

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

VINÍCIUS LUIZ BADOTTI

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA LAVAGEM DE
VEÍCULOS EM UM LAVA CAR:
ESTUDO DE CASO PARA O MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO – PR

2020

VINÍCIUS LUIZ BADOTTI

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA LAVAGEM DE
VEÍCULOS EM UM LAVA CAR:
ESTUDO DE CASO PARA O MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PR**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia civil, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Câmpus Pato Branco.

Orientador: Dr. Cesar Augusto
Medeiros Destro

PATO BRANCO – PR

2020

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA LAVAGEM DE VEÍCULOS EM UM LAVA CAR: ESTUDO DE CASO PARA O MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PR

Por

VINÍCIUS LUIZ BADOTTI

Monografia apresentada às 10 horas do dia 27 de NOVEMBRO de 2020 como requisito parcial, para conclusão do Curso de ENGENHARIA CIVIL da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO	Membro
Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO	Membro
Prof. Dr. CESAR AUGUSTO M. DESTRO	Orientador
Profª. Drª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI	Professor(a) responsável TCCII



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **CESAR AUGUSTO MEDEIROS DESTRO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em (at) 27/11/2020, às 12:05, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **NORMELIO VITOR FRACARO, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em (at) 30/11/2020, às 10:44, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **JOSE ILO PEREIRA FILHO, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em (at) 30/11/2020, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **ELIZANGELA MARCELO SILIPRANDI, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em (at) 30/11/2020, às 12:11, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasilia-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador (informing the verification code) **1752602** e o código CRC (and the CRC code) **971F4609**.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e sempre seguir em frente.

Aos meus pais Luiz Mario Badotti e Lismari Giordani, por sempre estarem ao meu lado, dando todo suporte e apoio necessário.

Também ao meu irmão Guilherme Antônio Badotti, que por ter trilhado esse caminho antes de mim, sempre se mostrou disponível para ajudar e tirar as dúvidas que iam surgindo no meio do caminho. Agradeço igualmente minha irmã Fernanda Suelly Schuaise Badotti.

A minha avó Maria Madalena Giordani por ter me acolhido com todo amor em sua casa na etapa final do curso.

Ao meu orientador Prof. Me. Dr. Cesar Augusto Medeiros Destro por todo o suporte, conhecimento repassado, correções e atenção dedicada nesta fase final do curso.

Aos meus amigos do curso, que estiveram ao lado e fizeram parte dessa extensa jornada que agora chega ao fim.

Ao corpo docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da UTFPR - Câmpus Pato Branco por todo o conhecimento repassado, não só técnico, mas também referente a valores humanos e morais, que certamente me fizeram evoluir como ser humano.

E aos proprietários do Lava Car do Seco pela disponibilidade de informações e atenção dos profissionais, ao qual sem eles não seria possível a realização deste trabalho.

RESUMO

BADOTTI, Vinícius Luiz. **Aproveitamento da água da chuva para lavagem de veículos em um lava car: Estudo de caso para o município de Pato Branco – PR.** 2020. 106 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológico Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2020.

O trabalho apresenta um estudo de caso referente a instalação de um sistema de captação de águas pluviais para um lava car na cidade de Pato Branco – PR. Para o desenvolvimento do trabalho foi escolhido um lava car que fizesse uso da água da rede pública de abastecimento e ao mesmo tempo tivesse potencial para captação de um grande volume proveniente da água das chuvas. Então foi projetado uma cisterna para suprir a demanda do lava car e assim gerar benefícios ao dono do estabelecimento, como também para a cidade e ao meio ambiente num contexto geral, reduzindo assim o desperdício de água potável e amortizando a problemática das enchentes, problema recorrente na cidade devido a sua topografia de relevo bastante íngreme. Após uma análise minuciosa das instalações, características físicas e dados do empreendimento, foi feito um levantamento de custos para instalação do sistema de águas pluviais e calculado um período de retorno para o investimento. Os resultados do estudo mostraram que seria possível economizar uma grande quantidade de água com a implementação do sistema e que o investimento se pagaria num prazo de aproximadamente 7 meses, se mostrando assim economicamente viável a realização do projeto.

PALAVRAS CHAVES: Água da chuva. Lavagem de veículos. Lava car. Cisterna.

ABSTRACT

BADOTTI, Vinícius Luiz. **Use of rainwater to wash vehicles in a car wash: A case study for the city of Pato Branco - PR.** 2020. 106 p. Completion of course work to bachelor's in Civil Engineering – Federal Technology University of Parana. Pato Branco, 2020.

The work presents a case study regarding the installation of a rainwater capture system for a lava car in the city of Pato Branco - PR. For the development of the work, a lava car that uses water from the public supply network and at also has the potential to capture a large volume from rainwater was chosen. So a cistern was designed to supply the demand for the lava car and also generate benefits for the owner of the establishment, as well as for the city and the environment in a general context, reducing the waste of potable water and amortizing the problem of flooding, a problem recurrent in the city due to its very steep topography. After a thorough analysis of the facilities, physical characteristics and data of the enterprise, a cost survey was carried out to install the rainwater system and a period of return for investment. The results of the study showed that it would be possible to save a large amount of water with the implementation of the system and that the investment would be paid within approximately 7 months, thus proving the project to be economically viable.

KEYWORDS: Rainwater. Vehicle wash. Cistern.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia do Rio Pato Branco	21
Figura 2 - Perdas de água nas redes de distribuição brasileiras.....	23
Figura 3 - Sistema de captação de água da chuva	27
Figura 4 - Sistema de captação de águas pluviais de fluxo total.....	29
Figura 5 - Sistema de captação de águas pluviais com derivação.....	29
Figura 6 - Sistema de captação de águas pluviais com volume de retenção.....	30
Figura 7 - Sistema de captação de águas pluviais com infiltração	31
Figura 8 - Área de captação.....	32
Figura 9 - Desenho esquemático do funcionamento das calhas	35
Figura 10 - Funcionamento do dispositivo autolimpante	36
Figura 11 - Funcionamento de um dispositivo de desvio do fluxo inicial	38
Figura 12 - Concentração de sólidos em função do descarte das primeiras chuvas.....	39
Figura 13 - Esquematização de um filtro de areia	40
Figura 14 - Comparação de parâmetros de qualidade da água captada na atmosfera e após entrar em contato com o telhado	45
Figura 15 - Localização do lava car.....	50
Figura 16 - Classificação climática de Pato Branco	53
Figura 17 - Dados de precipitação pluviométrica para a cidade de Pato Branco (1979-2016).....	54
Figura 18 - Esboço da planta do barracão e do lava car, e as possíveis áreas de captação.....	75
Figura 19 - Cisterna escolhida.....	79
Figura 20 - Local de instalação da cisterna	80
Figura 21 - Local de instalação da cisterna (planta).....	81
Figura 22 - Planta das calhas coletoras e dos condutores horizontais do box de lavagem.....	82
Figura 23 - Motobomba BCR-2000	85
Figura 24 - Smart Filtro Tecnotri.....	87

