O comprimento total foi calculado através da Equação 26, descrita a seguir:

$$\text{Comprimento total} = \text{comprimento real} + \text{comprimento equivalente} \quad (26)$$

Onde:

Comprimento total: Soma dos comprimentos real e equivalente (m)

Comprimento real: Comprimento da tubulação (m)

Comprimento equivalente: Comprimento das peças da tubulação (m)

A perda de carga unitária foi obtida através da fórmula de Fair-Whipple-Hsiao, conforme sugere a ABNT NBR 5626/1998, expressa na Equação 27.

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (27)$$

Onde:

Q : vazão estimada na seção (l/s)

d : diâmetro interno da tubulação (mm)

J : perda de carga unitária (KPa/m)

3.1.4.10 Dimensionamento do reservatório elevado

O reservatório elevado foi dimensionado de acordo com a demanda diária da escola, de tal modo que não falte água tanto para a limpeza, quanto para as bacias sanitárias.

3.1.4.11 Dimensionamento da tubulação de água pluvial

A ABNT NBR 5626/1998 – Instalações prediais de água fria, estabelece exigências e recomendações relativas a projeto, execução e manutenção das instalações prediais de água fria. Para o projeto de captação de água da chuva da Escola Municipal Diva Vidal, as tubulações de água fria que transportam a água do reservatório superior até os pontos de consumo não serão substituídos, dessa forma não foram considerados para dimensionamento e orçamento.

3.1.5 Orçamento da implantação do sistema

Através do projeto do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, realizou-se o levantamento quantitativo de materiais e serviços, e então foi obtido o valor necessário para a execução do mesmo, os valores dos materiais e mão de obra foram obtidos com base no SINAPI. Materiais mais específicos, como bombas dosadoras, filtros, entre outros tiveram seu valor definido através do orçamento repassado pela empresa AcquaTech.

3.1.6 Cálculo do período de retorno do investimento

No cálculo do período de retorno do investimento, utilizou-se como base para cálculo o orçamento realizado com o custo dos materiais e mão de obra, o custo para o funcionamento do sistema, assim como as economias geradas pelo sistema. Contudo não foi contabilizado no orçamento, as taxas e os impostos referentes a realização do projeto e a execução da obra.

Com o volume anual da economia de água informado pelo programa Netuno, foi possível simular o valor que será economizado de água por mês através do site da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). O custo com energia para funcionamento da bomba de

recalque foi calculado através do simulador de tarifas da Companhia Paranaense de Energia (Copel).

A taxa mínima de atratividade é adotada como um método de medição de propostas de investimentos, utilizado para avaliar a aceitabilidade de uma decisão financeira. Essa taxa é estabelecida de acordo com o mercado financeiro. Normalmente, a taxa SELIC que é um indicativo das condições atuais do retorno médio no mercado financeiro é utilizada como a TMA, dessa forma para cálculo do *payback* foi considerado a taxa SELIC como taxa mínima de atratividade.

O Valor Presente Líquido (VPL), consiste no somatório de todas as entradas e saídas de um fluxo de caixa na data inicial, onde os benefícios e custos envolvidos, ao longo do alcance de projeto, são transformados em valores presentes.

O VPL foi obtido pela Equação 28.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (28)$$

Onde:

t : número de períodos de receitas e despesas do fluxo de caixa

n : número total de períodos de juros

i : taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade

F_t : fluxo de caixa que ocorre no período t

A taxa interna de retorno é um dos principais métodos para avaliar viabilidade de projetos. É a taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido do fluxo de caixa de um determinado projeto. São considerados atrativos os projetos em que a TIR é superior a taxa de juros do mercado (POZZEBON, 2013).

A TIR foi calculada pela Equação 29.

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (29)$$

Onde:

t : número de períodos de receitas e despesas do fluxo de caixa

n : número total de períodos de juros

i : taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade

F_t : fluxo de caixa que ocorre no período t

Com base nos valores do orçamento, custos para manutenção e operação, e economias geradas, foi possível realizar o cálculo do período de retorno do investimento.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Cálculo da demanda

4.1.1.1 Consumo nos banheiros

Com base no projeto da instituição e nas informações obtidas na entrevista realizada na escola, apurou-se as seguintes informações:

- A escola possui aulas nos períodos matutino e vespertino, cinco dias por semana;
- A escola possui 187 alunos no período matutino e 172 alunos no período vespertino;
- A escola possui um número de 32 funcionários;

Sendo assim, considerou-se uma população equivalente a 391 pessoas ao longo do dia.

Para a determinação do consumo de água nos vasos sanitários, considerou-se que 25% da população usará o banheiro uma vez ao dia. Para consumo unitário do banheiro, determinou-se 6 l/hab.dia, este valor foi considerado através da especificação técnica da ANQIP, categoria A – Edifícios escolares. Através da Equação 01, descrita no item 3.1.4.1, calculou-se o consumo de água dos vasos sanitários por mês.

$$CMB = \frac{0,25 \times 6 \times 22 \times 391}{1000} = 12,90 \text{ m}^3/\text{mês}$$

4.1.1.2 Consumo para limpeza das calçadas, salas e banheiros

As áreas de limpeza na escola são as calçadas e o saguão, contendo 565,00 m², as salas de aula, que possuem 420,00 m² e os banheiros com 50,00 m², conforme apresentado no Apêndice A. A especificação técnica da ANQIP fornece um consumo unitário de 5 l/m² para lavagem de pavimentos. Segundo a coordenadora da escola as salas de aula são lavadas uma vez por mês, as calçadas e o saguão duas vezes por semana, e as instalações sanitárias todos

os dias. Conforma a Equação 02, do item 3.1.4.1 foram calculados os consumos de água para a limpeza das calçadas e saguão, banheiros e salas de aula, respectivamente.

$$CMP = \frac{565 \times 5 \times 8}{1000} = 22,60 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$CMP = \frac{50 \times 5 \times 22}{1000} = 5,5 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$CMP = \frac{420 \times 5 \times 1}{1000} = 2,1 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Assim, o consumo mensal para limpeza das dependências da escola é de 30,20 m³.

O consumo total de água não potável da escola é de 43,10 m³/mês.

4.1.2 Determinação das médias pluviométricas

Para uma maior aproximação das médias pluviométricas, foi gerado um relatório de alturas mensais de precipitação através do site do Instituto das Águas do Paraná, esse relatório consta medições pluviométricas compreendendo os anos de 1975 até 2018 conforme Tabela 04.

Tabela 04: Média das alturas mensais de precipitação

Média das alturas mensais de Precipitação entre os anos de 1975 e 2018 em mm												
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	192,3	189,9	157,9	150,5	188	145,5	114,6	104,2	150,1	228,5	196,3	190,5

Fonte: ÁGUASPARANÁ (2018)

4.1.3 Determinação da Intensidade Média de Precipitação Local

Através da Equação 03, descrita no item 3.1.4.3, obteve-se a intensidade média de precipitação de Cascavel – PR, com período de retorno de 25 anos e tempo de duração de 5 minutos, conforme sugere a ABNT NBR 10844/1989:

$$Imm = \frac{778,54 \times 25^{0,1729}}{(5 + 9,65)^{0,7204}} = 196,39 \text{ mm/h}$$

4.1.4 Determinação da área de captação de água

Para a determinação da área de captação de água, optou-se pela metade da cobertura do saguão e a metade da cobertura do bloco adjacente, conforme apresentado no Apêndice B. Além dessa combinação de áreas fornecerem uma área grande de captação e são mais próximas ao local de implantação do reservatório. Os cálculos utilizados para determinar as áreas de contribuição foram realizados através da Equação 04, descrita no capítulo 3.1.4.4, e os resultados estão descritos abaixo:

A cobertura referente a metade do bloco adjacente ao saguão é denominada de A_{01} e possui as seguintes dimensões:

$$a - 4,60 \text{ m};$$

$$b - 25,45 \text{ m};$$

$$h - 1,61 \text{ m}.$$

Sendo assim:

$$A_{01} = \left(4,60 + \frac{1,61}{2} \right) \times 25,45 = 137,56 \text{ m}^2$$

A cobertura referente a metade do saguão é denominada de A_{02} e possui as seguintes dimensões:

$$a - 8,20 \text{ m};$$

$$b - 25,45 \text{ m};$$

$$h - 4,10 \text{ m}.$$

Sendo assim:

$$A_{02} = \left(8,20 + \frac{4,10}{2} \right) \times 25,45 = 260,86 \text{ m}^2$$

O somatório das áreas totalizaram uma área de captação de 398,42 m².