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Condutores de água do barracão.....	76
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção hídrica por região no mundo	19
Tabela 2 - Disponibilidade mundial de água doce por habitante	20
Tabela 3 - Sugestão de frequência de manutenção	28
Tabela 4 - Coeficiente de escoamento para telhados de acordo com o material	34
Tabela 5 - Coeficiente de escoamento médio para telhados de acordo com o autor	34
Tabela 6 - Tipo de tratamento da água pluvial em função da utilização	44
Tabela 7 - Pré-levantamento de dados do lava car	51
Tabela 8 - Número de carros lavados por mês, demanda mensal de água e média de consumo de água por carro	52
Tabela 9 - Capacidade de vazão de calhas semicirculares (L/min) em função da declividade	59
Tabela 10 - Diâmetro dos condutores verticais em função da área de cobertura (i=120 mm/h)	59
Tabela 11 - Diâmetro dos condutores horizontais em função da declividade (c=0,011)	60
Tabela 12 - Valores de cobrança por kWh de energia praticados pela Copel de acordo com a faixa de consumo	67
Tabela 13 - Valores de cobrança por m ³ de água praticados pela Sanepar de acordo com a faixa de consumo	69
Tabela 14 - Áreas de cobertura disponíveis	75
Tabela 15 - Simulação 1 – Área do box de lavagem apenas	77
Tabela 16 - Simulação 2 – Área do box + área do barracão	78
Tabela 17 - Simulação 3 – Área do box + área do barracão + área do escritório	78
Tabela 18- Diâmetro das calhas e condutores do box de lavagem	82
Tabela 19 - Diâmetro das tubulações de bombeamento	83
Tabela 20 - Perda de carga localizada no trecho de sucção	83
Tabela 21 - Perda de carga localizada no trecho de recalque	84
Tabela 22 - Comprimentos reais, equivalentes e virtuais	84
Tabela 23 - Perdas de carga distribuídas	84
Tabela 24 - Altura manométrica	85
Tabela 25 - Gastos mensais com água no lava car	87

Tabela 26 - Materiais necessários para instalação do sistema	88
Tabela 27 - Estimativa de custo dos materiais	89
Tabela 28 - Gastos mensais com energia elétrica para funcionamento da motobomba	90
Tabela 29 - Gastos mensais com cloração da água	90
Tabela 30 - Gastos mensais totais para operação do sistema.....	90
Tabela 31 - Comparativo dos gastos mensais de água e potencial de redução de custos.....	92
Tabela 32 - Investimento inicial, entradas e saídas de fluxo de caixa.....	93
Tabela 33 - Investimento inicial e geração de caixa.....	93
Tabela 34 - Fluxo de caixa em valores presentes	94

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Área de contribuição.....	55
Equação 2 – Volume da cisterna pelo Método Rippl.....	56
Equação 3 – Volume total de chuva que cai sobre o telhado.....	56
Equação 4 – Volume útil de chuva que cai sobre o telhado.....	57
Equação 5 – Vazão de projeto.....	58
Equação 6 – Vazão de recalque.....	61
Equação 7 – Diâmetro do tubo de recalque.....	61
Equação 8 – Altura manométrica.....	62
Equação 9 – Altura geométrica.....	62
Equação 10 – Comprimento virtual da tubulação.....	63
Equação 11 – Fórmula de Hazen-Williams (sucção).....	63
Equação 12 – Fórmula de Hazen-Williams (recalque).....	64
Equação 13 – Custo de material mais mão-de-obra.....	65
Equação 14 – Tempo de funcionamento da bomba.....	66
Equação 15 – Consumo de energia elétrica em kWh.....	66
Equação 16 – Consumo de energia elétrica em R\$.....	67
Equação 17 – Quantidade de cloro.....	68
Equação 18 – Custo mensal com cloração.....	68
Equação 19 – Custo mensal para funcionamento do sistema.....	68
Equação 20 – Valor presente líquido.....	71
Equação 21 – Taxa interna de retorno.....	73

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA – Agência Nacional de Águas
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
FAO – Food and Agriculture Organization
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FFGs – Folha de ferro galvanizada
GVAA – Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas
IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IRPAA – Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NBR – Norma Brasileira
ONU – Organização das Nações Unidas
P1MC – Programa Um Milhão de Cisternas
PL – Projeto de Lei
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
PURA – Programa de Uso Racional da Água
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SRHAU – Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
TIR – Taxa Interna de Retorno
TMA – Taxa Mínima de Atratividade
UNEP – United Nations Environment Programme
UN-HABITAT – The United Nations Human Settlement Programme
VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. objetivos	18
2.1. Objetivo geral.....	18
2.2. objetivos específicos.....	18
3. Referencial teórico	19
3.1. Disponibilidade e distribuição de água no Brasil e suas regiões	19
3.1.1. Disponibilidade de água em Pato Branco	20
3.2. O desperdício de água potável.....	22
3.3. Uso racional da água.....	24
3.4. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais.....	25
3.5. Componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais	32
3.5.1. Área de captação	32
3.5.2. Sistema de transporte (calhas e condutores).....	35
3.5.3. Dispositivos autolimpantes.....	36
3.5.4. Dispositivo de desvio do fluxo inicial de água	37
3.5.5. Filtros	39
3.5.6. Reservatórios de armazenamento	41
3.6. legislação ESTADUAL E MUNICIPAL SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	42
3.7. Qualidade da água pluvial	43
3.8. Aproveitamento da água pluvial em postos de lavagem.....	46
4. METODOLOGIA	49
4.1. Área de estudo	49
4.1.1. Caracterização da área de estudo	49

4.2. Área de contribuição.....	55
4.3. Dimensionamento do reservatório.....	55
4.3.1. Escolha do reservatório e local de instalação.....	57
4.4. Sistema de calhas e condutores.....	58
4.4.1. Dimensionamento das calhas para o box de lavagem.....	58
4.4.2. Dimensionamento dos condutores verticais para o box de lavagem....	59
4.4.3. Dimensionamento dos condutores horizontais para o box de lavagem	60
4.5. Sistema de bombeamento.....	60
4.5.1. Dimensionamento da bomba.....	60
4.5.2. Escolha da motobomba.....	64
4.6. Qualidade da água captada.....	64
4.7. Levantamento do gasto mensal com água.....	65
4.8. Análise Econômica.....	65
4.8.1. Custos de instalação do sistema.....	65
4.8.2. Custos de operação do sistema.....	66
4.8.3. Projeção dos novos gastos mensais com as tarifas de água após a instalação do sistema.....	69
4.8.4. Estimativa da economia nas tarifas de água geradas com a instalação do sistema.....	69
4.8.5. Fluxo de caixa.....	70
4.8.6. Valor Presente Líquido (VPL).....	70
4.8.7. Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	71
4.8.8. Taxa interna de retorno (TIR).....	72
4.8.9. Prazo de Retorno do Investimento.....	73
5. Resultado e Discussão.....	74
5.1. Considerações gerais.....	74
5.2. Área de contribuição.....	74

5.3.	Dimensionamento do reservatório	76
5.3.1.	Escolha do reservatório de água e local de instalação	79
5.4.	Sistema de calhas e condutores	81
5.4.1.	Dimensionamento das calhas e condutores para o box de lavagem ...	81
5.5.	Sistema de bombeamento	82
5.5.1.	Dimensionamento da motobomba.....	82
5.5.2.	Escolha da motobomba.....	85
5.6.	Qualidade da água captada.....	86
5.7.	Levantamento do gasto mensal com água	87
5.8.	Análise Econômica	88
5.8.1.	Custos de instalação do sistema.....	88
5.8.2.	Custos de operação do sistema	89
5.8.3.	Projeção dos novos gastos mensais com as tarifas de água após a instalação do sistema.....	91
5.8.4.	Estimativa da economia nas tarifas de água geradas com a instalação do sistema.....	91
5.8.5.	Valor Presente Líquido (VPL).....	92
5.8.6.	Taxa mínima de atratividade (TMA)	92
5.8.7.	Investimento inicial e geração de caixa.....	93
5.8.8.	Fluxo de caixa em valores presentes	94
5.8.9.	Taxa interna de retorno (TIR) e Prazo de retorno do investimento	94
6.	CONCLUSÃO	95
7.	REFERÊNCIAS.....	97
8.	ANEXOS	106

1. INTRODUÇÃO

Segundo Maddison (2005), a população mundial cresceu em 7 vezes entre 1800 e 2011, e a economia em 90 vezes. Além disso, Cavalcanti et al. (1994) argumenta que os recursos marítimos, os recursos florestais, a terra agriculturável e mesmo o ar puro e a água, estão se transformando em recursos não-renováveis, tendo em vista que os estoques estão reduzindo, podendo chegar ao esgotamento.

Com as projeções de crescimento populacional e com o aumento cada vez maior do consumo de água, as previsões são de escassez de água para os próximos anos. Segundo o relatório “Rumo a um futuro de segurança hídrica e alimentar”, divulgado pela FAO em 2015, a escassez de água afetará aproximadamente dois terços da população mundial em 2050 (FAO, 2015).

Tomando consciência do limite de recursos disponíveis no planeta, o ser humano passou a buscar formas mais sustentáveis de desenvolvimento. E estes conceitos se consolidaram de maneira bastante incisiva na área da construção civil em função da gama enorme de sistemas sustentáveis que podem ser implantados nesta área.

Dentre algumas das possíveis soluções para se contornar o problema da escassez de água, tem-se o aproveitamento de água das chuvas, no qual conta com um sistema de coleta e armazenamento de águas pluviais com finalidades não potáveis, a menos que essa água receba o devido tratamento.

Há relatos de armazenamento de água das chuvas pelos gregos e mesopotâmicos por volta de 3000 a.C. (TOMAZ, 2010). Como também tem-se a cisterna da Basílica, um dos maiores reservatórios de água do mundo em Istambul, na Turquia, construído durante o governo de César Justiniano no ano 532 (UN-HABITAT, 2005).

O funcionamento de um sistema de captação de água das chuvas não é algo complexo. A água da chuva é captada em uma superfície impermeável, geralmente o telhado da edificação, passa então por um filtro onde são removidos sólidos suspensos, como folhas ou pedaços de galhos. Por fim a água é armazenada em uma cisterna onde permanecerá até o momento de sua utilização. Um sistema redutor de velocidade impede que a entrada de água na cisterna agite seu conteúdo e suspenda partículas sólidas no fundo. A ideia é simples, porém eficaz.

Tendo em vista que a água proveniente do aproveitamento pluvial não atende aos requisitos mínimos de potabilidade, seu uso fica restrito para fins não potáveis. No entanto, pode ser usada para praticamente qualquer outra atividade que não exija um grau de pureza tão elevado, como o uso para descarga de vasos sanitários, jardinagem, e até mesmo para lavagem da casa, calçada e do carro. Assim sendo, um sistema de captação e utilização de águas pluviais pode ser implantado desde em residências, com instalações mais simples, até em indústrias e comércio com instalações maiores e mais complexas.

Em números gerais, 67,5% do total de água consumida no Brasil vai para a agropecuária, 9,2% para a indústria, e 23,3% para o abastecimento urbano (ANA, 2018). Apesar da maior parte da água ser consumida pela agropecuária, a indústria e comércio tem uma participação relevante no consumo de água. As indústrias, principalmente as que demandam um grande volume de água, já fazem a utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. No comércio e prestação de serviços em geral, o uso não é tão comum devido a menor demanda de água. Porém, se o estabelecimento tiver uma grande demanda mensal, o investimento em um sistema de aproveitamento de águas pluviais pode ser tornar viável.

Segundo um estudo realizado por Medeiros et al. (2015) e publicado pela revista GVAA (Grupo Verde de Agroecologia e Abelha) sobre o consumo de água em dois estabelecimentos de lavagem de veículos (lava cars), concluiu-se que é gasto em média de 150 a 175L de água para se lavar um carro. Levando em conta que eram lavados aproximadamente 60 veículos por dia, chega-se a um gasto de aproximadamente 10mil litros de água por dia, podendo esse valor subir dependendo da capacidade de atendimento do lava car em questão.