4.1.5 Dimensionamento de calhas

Constatou-se na visita realizada à escola a existência de uma calha que coleta a água proveniente das áreas consideradas para captação.

Dessa forma realizou-se um dimensionamento para confirmar se a calha existente atende a demanda de água coletada conforme a ABNT NBR 10844/1989. A calha existente possuem dimensões de 25 cm de largura e 14 cm de altura, com esses dados verificou-se através da Equação 06 do item 3.1.4.5 a vazão máxima da calha.

K : 60.000.

S : 0,035 m²

n : 0,012

R_H : 0,066 m

i : 0,5%

$$Q_{\max} = 60000 \times \frac{0,035}{0,012} \times 0,066^{\frac{2}{3}} \times 0,005^{\frac{1}{2}} = 2020,93 \text{ l/min}$$

De acordo com a Equação 05 foi determinado a vazão de projeto das duas áreas utilizadas para a captação da água, sendo Q_{01} a vazão referente a área 01 e Q_{02} referente a área 2:

$$Q_{01} = \frac{196,39 \times 137,56}{60} = 450,26 \text{ l/min}$$

$$Q_{02} = \frac{196,39 \times 260,86}{60} = 853,84 \text{ l/min}$$

Como a calha analisada é responsável por coletar a vazão de ambas as áreas, a vazão total de projeto é de 1304,10 l/min.

Ao analisar as equações anteriores, constatou-se que a vazão das áreas de captação é menor que a vazão máxima que a calha existente consegue atender, desse modo a calha existente atende as especificações da ABNT NBR 10844/1989 e podem ser aproveitadas para o sistema de captação de água da chuva.

4.1.6 Dimensionamento dos condutores verticais

Para conduzir a água que será captada por parte da cobertura do saguão e o bloco adjacente será utilizado a calha existente, que por sua vez conduzirá a água até o condutor vertical do sistema, conforme projeto apresentado no Apêndice C.

Dessa forma o dimensionamento do condutor vertical foi obtido com o auxílio do ábaco (Figura 07), e os procedimentos descritos no item 3.1.4.6.

Através do ábaco, determinou-se um diâmetro para tubulação de 150 mm, que atenderá a vazão de 1304,10 l/min.

4.1.7 Dimensionamento dos condutores horizontais

O condutor horizontal do projeto, receberá a água proveniente do condutor vertical e conduzirá a água até o reservatório inferior.

Conforme descrito no item 3.1.4.7, utilizou-se a Figura 08 para determinar o seu diâmetro. O material do condutor corresponde ao coeficiente de rugosidade igual a 0,011 e utilizando inclinação de 4%, constatou-se que o diâmetro de 150 mm nessas condições atende uma vazão de 1690 l/min, sendo superior a vazão do projeto.

4.1.8 Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório de água foram calculados os seis métodos sugeridos pela ABNT NBR 15527/2007, sendo apresentados nos tópicos seguintes. Com o resultado de cada método foi feito a análise do potencial de utilização de água pluvial utilizando o programa Netuno.

4.1.8.1 Método de Rippl

O método consiste na determinação do volume de água aproveitável com base na área da captação e na precipitação registrada, e o volume do reservatório é dado pela

diferença da demanda pelo volume aproveitável. A Tabela 05 apresenta os valores obtidos para cada mês do ano e o volume do reservatório.

Tabela 05: Método de Rippl

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Volume de chuva captada (m ³)	Volume de excesso ou falta de chuva (m ³)	Volume acumulado de falta de chuva (m ³)
Jan	192,30	4,31	61,29	-56,98	0,00
Fev	189,90	43,10	60,53	-17,42	0,00
Mar	157,90	43,10	50,33	-7,23	0,00
Abr	150,50	43,10	47,97	-4,87	0,00
Mai	188,00	43,10	59,92	-16,82	0,00
Jun	145,50	43,10	46,38	-3,27	0,00
Jul	114,60	21,55	36,53	-14,98	0,00
Ago	104,20	43,10	33,21	9,89	9,89
Set	150,10	43,10	47,84	-4,74	0,00
Out	228,50	43,10	72,83	-29,73	0,00
Nov	196,30	43,10	62,57	-19,46	0,00
Dez	190,50	21,55	60,72	-39,17	0,00
Área de Captação (A)		398,42 m ²	Volume do Reservatório		
			9,89 m ³		

Fonte: Autores (2018)

Para validação do Método de Rippl, deve ser realizada uma verificação conforme mostra a Tabela 06, onde o somatório da demanda deve ser inferior ao somatório do volume de chuva captada.

Tabela 06: Verificação Método de Rippl

Verificação		
$\Sigma D(t)$	$\Sigma Q(t)$	$\Sigma D(t) < \Sigma Q(t)$
435,34 m ³	640,12 m ³	Sim

Fonte: Autores (2018)

As precipitações médias mensais foram obtidas através das médias compreendendo os anos de 1975 até 2018. Através de uma conversa com a coordenadora da escola adotou-se uma demanda reduzida para os meses de janeiro, julho e dezembro, devido as férias escolares. Em seguida calculou-se o volume de chuva captada de cada mês, verificando se havia excesso ou falta de chuva no período. Com esses resultados foi possível verificar em qual mês a

demanda de água foi maior que o volume captado. Apenas o mês de agosto a demanda foi superior que o volume de chuva captada, resultando em uma diferença de 9,89 m³ de água.

Segundo o método o volume do reservatório é dado pelo somatório das diferenças entre demanda e volume captado, apenas quando a demanda for maior que o volume captado. Com isso, o volume de reservatório necessário para atender a demanda da escola é de 9,89 m³.

4.1.8.2 Método da simulação

Para o Método da Simulação arbitrou-se um volume para o reservatório de 10 m³. As demais variáveis para o dimensionamento do reservatório são a área de captação, a precipitação média mensal, e o coeficiente de escoamento superficial. A área de captação considerada é de 398,42 m², os valores de precipitação adotados compreendem as médias mensais dos anos de 1975 até 2018.

A Tabela 07 apresenta o dimensionamento realizado considerando o Método da simulação.

Tabela 07: Método da simulação

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Volume de chuva captada (m ³)	Volume de água no período (m ³)	Nível do Reservatório antes (m ³)	Volume real do Reservatório (m ³)
Jan	192,30	4,31	61,29	56,98	0,00	10,00
Fev	189,90	43,10	60,53	27,42	10,00	10,00
Mar	157,90	43,10	50,33	17,23	10,00	10,00
Abr	150,50	43,10	47,97	14,87	10,00	10,00
Mai	188,00	43,10	59,92	26,82	10,00	10,00
Jun	145,50	43,10	46,38	13,27	10,00	10,00
Jul	114,60	21,55	36,53	24,98	10,00	10,00
Ago	104,20	43,10	33,21	0,11	10,00	0,11
Set	150,10	43,10	47,84	4,85	0,11	4,85
Out	228,50	43,10	72,83	34,58	4,85	10,00
Nov	196,30	43,10	62,57	29,46	10,00	10,00
Dez	190,50	21,55	60,72	49,17	10,00	10,00
Área de Captação (A)		398,42 m ²				
						Volume do Reservatório 10 m³

Fonte: Autores (2018)

Neste método, observou-se uma grande semelhança com o método de Rippl. Dessa forma foram simulados outros valores de reservatório e percebeu-se que o limite do volume do reservatório deve ser 9,89 m³, qualquer valor inferior a este volume não atenderá os princípios impostos pelo Método da simulação.