Neste contexto, considerando a grande demanda por serviços de lavagem de carros, o presente trabalho visa estudar a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluviais para um lava car na cidade de Pato Branco - PR.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica da implantação e utilização de um sistema de captação de água pluviais para uso na lavagem de carros em um lava car na cidade de Pato Branco – PR

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Projetar e dimensionar um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais;
- b) Fazer uma estimativa na redução do consumo de água potável e a economia gerada na fatura de água.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. DISPONIBILIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO BRASIL E SUAS REGIÕES

A água doce não está distribuída de forma homogênea pelo globo. A Ásia é o continente que concentra a maior parcela dos recursos hídricos do planeta, com 31,6% do total, enquanto a Austrália e Tasmânia detêm as menores parcelas (TOMAZ, 2010).

Os valores de produção hídrica por região do mundo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Produção hídrica por região no mundo

Regiões do mundo	Vazão média (m ³ /s)	Porcentagem %
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	11.448.000	100,0%

Fonte: Tomaz (2010)

Mais importante que a disponibilidade total de recursos hídricos de um país, é a disponibilidade de água por habitante. Sendo assim foi convencionado que países “muito pobres” ou com “escassez de água” seriam aqueles com índices menores que 500 m³/hab/ano, sendo essa a realidade hídrica de alguns países como Israel, Líbia, Arábia Saudita, Jordânia, entre outros. Já os países “ricos em água”, seriam os que possuem um índice superior a 10.000 m³/hab/ano, onde estão inclusos países como Austrália, Colômbia, Venezuela, Suécia, Argentina e inclusive o Brasil, entre outros (TOMAZ, 2001).

Tabela 2 - Disponibilidade mundial de água doce por habitante

Disponibilidade de água doce (m³/hab/ano)	Classificação
maior que 20.000	muito alto
de 10.000 a 20.000	alto
de 5.000 a 10.000	médio
de 2.000 a 5.000	baixo
de 1.000 a 2.000	muito baixo
até 1.000	extremamente baixo

Fonte: UNEP (2002)

No Brasil 68,5% dos recursos hídricos estão na região Norte, enquanto o Nordeste tem 3,3%, o Sudeste 6,0%, o Sul 6,5% e o Centro-Oeste 15,7%. O interessante é que apesar de a região Norte possuir 68,5% da nossa água doce, possui somente 6,83% da população, enquanto que o Nordeste, tem 28,94%, a região Sudeste 42,73%, o Sul 15,07% e o Centro-Oeste 6,43% (TOMAZ, 2001).

Setti et al. (2001) chama atenção para a má distribuição de água doce no Brasil ao afirmar que aproximadamente 70% da água doce disponível está na bacia amazônica, onde se concentra menos de 5% da população brasileira.

3.1.1. Disponibilidade de água em Pato Branco

Pato Branco é um município brasileiro localizado no sudoeste do Paraná. Com uma população de 72.370 no último censo de 2010 e uma estimativa de 82.881 habitantes em 2019 (IBGE, 2019). A cidade se localiza na latitude -26.2295, ou 26° 22' 95" Sul e na longitude -52.6716 ou 52° 67' 16 Oeste.

A bacia do rio Pato Branco fica localizada no Terceiro Planalto Paranaense, com uma área de contribuição de 130,43 km², sendo essa área considerada como de manancial de abastecimento público da cidade de Pato Branco (MACHADO, 2006). Sua nascente fica no Gramado São Joaquim em Mariópolis, e é neste rio que é feita a captação de água pela Sanepar, empresa responsável pela captação e distribuição de água na cidade (PATO BRANCO, 2019).

A figura 1 apresenta a bacia hidrográfica do Rio Pato Branco:

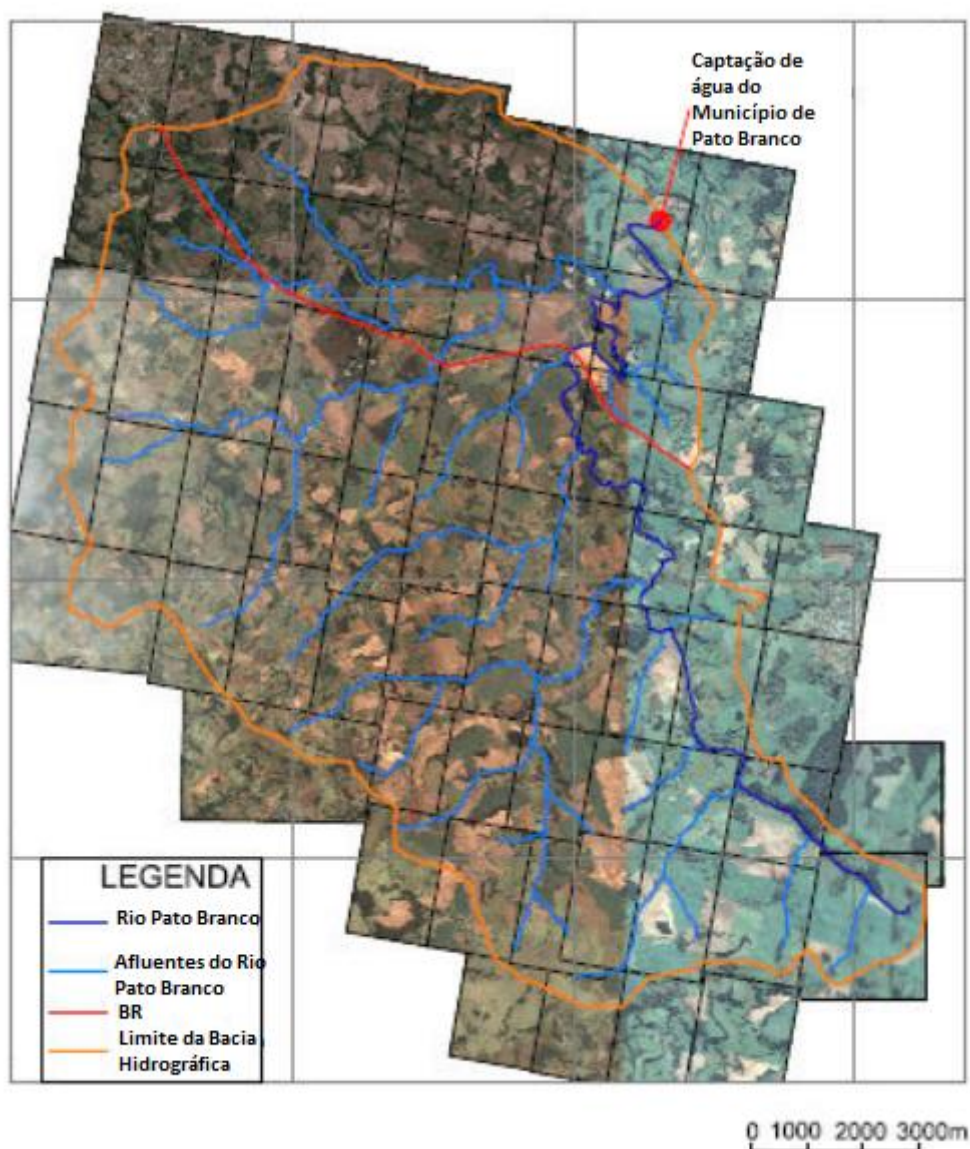


Figura 1 - Bacia do Rio Pato Branco

Fonte: Chioqueta (2011)

Apesar de estar localizada na região sul do Brasil, onde teoricamente se tem abundância de água, Pato Branco também tem sofrido com a falta de água.

A população vinha sofrendo constantemente com a falta de água, pois a estrutura do abastecimento de água era insuficiente para atender a demanda da cidade. Nos últimos anos a companhia de saneamento local havia adotado o sistema de rodízio de distribuição de água nos meses de maior consumo para contornar o problema. Em 2019 através de investimentos da companhia, aumentando a produção de 120 L/s para 260 L/s (SANEPAR, 2019).

Segundo o gerente geral da Sanepar na região oeste, em entrevista geral a imprensa em março de 2018, Pato Branco consumia mais de 16 milhões de litros de água por dia. Até 2030, o consumo estimado foi de 24 milhões de litros por dia. Com as novas instalações, o problema de falta de água foi parcialmente resolvido, porém acredita-se que o novo sistema conseguirá atender a demanda pelos próximos 10 anos (CÂMARA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2018).

3.2. O DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL

Por muito tempo a água foi tratada como um recurso infinito, mas por mais abundante que pareça, a quantidade é insuficiente para atender a uma demanda que nunca para de crescer, principalmente quando se considera o atual cenário de poluição, degradação e desperdício (GARCIA et al.,2010).

Essa ideia de abundância veio estimulando nos últimos anos a cultura do desperdício de água, a falta de realização de investimentos necessários à otimização do seu uso e a sua valorização como um bem dotado de valor econômico (SETTI et al., 2001).

Segundo o relatório mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2015, as perturbações nos ecossistemas em função da acelerada urbanização dos últimos anos, práticas agrícolas inadequadas, desmatamento e poluição dos corpos hídricos, estão entre os principais fatores que ameaçam a capacidade do meio ambiente de fornecer água em quantidade suficiente para sustentar a vida no planeta (ONU, 2015).

Mesmo os países que possuem este recurso de forma abundante, como o Brasil, não estão livres de um déficit hídrico. No caso do Brasil, apesar de possuir uma grande disponibilidade de água per capita, ela não se encontra distribuída de forma homogênea ao longo do território, ocasionando um desequilíbrio entre oferta e demanda (BRASIL, 2004).

Outro problema diz respeito a falta de conscientização da população quanto ao desperdício de água. Muita água é perdida nas residências mais antigas em função de equipamentos hidráulicos velhos que gastam muito mais água em relação aos novos, como por exemplo os vasos sanitários mais antigos que chegam a gastar até

32 L de água, enquanto os vasos modernos gastam em torno de 6,8 L. (SANTOS F.M. et al., 2017).

Ademais, segundo Sobrinho e Borja (2016), as perdas ocorrem desde a captação da água, até a distribuição. Essas perdas se dão geralmente em função da operação e manutenção deficientes, e também por causa da inadequada gestão das companhias de saneamento.

Segundo dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) de 2019, o Brasil apresentou um índice de perda de 38,3% em 2017. Em 2004 esse valor era de 45,6%. Embora haja uma evolução, os índices de perdas nacionais estão muito abaixo dos índices em países desenvolvidos, que giram em torno de 10 a 15%. Além disso, desde 2012, os índices de perdas se mantiveram relativamente estáveis, tendo piorado nos anos de 2016 e 2017, conforme pode ser observado na figura 2:

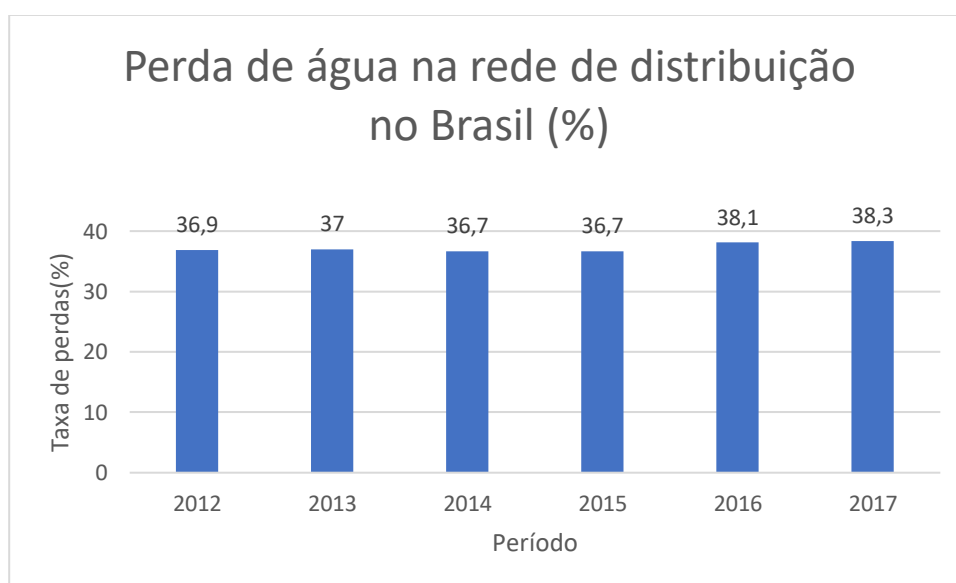


Figura 2 - Perdas de água nas redes de distribuição brasileiras

Fonte: SNIS (2019)

Um estudo de caso com a SANEPAR em 2011, sobre as taxas de perdas na rede de distribuição, constatou que é a operadora brasileira mais eficiente, com perdas de 21,2%, muito próximo da meta nacional, que é de 20% (PIECHNICKI et al., 2011). Apesar de Pato Branco estar sob a administração de uma concessionária com bons índices em relação ao restante do país, o Brasil no geral precisa melhorar muito ainda nessa questão de perdas nas redes de abastecimento.