Contudo ficou estabelecido que o volume do reservatório obtido pelo método da simulação foi de 10 m³.

4.1.8.3 Método Azevedo Neto

O Método Azevedo Neto considera um coeficiente de aproveitamento sobre a média anual de precipitação de 0,042, a área de coleta, o período de pouca chuva e a precipitação média anual. Como Cascavel não possui um período de seca definido e não existe uma metodologia predefinida para determinação deste período, optou-se por analisar os meses em que a precipitação é inferior a 70% da média anual. A Tabela 08 apresenta os meses onde a precipitação média mensal é inferior a 70% da média anual.

Tabela 08: Meses de pouca chuva ou seca

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Precipitação mensal menor que 70% da média
Jan	192,30	Não
Fev	189,90	Não
Mar	157,90	Não
Abr	150,50	Não
Mai	188,00	Não
Jun	145,50	Não
Jul	114,60	Sim
Ago	104,20	Sim
Set	150,10	Não
Out	228,50	Não
Nov	196,30	Não
Dez	190,50	Não
Média	167,36	
70 %	117,15	

Fonte: Autores (2018)

Após determinarmos o número de meses de pouca chuva ou seca, realizou-se o dimensionamento do volume do reservatório, os valores utilizados nos cálculos estão demonstrados na Tabela 09.

Tabela 09: Método Azevedo Neto

Precipitação média anual (mm)	Área de Captação (m ²)	Número de meses com pouca chuva	Volume do Reservatório (m ³)
2008,3	398,42	2	67,21
Volume do Reservatório			67,21 m³

Fonte: Autores (2018)

Como o resultado deste método varia em função da área de captação e não leva em consideração a demanda de água, o valor obtido para volume do reservatório de 67,21 m³ é elevado e se torna inviável devido ao espaço necessário para implantação ser muito grande.

4.1.8.4 Método prático alemão

Este método propõe que o volume do reservatório seja 6% do menor valor entre o consumo anual e o volume de precipitação anual aproveitável.

Como a demanda anual é inferior ao volume de precipitação aproveitável, considerou-se a demanda anual para realização do dimensionamento e o volume do reservatório obtido pelo Método prático alemão está apresentado na Tabela 10, sendo de 26,12 m³.

Tabela 10: Método prático alemão

Precipitação média anual (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume Aproveitável de água de chuva anual (m ³)	Demanda Anual (m ³)	Mínimo entre Volume Aproveitável e Demanda (m ³)	Volume do Reservatório (m ³)
2008,3	398,42	640,1	435,34	435,3	26,12
Volume do Reservatório					26,12 m³

Fonte: Autores (2018)

4.1.8.5 Método prático inglês

Este método sugere que se utilize o produto de 60% da precipitação média anual e a área de captação. O volume obtido através deste método é apresentado através da Tabela 11, de 40,01 m³.

Tabela 11: Método prático inglês

Precipitação média anual (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume do Reservatório (m ³)
2008,3	398,42	40,01
Volume do Reservatório		40,01 m³

Fonte: Autores (2018)

Assim como no Método Azevedo Neto, este método de dimensionamento varia em função da área de captação, resultando em um volume de reservatório elevado.

4.1.8.6 Método prático australiano

O cálculo do volume do reservatório é realizado através de tentativas, até que o volume possa atender a demanda, mesmo nos meses com pouca chuva. Para o dimensionamento este método considera o reservatório inicialmente vazio. A Tabela 12 apresenta o dimensionamento do reservatório.

Tabela 12: Método prático australiano

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Volume de chuva captada (m ³)	Volume de água no período (m ³)	Volume real do Reservatório (m ³)
Jan	192,30	4,31	60,66	56,35	10,00
Fev	189,90	43,10	59,89	26,79	10,00
Mar	157,90	43,10	49,69	16,59	10,00
Abr	150,50	43,10	47,33	14,23	10,00
Mai	188,00	43,10	59,28	26,18	10,00
Jun	145,50	43,10	45,74	12,64	10,00
Jul	114,60	21,55	35,89	24,34	10,00

Fonte: Autores (2018)

Tabela 12: Método prático australiano (Continuação)

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Volume de chuva captada (m ³)	Volume de água no período (m ³)	Volume real do Reservatório (m ³)
Ago	104,20	43,10	32,57	-0,53	0,00
Set	150,10	43,10	47,20	4,10	4,10
Out	228,50	43,10	72,19	33,19	10,00
Nov	196,30	43,10	61,93	28,83	10,00
Dez	190,50	21,55	60,08	48,53	10,00
Área de Captação (A)		398,42 m ²			
Volume do Reservatório					10 m³

Fonte: Autores (2018)

Para obter uma confiança de 100% neste método observou-se que o volume do reservatório deverá ser 10,53 m³. Porém como este método permite falhas no atendimento em alguns meses, de tal modo que o nível de confiança esteja entre 90 % e 99 %. Sendo assim o volume adotado foi de 10 m³. Constatou-se que somente no mês de agosto não foi possível atender a demanda da escola, faltando 0,53 m³, e o nível de confiança foi de 91,67%.

4.1.8.7 Programa Computacional Netuno

Os métodos utilizados para dimensionar um reservatório atuam diretamente no rendimento do sistema. Pode-se observar uma grande variação dos volumes de reservatório obtidos entre os métodos, sendo um fator relevante para o custo da implantação do sistema, considerando que o reservatório inferior é o item que possui o maior valor.

No método de Rippl o reservatório dimensionado, obteve um volume de 9,89 m³, de acordo com a simulação do programa Netuno para este volume foi apresentado um potencial de utilização de água pluvial de 73,40%. O percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida completamente foi de 70,52%, parcialmente 5,34% e não atende 24,14%.

Já no método da Simulação e o método prático australiano, o volume do reservatório foi de 10 m³, de acordo com a simulação realizada através do programa Netuno constatou-se um potencial de utilização de água pluvial de 73,66%. O percentual de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida: completamente 70,78%, parcialmente 5,26% e não atende 23,95%, para um mesmo consumo mensal do método de Rippl.

No método Azevedo Neto o volume obtido foi de 67,21 m³, foi o maior volume obtido através dos seis métodos descritos pela ABNT NBR 15527/2007. A simulação realizada através do Netuno gerou 97,32% de potencial de utilização de água pluvial, e o percentual de dias de atendimento completo de 97,09%, parcial 0,43%, não atende 2,47%. Embora o potencial de utilização de água pluvial elevado, o volume do reservatório se torna economicamente e tecnicamente inviável.

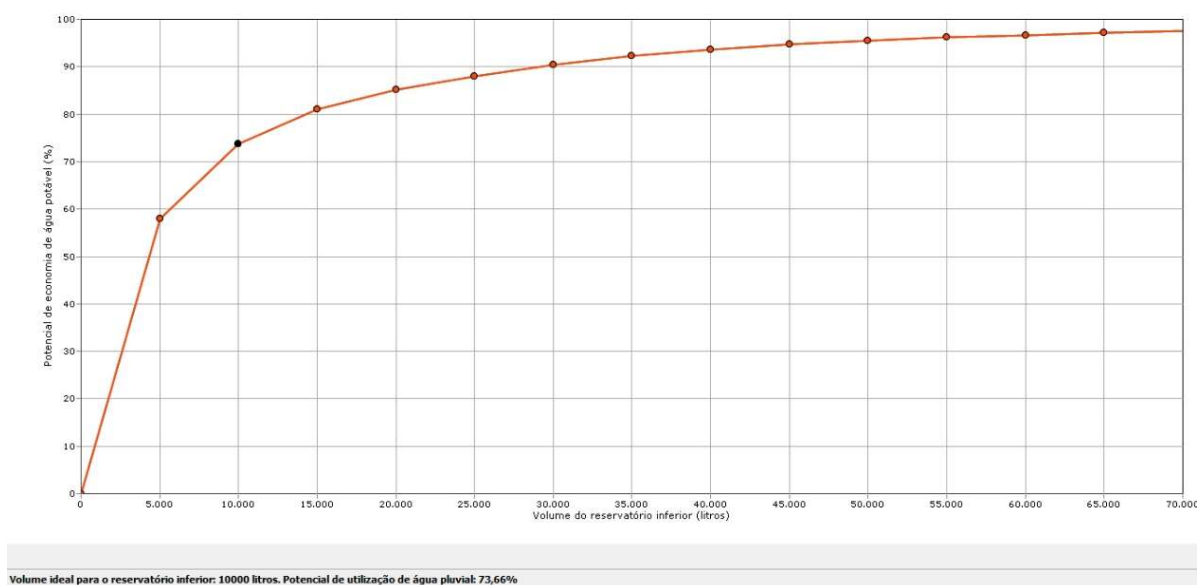
O dimensionamento através do método prático alemão resultou em um volume de 26,12 m³. A simulação realizada pelo programa Netuno obteve um potencial de utilização de água potável de 88,60%, o percentual de dias em que a demanda será atendida completamente é de 87,68%, parcialmente é de 1,79% e não atende 10,53%, considerando o mesmo consumo utilizado nos métodos anteriores.

O método prático inglês obteve um reservatório com 40 m³, com esse valor a simulação gerada pelo Netuno gerou um potencial de utilização de água pluvial de 93,71%, percentual de dias que a demanda é atendida completamente de 93,23%, parcialmente de 0,98% e não atende de 5,79%.

Embora haja diferença entre os volumes obtidos pelos métodos avaliados, a escolha do volume ideal varia em função dos interesses finais da implantação e da região de implantação. Em regiões onde a quantidade de chuvas é baixa, deve-se optar por métodos que resultam em volumes maiores, como o método Azevedo Neto. Já em regiões com um índice pluviométrico elevado, deve-se optar por métodos mais conservadores que resultam em volumes menores de reservatórios.

O método de Rippl, gerou um volume de reservatório de 9,89 m³ muito próximo aos 10 m³ adquiridos através dos métodos prático australiano e o método da simulação.

Após a determinação dos volumes dos reservatórios através dos métodos e então, gerado o potencial de utilização, demanda atendida completamente, parcialmente e não atendida através do programa Netuno, o mesmo indicou que o volume ideal seria o de 10 m³ conforme a Figura 09.

Figura 09: Simulação do volume ideal do reservatório utilizando o Netuno

Fonte: Autores (2018)

O critério usado para tal cálculo consiste em comparar o potencial de utilização obtido para volumes de reservatórios diferentes. O programa analisa, como volume ideal, aquele cujo acréscimo no potencial de economia do volume subsequente é igual ou inferior ao intervalo entre potenciais de economia de água potável adotado. Desse modo a curva a partir do reservatório de 10 m³ começa a estabilizar, o programa indica o reservatório de 10 m³ como ideal para a demanda da escola analisada.

4.1.9 Dimensionamento da bomba de recalque

A bomba de recalque foi dimensionada para que seja possível elevar a água da cisterna ao reservatório elevado. Ela fornecerá vazão ao sistema tal qual seja possível suprir a demanda diária de limpeza e das bacias sanitárias, completando o reservatório elevado em 1 hora de funcionamento.

4.1.9.1 Cálculo da vazão

Para calcular a vazão foi utilizada a Equação 24, descrita no item 3.1.4.9.1. Sendo assim, tem-se:

$$Q = \frac{2}{1} = 2,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.1.9.2 Cálculo da altura manométrica

A altura manométrica do sistema foi obtido através da soma dos seguintes itens:

- Desnível geométrico entre a bomba e o reservatório elevado;
- Perda de carga do Filtro 25 Micras;
- Perda de carga da tubulação.

Na Tabela 13, está definido o comprimento equivalente, real e total da tubulação de recalque da bomba, necessário para calcular a perda de carga da tubulação.

Tabela 13: Comprimento equivalente das peças

Descrição das peças	Quantidade	Comprimento equivalente (m)	Comprimento equivalente total (m)
Joelho 90° (DN 25mm)	8,00	1,50	12,00
Tê passagem direta (DN 25mm)	2,00	0,90	1,80
Registro de Gaveta (DN 25mm)	1,00	0,30	0,30
Válvula de Retenção (DN 25mm)	1,00	3,80	3,80
Soma dos comprimentos equivalentes das peças			17,90 m
Comprimento da Tubulação			7,00 m
Comprimento Total			24,90 m

Fonte: Autores (2018)

Através do comprimento total da tubulação de recalque apresentado na Tabela 13, foi possível calcular a perda de carga unitária da tubulação através da Equação 27, descrita no item 3.1.4.9.2.

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \times 0,55^{1,75} \times 20,4^{-4,75} = 1,84 \frac{\text{KPa}}{\text{m}} = 0,186 \text{ m. c. a}$$

Através da perda de carga unitária da tubulação foi possível calcular a perda de carga total da tubulação através da Equação 25, descrita no item 3.1.4.9.2.

4.1.10 Dimensionamento do reservatório elevado

Como a escola não possui uma demanda diária fixa, ou seja, não são todos os dias que são realizados limpeza de todas as dependências, o reservatório elevado de água pluvial foi dimensionado atender a demanda diária para o dia em que a escola possui maior demanda. A demanda de água pluvial do dia de maior consumo é de 1,96 m³, dessa forma considerou-se um reservatório elevado de 2 m³.

4.1.11 Sistema realimentador automático do reservatório elevado de água pluvial

Como o aproveitamento da água de chuva determinado atenderá a demanda das bacias sanitárias, foi previsto neste sistema o realimentador automático da cisterna, de forma que, em caso de estiagem prolongada, a cisterna é abastecida pela água da concessionária. Este componente é composto por: torneira com registro, mangueira, acionador de descarga (válvula solenoide), conector, bocal separador e boia de nível, conforme Figura 11.

Figura 11: Realimentador automático do reservatório elevado de água pluvial



Fonte: AcquaTech (2018)

O funcionamento deste componente se dá da seguinte forma: a boia de nível detecta o baixo nível de água da cisterna e aciona a válvula solenoide que se abre permitindo a entrada de água da fonte complementar. O bocal separador é uma peça fundamental, pois evita o contato da água de chuva com a água da rede.

4.1.11 Dimensionamento da tubulação de água pluvial

Para o projeto de captação de água da chuva da Escola Municipal Diva Vidal, as tubulações de água fria que transportam a água do reservatório superior de água pluvial até os pontos de consumo, vasos sanitários e torneiras de lavagem, não serão substituídos, dessa forma não foram considerados para dimensionamento e orçamento.

4.1.11 Orçamento da implantação do sistema

Com o volume do reservatório definido e o dimensionamento dos componentes do sistema efetuado, foi realizado o projeto do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para a Escola Municipal Diva Vidal, conforme apresentado no Apêndice C.

A partir do o projeto foi realizado o quantitativo de materiais e também da mão de obra necessário para implantação do sistema, utilizando os valores do SINAPI referente ao mês de setembro de 2018 do estado do Paraná e o orçamento repassado pela empresa AcquaTech.

O custo total da implantação do sistema totalizou o valor de R\$ 16.122,36, conforme apresentado no Apêndice D.