3.3. USO RACIONAL DA ÁGUA

A partir da década de 70 começaram as primeiras discussões sobre a preservação do meio ambiente, e a água passou a constar como um dos temas mais importantes da agenda internacional. A Conferência das Nações Unidas para a Água (1977), a Década Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento (1981-1990), a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente (1992) e a Cúpula da Terra (1992) foram todas voltadas para este recurso vital.

A importância que se dá hoje para o manejo racional da água, é em função de anos de descaso das gerações anteriores sobre este insumo. O uso indiscriminado, tratando-a como uma substância infinita, geraram sérios problemas ecológicos e sociais (SALERMO et al., 2003 apud NUNES, 2006).

A Agência Nacional Das Águas destaca que uso racional da água não significa ficar sem ela, mas sim usá-la sem desperdício. Considerá-la uma prioridade social e ambiental, para que a água potável esteja disponível para todos (ANA, 2019). O conceito do uso racional para a conservação da água deve estar relacionado à gestão, não apenas da demanda, como também da oferta de água, de modo que água com menor qualidade possa ser usada em atividades menos nobres (OLIVEIRA et al., 2007).

Silva (2004) salienta que o uso racional pode ser entendido como medidas que englobam a minimização dos desperdícios (por perda ou uso excessivo) e a maximização da eficiência do uso, ou seja, reduzir a quantidade de água usada, mas sem comprometer a qualidade, a qual pode ser obtida ou pela característica dos equipamentos ou pelo nível de conscientização da população. O uso racional da água pode ainda ser estimulado através da esfera econômica, onde o usuário é induzido a reduzir o consumo através do aumento das tarifas.

Gonçalves (2003) apud Silva (2004) traz uma definição um pouco diferente, definindo o uso racional de água como sendo a “Otimização em busca do menor consumo de água possível mantidas, em qualidade e quantidade, as atividades consumidoras”. Cita ainda que os indicadores de consumo e de demanda de água, a redução de perdas, os sistemas e equipamentos economizadores e a otimização dos sistemas hidráulicos são à frente de trabalho para pesquisas neste assunto.

No Brasil, tem programas como o PURA (Programa de Uso Racional da Água), da Sabesp, criado em 1996 e que continua em operação até hoje, os quais objetivam incentivar o uso racional de água com ações tecnológicas e mudanças culturais. As soluções para diminuir o consumo de água são baseadas em diversas ações, como: detecção e reparo de vazamentos, troca de equipamentos convencionais por outros mais modernos e econômicos, estudos para reaproveitamento de água e palestras educativas (BRASIL, 2015).

Deve-se salientar que a idade de sustentabilidade não está definida pelo conceito de consumir mais ou menos, mas sim em provocar nos consumidores a consciência do que suas escolhas acarretam, motivando-os a adotarem hábitos de consumo menos lesivos (PEIXOTO; PEREIRA, 2013). Conforme lembra Rebouças (2004), independentemente da escassez ou abundância de água nas diferentes regiões, ela deve ser utilizada com moderação, e sempre se avaliar a possibilidade de obtê-la de fontes alternativas.

3.4. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

De acordo com Ayub et al. (2005), uma das contribuições à sustentabilidade ambiental das edificações é o aproveitamento de águas pluviais, apresentando vantagens coletivas e individuais tais como: contribuição para o amortecimento das enchentes urbanas devido à redução das vazões de pico e a diminuição do consumo de água potável do sistema público, que resulta em uma redução nas tarifas de água do usuário final pela substituição de parte da água potável pelas de águas pluviais.

Righetto et al. (2009) também chama atenção para a possibilidade de aproveitamento das águas pluviais ao afirmar que os deflúvios decorrentes das chuvas podem se apresentar como fontes alternativas de água para as necessidades humanas, desde que possam ser direcionadas a reservatórios, e a depender de sua serventia, recebam o devido tratamento.

A classificação dos sistemas de captação depende de fatores como o tamanho e a natureza das áreas de captação, e se estão em ambientes urbanos ou rurais. Os modelos mais complexos geralmente necessitam uma área de captação

maior, a qual contribui para levar a água para o reservatório, e posteriormente para alguma estação de tratamento (UNEP, 2002).

Waterfall (2002) destaca que nos sistemas de captação mais simples, geralmente os próprios proprietários constroem seus sistemas, sem necessidade de grandes investimentos. Já em estruturas mais complexas, geralmente destinado para empresas, edificações de grande porte ou com fins comerciais, há a necessidade de um projeto mais elaborado e um investimento financeiro maior, com reservatórios de água de maior capacidade e com a necessidade de uma assistência técnica profissional para manutenção; esses últimos, na maioria das vezes com um tempo de retorno maior para o investimento.

Segundo a UNEP (2002), um sistema de aproveitamento de água da chuva, independente se simples ou complexo, consiste de três elementos básicos: o sistema de coleta, o sistema de transporte e o sistema de armazenamento.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) traz as diretrizes que devem ser seguidas para a construção das unidades separadoras de sólidos, sistema de moto-bombeamento, sistemas de tratamento, sistemas de desinfecção da água; de acordo com as necessidades do usuário.

Como define Fernandes, Medeiros Neto e Mattos (2007), a técnica para captar a água da chuva consiste basicamente em direcionar a água que cai nos telhados para um reservatório de armazenamento através de condutores horizontais e verticais. Sendo que o potencial de volume captado dependerá da área do telhado, precipitação local e do coeficiente de runoff.