4.1.12 Cálculo do período de retorno do investimento

Para realização do cálculo do período de retorno do investimento, considerou-se uma vida útil de projeto de 20 anos conforme sugerido pela ABNT NBR 15575/2013 – Edificações habitacionais – Desempenho. Sabendo-se que o custo total para implantação do sistema é de R\$16.122,36.

Analisando as possíveis economias e gastos extras com a implantação do sistema foi determinado por meio do simulador de tarifas, disponível na página da Sanepar a economia anual de água e estipulado um valor anual para manutenção e gastos com energia elétrica devido à possível instalação da bomba de recalque, como apresentado na Tabela 15.

Tabela 15: Economia anual com a instalação do sistema

Demanda de água pluvial anual (m³)	Economia prevista (%)	Consumo de água pluvial (m³)	Consumo de água potável (m³)	Custo do m³ de água (R\$)	Economia de água anual obtida (R\$)
435,34	73,66	320,67	114,67	8,10	2597,44
Custo energia anual (Bomba)					R\$ 38,91
Custo com manutenção anual					R\$ 300,00
Economia Anual					R\$ 2.258,53

Fonte: Autores (2018)

Com a obtenção do resultado da economia anual e os custos, foi possível calcular a taxa interna de retorno, valor presente líquido e o tempo de retorno do investimento, conforme a Tabela 16.

Tabela 16: Tempo de retorno

Anos	Custo inicial	Economia Anual	Retorno anual - VPL
0	-R\$ 16.122,36		
1		R\$ 2.122,67	-R\$ 13.999,69
2		R\$ 1.994,99	-R\$ 12.004,69
3		R\$ 1.874,99	-R\$ 10.129,70
4		R\$ 1.762,21	-R\$ 8.367,48
5		R\$ 1.656,22	-R\$ 6.711,27
6		R\$ 1.556,59	-R\$ 5.154,68
7		R\$ 1.462,96	-R\$ 3.691,71
8		R\$ 1.374,97	-R\$ 2.316,75
9		R\$ 1.292,26	-R\$ 1.024,48
10		R\$ 1.214,53	R\$ 190,05
11		R\$ 1.141,48	R\$ 1.331,52
12		R\$ 1.072,82	R\$ 2.404,34
13		R\$ 1.008,29	R\$ 3.412,63
14		R\$ 947,64	R\$ 4.360,26
15		R\$ 890,64	R\$ 5.250,90
16		R\$ 837,06	R\$ 6.087,96
17		R\$ 786,71	R\$ 6.874,68
18		R\$ 739,39	R\$ 7.614,07
19		R\$ 694,92	R\$ 8.308,99
20		R\$ 653,12	R\$ 8.962,11
TMA	6,4%		
TIR	14%		
VPL	R\$ 8.962,11		

Fonte: Autores (2018).

Pode-se observar que o sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais terá um retorno inferior a 10 anos, ou seja, na metade da sua vida útil o investimento inicial já será recuperado e ao final da sua vida útil resultará em um VPL de R\$8.962,11 demonstrando assim que o projeto tem capacidade de gerar lucro.

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSÃO

A simulação realizada através do Netuno, sugeriu que o volume ideal para o reservatório deve ser 10 m³, sendo que através dos dimensionamentos indicados pela ABNT NBR 15527/2007, os métodos de Rippl, Simulação e o Prático Australiano foram os que resultaram nesse mesmo volume.

Através do projeto foi realizado o orçamento que resultou em um custo de R\$16.122,36. Serão economizados cerca de 320,67 m³ de água por ano, gerando uma economia anual de R\$2.597,44. Considerando os custos de manutenção e funcionamento, o sistema apresentou um VPL de R\$8.962,11 e uma TIR de 14% ao final dos 20 anos de vida útil, sendo que o retorno do investimento ocorre em um período inferior a dez anos.

Além dos cálculos mostrarem que a implantação do projeto é economicamente viável e terá um lucro ao final da sua vida útil, deve-se levar em conta a importância do projeto na questão da preservação da água. A água é um bem essencial para vida humana, portanto projetos como esse que visam o aproveitamento de água merecem destaque pois contribuem para um mundo mais sustentável. São ações integradas como esta que conscientizam os alunos do ensino fundamental a exercerem a cidadania no momento em que fazem parte do processo agindo de forma responsável, percebem que o caminho mais viável é a solidariedade entre as gerações.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação deste sistema em residências;
- Realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica considerando uma região mais árida;
- Verificar o tempo de retorno em sistemas onde se utilize volumes maiores de reservatórios.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15527**: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

AGUASPARANÁ. **Relatório de alturas mensais de precipitação**. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sihweb/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=cargarInterfaceInicial>>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão de recursos hídricos no Brasil**. Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água., p.64., 2002.

ACQUATECH **Comércio de Sistemas e Soluções para Água da Chuva e de Reuso**. Catálogo Online. Disponível em: < <http://www.acquatech.com.br/#>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

ANNECCHINI K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 2005. Disponível em: <http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN_.pdf>. Acesso em: 21 de abril de 2018.

ANQIP. **Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais**. Disponível em: <<http://www.anqip.com>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.

ARRAKIS. **El agua: una extrana molécula**. 2004. Disponível em: <<http://www.arrakis.es/%7Elluengo/agua.html>>. Acesso em: 14 de março de 2018.

BEZERRA, S. M. da C. et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construindo**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez. 2010.

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, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CAPRILES, R. **Água e Desastres**. Disponível em: <http://www.ambientalbrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/click/agua_desastres.html>. Acesso em: 12 de junho de 2018.

CASCAVEL. Prefeitura Municipal. **Programa Municipal de conservação e uso racional da água e reuso em edificações**. 2007. Disponível em: <https://www.camaracascavel.pr.gov.br/leis-municipais.html?sdetail=1&leis_id=81>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

CHIURATTO, **Água um direito de todos**. 1.ed. Curitiba: Editora: Excelência Comunicação, 2004.

ECYCLE. **Captação de água da chuva: conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna**. 2018. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/3301-captacao-de-agua-da-chuva-aproveitamento-sistema-cisternas-como-captar-armazenar-coletar-para-aproveitar-vantagens-coletor-modelos-cisterna-ecologica-aproveitando-coleta-pluvial-armazenamento-caseiro-residencial-como-onde-encontrar-comprar>>. Acesso em: 13 de abril de 2018.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: Fórum Mundial da Água, 2., 2000, Holanda. Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 10 de março de 2018.

GOMES, M. A. F., **Qualidade das águas subterrâneas e suas relações com as atividades agrícolas**. Disponível em: <http://www.geocities.com/esabio.geo/agua/qualidade_da_agua.htm>. Acesso em: 21 de abril de 2018.

GONÇALVES R. F. **Uso racional da água em edificações**. 1. Ed. 332 p. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

IDELT. Instituto de desenvolvimento, logística, transporte e meio ambiente. **Água de reuso**. 2005. Disponível em: <www.idelt.com.br/meio_ambiente.html>. Acesso em: 13 de abril de 2018.

LONGO, A. J. **Equações de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel-Paraná**. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/view/712>>. Acesso em: 20 de março de 2018.

LIU, J. et al. **Inter-county virtual water flows of the Hetao irrigation district, China: A new perspective for water scarcity**. Journal of Arid Environments, v. 119, p. 31-40, mar. 2015.

MATOS, C. et al. Rainwater storage tank sizing: Case study of a commercial building. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 2, p. 109-118. 2013.

MORUZZI R. B.; OLIVEIRA S. C.; CARVALHO G. **Volume do reservatório de aproveitamento de água pluvial baseado no conceito do balanço de vazões para uma residência unifamiliar**. Publicitário UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia: Editora UEPG, v. 8, n. 1, 2002.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Levantamento do Estado da Arte: Água. Projeto Tecnologia para Construção Habitacional Mais Sustentável.** São Paulo, 2007.

ONU. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU.** 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 03 de março de 2018.