A figura 3 mostra um esquema de funcionamento de um sistema de captação de água das chuvas:

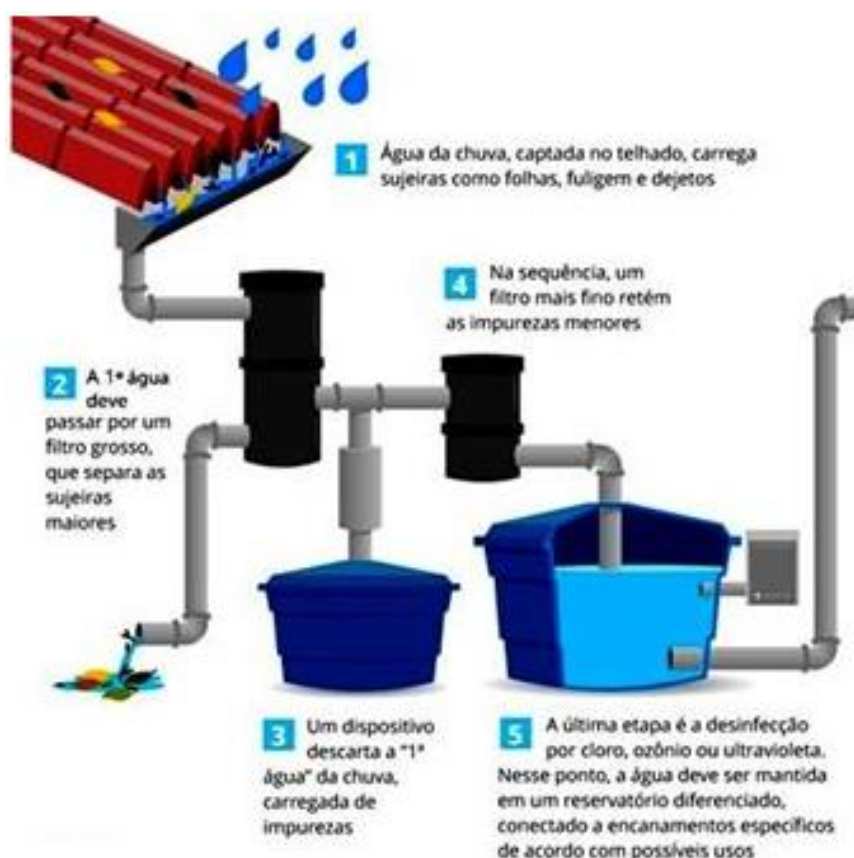


Figura 3 - Sistema de captação de água da chuva

Fonte: DiariopopularMG.com (2016)

Tomaz (2010) considera que os fatores mais importantes para o bom funcionamento do sistema são analisar se a precipitação local e o tamanho da área de captação serão capazes de atender a demanda que o empreendimento necessita.

Segundo Tomaz (2010) ainda, os sistemas para captação de águas pluviais apresentam, usualmente, os seguintes componentes:

- a) Área de captação: Geralmente ocorre nos telhados ou coberturas das edificações. Podem ser de material cerâmico, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, plástico etc.
- b) Calhas e condutores: São os componentes que vão conduzir a água até o reservatório. Geralmente de PVC ou metálicas.
- c) By Pass: Destinado ao descarte dos primeiros volumes de chuva.
- d) Peneira/Filtro: Dispositivos com a função de remover materiais em suspensão que possam obstruir o sistema. Geralmente se utilizam peneiras de 6 mm a 13 mm.

- e) Reservatório: Componente responsável pelo armazenamento da água coletada. Geralmente são fabricados em concreto, alvenaria ou polietileno. Podem ser apoiados, enterrados ou elevados.
- f) Extravasador: O reservatório deve possuir extravasador para eliminar a água excedente após o reservatório ficar cheio. Deve possuir dispositivo para evitar entrada de pequenos animais.

Após a instalação do sistema, é importante fazer a manutenção para o bom funcionamento do mesmo e para manter a qualidade da água armazenada. Tomaz (2007) recomenda a seguinte periodicidade de manutenção para cada parte do sistema, conforme mostra a tabela 3:

Tabela 3 - Sugestão de frequência de manutenção

Componentes	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte do escoamento inicial automático	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 ou 3 vezes por ano
Desinfecção com derivado clorado	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Tomaz (2007)

Herrmann e Schmida (1999) classificam os sistemas de aproveitamento de águas pluviais em quatro tipos, conforme as características hidráulicas dos fluxos e de seus destinos:

- a) Sistema de fluxo total: toda a água coletada passa por um filtro ou tela, para posteriormente ser conduzida a um reservatório de armazenamento. Nesse sistema, a água será extravasada apenas quando atingir o limite superior do reservatório, indo então para o sistema público de drenagem.

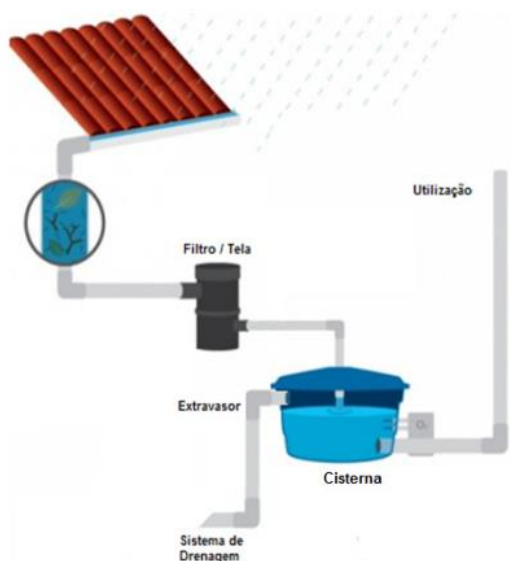


Figura 4 - Sistema de captação de águas pluviais de fluxo total

Fonte: Herrmann e Schmida (1999)

b) Sistema de derivação ou Sistema auto-limpante: Apresentam uma derivação instalado no tubo vertical após a calha ou na tubulação subterrânea de drenagem, com o objetivo de fazer o descarte do fluxo inicial, eliminando os detritos e sedimentos arrastados da área de captação. A parcela descartada é destinada ao sistema público de drenagem. Quanto ao restante do processo, é igual ao sistema de fluxo total.