PARAÍSO DAS BOMBAS. **Modelos de bomba d'água: saiba quais são os melhores.** Disponível em: <<https://blog.paraisdasbombas.com.br/modelos-de-bomba-dagua-saiba-quais-sao-os-melhores/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2018.

POZZEBON, P. H. B. **Viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento das águas de chuva e cinzas para consumo não potável na cidade de Santa Maria/RS.** 2013. 193 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

QMCWEB. **Água, o líquido vital.** Revista eletrônica do Departamento de Química – UFSC. Disponível em: <<http://qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/agua.html>>. Acesso em: 14 de março de 2018.

RAINHO, J. M., **Planeta água.** Revista Educação, v.26, n.221, p.48-64, set/1999.

REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil – Capital Ecológico, uso e conservação.** 2ª. Edição. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda. P.703, 2002.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construindo**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. 2011.

SAMPAIO FILHO A. C. S. **Taxa interna de retorno modificada: Proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais.** 2008, p. 143. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Administração) Faculdade Ibmecc, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/dissert_mestrado/ADM_antoniiosampaio_jul.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

SAMPAIO, F. E. O. V. **Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos.** 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

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

SCHMIDT, G. Cristine. **Escola de Engenharia.** Minas, metalúrgica e materiais. Desenvolvimento de filtros de carvão ativado para remoção do cloro da água potável. Porto Alegre, 2011.

SCHNEIDER. **Tabela para seleção de bombas e motobombas**. 2017. Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/media/205160/tabela-de-selecao-schneider-motobombas-2017.pdf>>. Acesso em: 25 de novembro de 2018.

SHAREAMERICA. **Ao coletar a água da chuva, você está ajudando o meio ambiente**. 2016. Disponível em: <<https://share.america.gov/pt-br/ao-coletar-agua-da-chuva-voce-esta-ajudando-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.

SEBRAE. **Captação de água da chuva: como fazer um sistema de captação da água de chuva**. 2014 Disponível em: <<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/sites/Sustentabilidade/Para%E2%80%93sua%E2%80%93Empresa/Publicacoes/Infograficos/Capta%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1gua-da-chuva>>. Acesso em: 11 de abril de 2018.

SILVA Jr. H. X. **Aplicação das metodologias de análise estatística e de análise do custo do ciclo de vida (ACCV) para o estabelecimento de padrões de eficiência energética: Refrigeradores Brasileiros**. 2005, p. 144. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2005. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/refrigeradores-std.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

TESTON, ANDRÉA. **Aproveitamento de água da chuva: Um estudo qualitativo entre os principais sistemas**. 2012. 106 f. Dissertação (Pós-Graduação) – Especialização em construções sustentáveis – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-Pr, 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/789/1/CT_CECONS_II_2012_03.pdf>. Acesso em: 17 de abril de 2018.

TOMAZ P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4. 208 p.Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011.

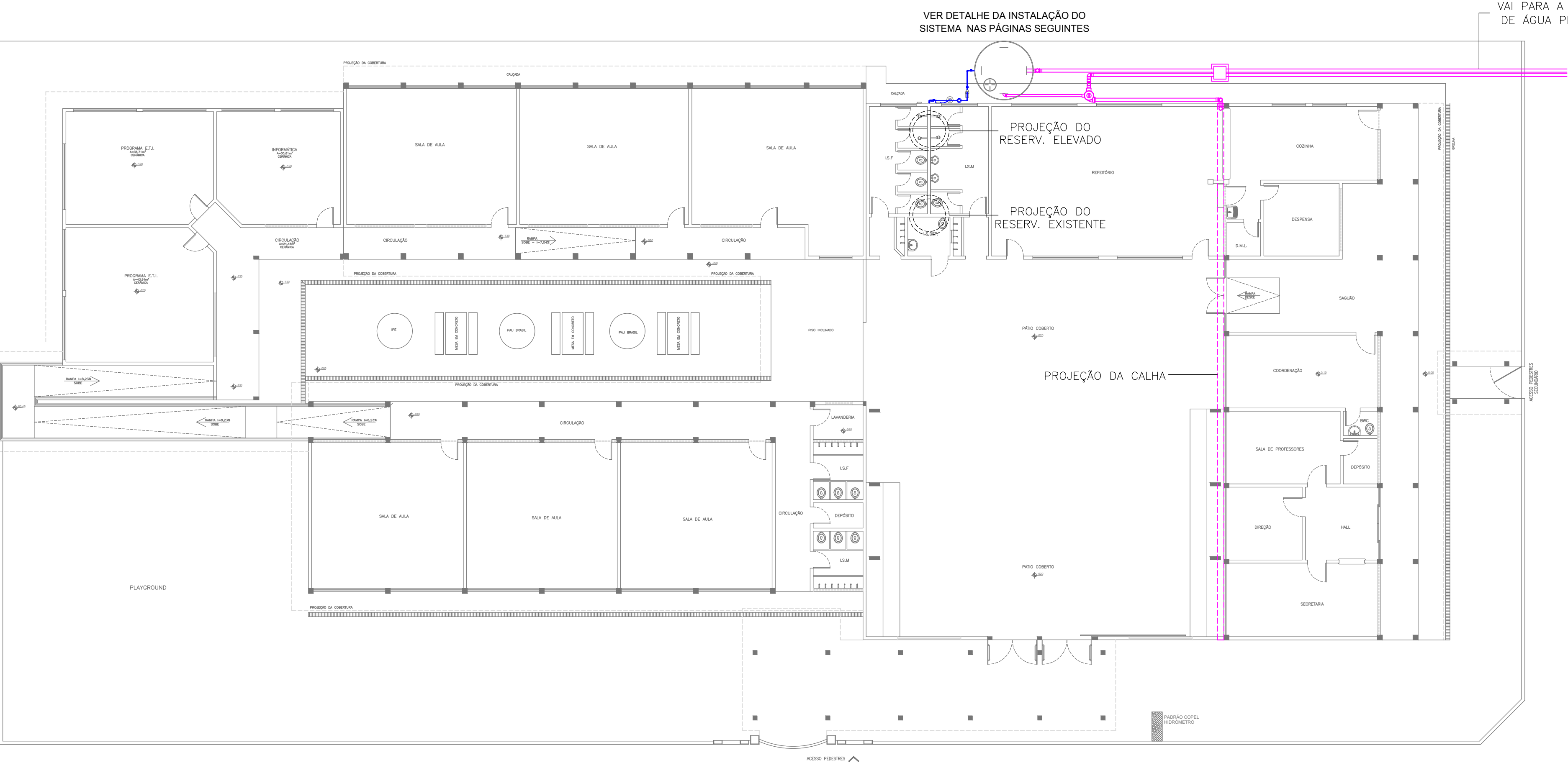
TOMAZ P. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. Revista Saneas: Jornal AESabesp, São Paulo, n. 33, p. 33-39, 2009.

WATERFALL, P.H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use**. University of Arizona Cooperative. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>> Acesso em: 10 de abril de 2018.

APÊNDICE A - ÁREAS DE LIMPEZA DA ESCOLA

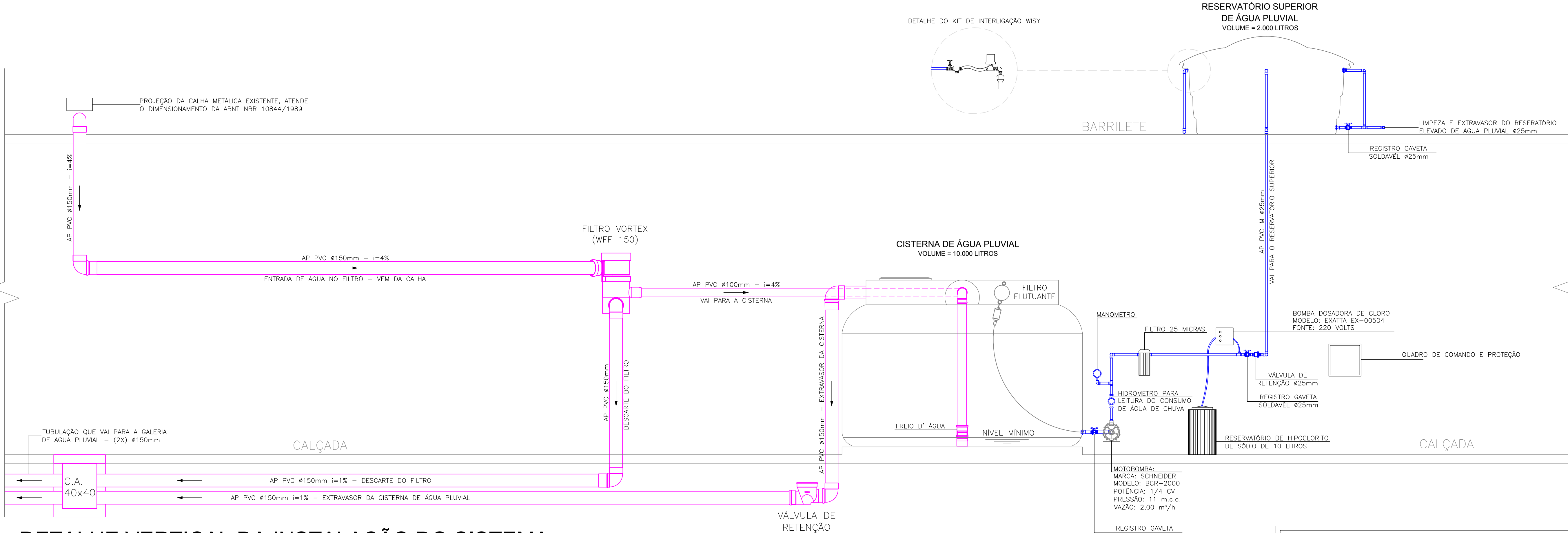
APÊNDICE B - ÁREAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

APÊNDICE C - PROJETO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL



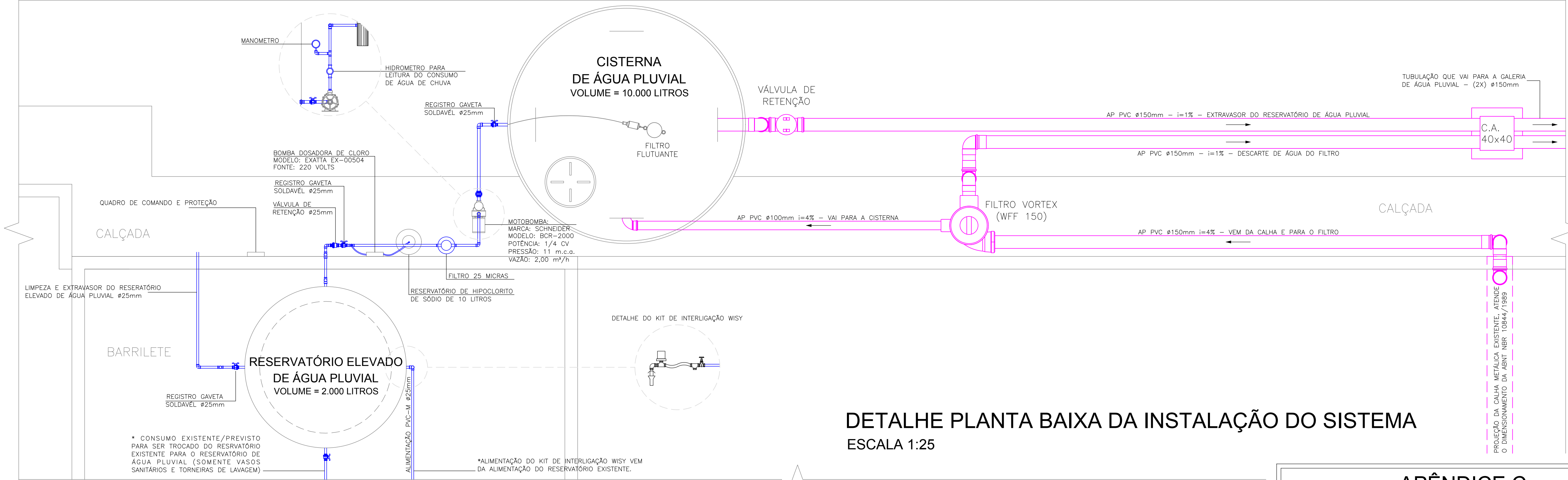
PLANTA BAIXA ESCOLA (LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA)
ESCALA 1:150

APÊNDICE C



DETALHE VERTICAL DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA
ESCALA 1:25

INDICAÇÃO DA VISTA
(VER DETALHE PÁGINA 03/03)



DETALHE PLANTA BAIXA DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA
ESCALA 1:25

APÊNDICE C

ASSUNTO:
PROJETO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

PÁGINA:
02/03

APÊNDICE D - ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Descrição do Material	Qtde	Unidade	Preço Unitário	Preço Total	Fonte
ADAPTADOR PVC SOLDÁVEL CURTO COM BOLSA E ROSCA, DN 25mm	3	UN	R\$ 0,65	R\$ 1,95	SINAPI
ADAPTADOR PVC SOLDÁVEL COM ANEL PARA CAIXA D'ÁGUA, DN 25mm	4	UN	R\$ 6,94	R\$ 27,76	SINAPI
ADAPTADOR PVC SOLDÁVEL COM ANEL PARA CAIXA D'ÁGUA, DN 32mm	1	UN	R\$ 12,00	R\$ 12,00	SINAPI
ANEL DE VEDAÇÃO 100 mm (Cisterna)	2	UN	R\$ 132,00	R\$ 264,00	AcquaTech
BOMBA SCHNEIDER BCR-2000 1/4CV - 220 V MONOFÁSICA + Quadro de comando e proteção + 2 eletroboias	1	UN	R\$ 1.250,00	R\$ 1.250,00	AcquaTech
CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO 2000 LITROS (Reservatório Elevado)	1	UN	R\$ 738,01	R\$ 738,01	SINAPI
CISTERNA – TANQUE DE POLIETILENO 10.000 LITROS (Cisterna)	1	UN	R\$ 3.370,90	R\$ 3.370,90	SINAPI
DOSADORA DE CLORO – EX-00504 – 220 Volts (Com bombona de 10 Litros)	1	UN	R\$ 850,00	R\$ 850,00	AcquaTech
FILTRO VORTEX WFF 150 – WISY (Malha 0,44mm - Com kit de conexão)	1	UN	R\$ 3.055,00	R\$ 3.055,00	AcquaTech
FILTRO DE PASSAGEM – 25 Micras – 1.200 l/h (Com suporte para parede)	1	UN	R\$ 200,00	R\$ 200,00	AcquaTech
FREIO D'ÁGUA PVC, DN 100 mm	1	UN	R\$ 97,90	R\$ 97,90	AcquaTech
HIDRÔMETRO MULTIJATO 3/4"	1	UN	R\$ 180,00	R\$ 180,00	AcquaTech
JOELHO PVC SOLDÁVEL, 90 GRAUS, 25 mm	12	UN	R\$ 0,55	R\$ 6,60	SINAPI
JOELHO PVC SÉRIE NORMAL, 90 GRAUS, DN 100 mm	2	UN	R\$ 4,00	R\$ 8,00	SINAPI
JOELHO PVC SÉRIE NORMAL, 90 GRAUS, DN 150 mm	6	UN	R\$ 34,04	R\$ 204,24	SINAPI
KIT FILTRO FLUTUANTE GROSSO - 1" – Com válvula de retenção integrada – Com mangueira Wisy 1 m – Com 2 abraçadeiras inox RSF 25-38 mm	1	UN	R\$ 600,00	R\$ 600,00	AcquaTech
KIT INTERLIGAÇÃO 1/2" - WISY - CABO BÓIA 3m - 220 Volts	1	UN	R\$ 1.607,00	R\$ 1.607,00	AcquaTech
LUVA SIMPLES PVC SÉRIE NORMAL, DN 100 mm	1	UN	R\$ 5,02	R\$ 5,02	SINAPI
LUVA SIMPLES PVC SÉRIE NORMAL, DN 150 mm	6	UN	R\$ 22,00	R\$ 132,00	SINAPI
MANÔMETRO COM CAIXA EM AÇO PINTADO	1	UN	R\$ 61,15	R\$ 61,15	SINAPI
REGISTRO DE GAVETA PVC SOLDÁVEL, DN 25mm	3	UN	R\$ 17,54	R\$ 52,62	SINAPI
SUPORTE INOX DE PAREDE PARA O FILTRO VORTEX WFF 150	1	UN	R\$ 965,00	R\$ 965,00	AcquaTech
TÊ PVC SOLDÁVEL, 25 mm	2	UN	R\$ 2,61	R\$ 5,22	SINAPI
TUBO PVC SÉRIE NORMAL, DN 100 mm	5	M	R\$ 7,82	R\$ 39,10	SINAPI
TUBO PVC SÉRIE NORMAL, DN 150 mm	50	M	R\$ 18,55	R\$ 927,50	SINAPI
TUBO PVC SOLDÁVEL, DN 25 mm	10	M	R\$ 2,64	R\$ 26,40	SINAPI
UNIÃO PVC SOLDÁVEL, DN 25 mm	1	UN	R\$ 6,80	R\$ 6,80	SINAPI
VÁLVULA DE RETENÇÃO, DN 25mm	1	UN	R\$ 21,90	R\$ 21,90	SINAPI
VÁLVULA RETENÇÃO ESGOTO, DN 150 mm	1	UN	R\$ 106,29	R\$ 106,29	SINAPI
Mão de Obra	Qtde	Unidade	Preço Unitário	Preço Total	Fonte
INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	2	DIA	R\$ 650,00	R\$ 1.300,00	AcquaTech

CUSTO TOTAL

R\$ 16.122,36

ANEXO A - DADOS DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Estação:	São João do Oeste		Código:	2453056				Entidade:	AGUASPARANÁ			
Município:	Cascavel		Instalação:	26/07/1975				Extinção:				
Tipo:	P		Bacia:	Piquiri				Sub-bacia:	2			
Altitude:	661,945 m		Latitude:	24° 57' 43"				Longitude:	53° 14' 36"			
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1975	-	-	-	-	-	-	-	83,8	200,2	203,9	237,6	187,3
1976	185,8	183,7	105,7	171,2	128	115,7	94,6	98,2	114,1	196,1	262,8	165,2
1977	231	69	205,8	99,8	22,4	171,7	19,1	69,2	108	80,8	417,2	162,5
1978	81,3	103,9	203,5	4,3	60,5	45,1	240,1	80,7	119,3	95,6	116,3	149,2
1979	94,4	238,4	72,5	106,1	417,3	10,5	112,7	292,6	197,9	332,2	171,6	224,2
1980	209,5	174,7	196,1	58,6	292,2	85,6	110,2	133,5	271,6	147,6	134,2	79,3
1981	177	235,6	102,2	249,7	27,4	144	0	41,6	96	228,3	188,9	627,4
1982	43,4	279,8	130,7	71,4	86,6	227	316,1	116,2	47,4	375,3	481,2	62,1
1983	180	196,8	296,2	244,2	481,9	263,4	282,8	14,3	369,1	196,2	128,6	68,2
1984	327,4	51	238	183,9	59	42,4	72,6	200	78,4	64	170,6	202,4
1985	54	342,6	101,2	224,6	153,2	43	35,8	61	45,6	168,1	142,4	78,2
1986	129,4	255,9	123,2	150,2	303,7	6,2	98	123,8	232,2	116,6	199,4	243,8
1987	99,4	293,8	111,6	238,6	487,7	153	35	30,6	11,4	188,2	216,4	130,6
1988	143,8	152,2	62,6	187,2	221,7	161,6	12,2	14,4	12	136,2	64,8	200,8
1989	242,3	290,6	181,2	150,6	87,2	136,8	182,6	225,4	260,1	149,4	94,2	87,7
1990	296,4	29,6	113,6	131	195,8	143,4	148	278,4	245,8	147,3	192,6	128,8
1991	177,2	12,4	109,5	197,3	43,4	234,2	65,2	35,3	106,2	286,7	533,6	352,3
1992	61,5	187,4	200,7	246,5	479	184	205,1	250,1	197,3	191	133,2	206,9
1993	170,2	68,3	142,8	79,2	370,4	96,2	178	0	248,5	251,2	171,4	232,7
1994	141,9	116,4	123,4	124,6	158,1	308	111	19,1	52,4	366,7	123,1	381,4
1995	352,6	114	199,3	162,2	23,9	152,2	143,9	17,8	156,6	269,3	161,8	149,7
1996	373	143,7	331,5	107,4	50,1	63,2	29,6	41,3	163,2	463,7	291,4	281,8
1997	269,4	211,3	15,8	26,4	243,8	320,2	91,6	179,5	188,3	308,9	348,8	119
1998	108,5	409,3	361,5	499,9	174,1	69,2	18,8	235,3	368,9	346,7	47,6	188,4
1999	254,4	231,2	100,5	245,8	163,3	172,2	58,2	6,6	201,6	46,9	54,1	262,1
2000	200,1	349,8	172,3	70,5	88,4	171,3	119,4	100,4	235,9	264	169,5	242
2001	257,2	398,1	189,9	95,2	176,2	108,2	133,5	110,2	177,2	129,3	171,1	123,8
2002	206,4	62,1	110,1	36,8	550,4	12	93,3	102,3	127,2	238,5	288,7	172,8
2003	212,6	294,9	182,2	165,9	72,2	119,2	176,7	75,9	132,8	252,6	183	291,2
2004	56,4	90,8	62,5	89,3	353,3	170,9	142,1	23	76,1	384,1	215,3	94,6
2005	214,1	47,2	46,8	113	281	238,2	51,6	120,3	210,9	428,6	43,9	73,1
2006	313,6	101,2	241,8	112,5	6,7	105,5	66,5	86,5	177,2	150,2	256,8	165,4
2007	218,2	119,5	143,7	364,4	195,5	5,1	76,9	15,1	62,2	91,1	201,5	196,4
2008	214,2	149,4	69,1	187,5	61,4	157,7	105,4	139,2	70,6	310,7	167,8	24
2009	204,3	156,8	117	44,9	205,2	119	148,1	75,1	203,4	322	219,4	241,8
2010	205,6	185,7	176,6	257,6	88,6	30,4	111,5	31,9	69,8	194,7	94,5	291,3
2011	219,1	310,8	96,8	124	4,8	83,2	276,3	362	64,3	332,2	173,2	101,8
2012	221,1	135,6	71,2	291	53	282,6	57,2	1,7	46	234,6	144,5	195,6
2013	157,3	178,1	417,5	92,2	235,9	403,8	22,7	22,8	143	145,2	154,4	173,8
2014	152,4	130,7	188,2	176,9	273,3	478,6	102,2	65,3	302,5	92,8	242,2	128,7
2015	120,3	310,4	165,2	66	211,1	82,5	449,2	65,4	165	180,1	303,3	236,4
2016	202,6	389,2	128,1	65,6	242,7	68,7	20,7	306,4	65,4	231,4	103	225,5
2017	228,1	186,4	135,6	157,9	184,4	126,5	0	130,5	31,1	486,3	225,8	240,8
2018	260,8	179,3	245,2	0	69,6	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: ÁGUASPARANÁ (2018).