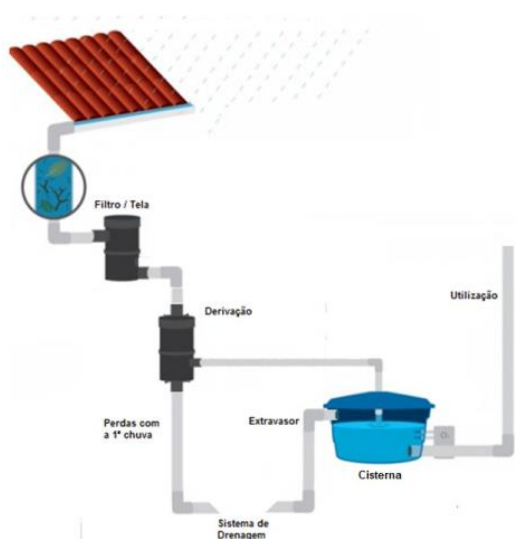


Figura 5 - Sistema de captação de águas pluviais com derivação

Fonte: Herrmann e Schmida (1999)

- c) Sistema com volume de retenção: Nesse sistema é construído um reservatório com um volume adicional, para que seja retida parte da chuva, onde ela ficará armazenada temporariamente. Esse sistema possui uma válvula que controla a saída de água, fazendo com que seja liberada de forma gradativa para o sistema público de drenagem, amortecendo assim os picos de vazão na rede, minimizando os riscos de enchentes. Esse sistema foi concebido pensando não só no proprietário do sistema, mas também nos demais vizinhos e moradores da cidade.

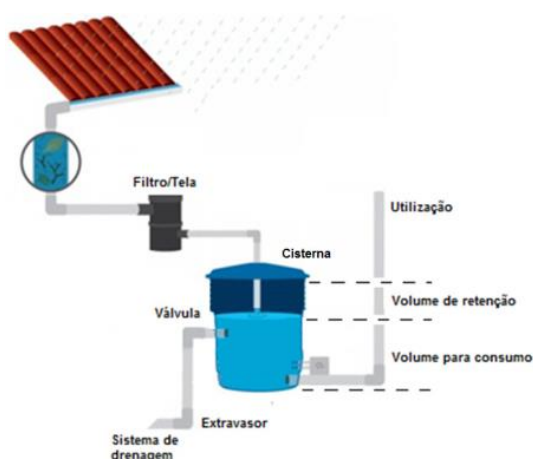


Figura 6 - Sistema de captação de águas pluviais com volume de retenção

Fonte: Herrmann e Schmida (1999)

- d) Sistema com infiltração: Depois da água passar pelo processo de filtragem, ela é direcionada a uma cisterna, onde o volume excedente é conduzido para um dispositivo de infiltração de água no solo, funcionando como uma alternativa para o lançamento do excesso na rede pública. Este é o sistema mais adequado, pois independe do sistema público de drenagem, e contribui para o reabastecimento do balanço hídrico natural.

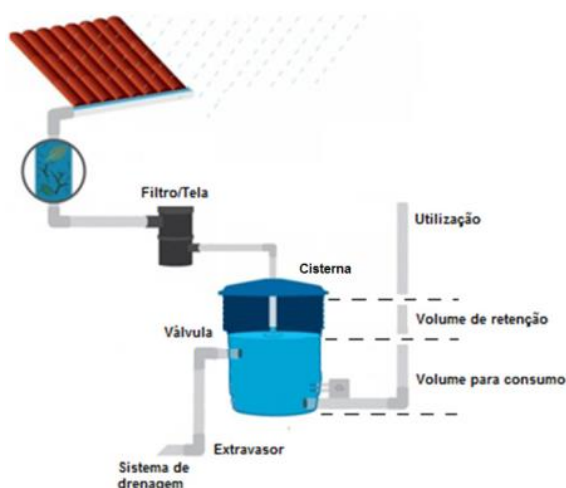


Figura 7 - Sistema de captação de águas pluviais com infiltração

Fonte: Herrmann e Schmida (1999)

A NBR 15.527 (2007) traz as diretrizes básicas para o desenvolvimento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em coberturas de áreas urbanas, para fins não potáveis. Além da NBR 15.527 (2007), o Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações formulado pela ANA (Agência Nacional das Águas) em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, apresenta uma metodologia básica para o desenvolvimento de projetos de coleta, tratamento e uso de águas pluviais (SAUTCHUK, 2005). Segue as etapas propostas pelo manual:

- a) Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- b) determinação da área de coleta;
- c) determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- d) caracterização da qualidade da água pluvial,
- e) projeto do reservatório de descarte;
- f) projeto do reservatório de armazenamento;
- g) identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- h) estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- i) projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.)

Como destaca Zanella (2015), o aproveitamento de águas pluviais pode ser considerada como uma técnica simples, barata e de fácil execução, a qual permite as pessoas obterem água de boa qualidade.

Ayub et al. (2005) afirma que o aproveitamento de águas pluviais normalmente é feito baseando-se em técnicas empíricas de coleta e armazenamento, sem rigor científico. Porém, vários pesquisadores vêm estudando soluções tecnológicas para aperfeiçoar os sistemas de captação, armazenamento e distribuição da água da chuva para a utilização humana, de modo a tornar esses sistemas mais eficientes.

Então apesar da simplicidade da técnica, existe todo um estudo e pesquisa por trás para ir aperfeiçoando-a e tornando-a mais eficiente para que assim possa fornecer água segura e de boa qualidade para a população com um baixo custo.

3.5. COMPONENTES DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

3.5.1. Área de captação

É a área, em metros quadrados, projetada horizontalmente na superfície impermeável da cobertura onde a água é captada (NBR 15527, 2007). As áreas mais comuns usadas para captação são os telhados e lajes de cobertura, mas podendo ser usado também áreas de superfícies de pisos em geral, como pátios, calçadas e estacionamentos; desde que sejam impermeáveis e recebam o devido tratamento de acordo com a finalidade que essa água será empregada (MAY, 2005).

A figura 8 permite visualizar melhor a diferença entre a área de projeção e a área de captação efetiva:



Figura 8 - Área de captação

Fonte: Waterfall (2002)

No caso dos telhados, o tipo e a condição do material irão afetar a qualidade da água. Geralmente os telhados são constituídos de ferro galvanizado (FFGs), telhas cerâmicas de barro ou folhas de amianto. Podem ser encontrados também folhas de plástico corrugado. As FFGs são ideais para serem usados nas áreas de captação porque possuem a vantagem de esquentar bastante no sol, e acabam por esterilizar o material, evitando assim a contaminação da água por micróbios (GNADLINGER et al., 2015).

Deve se evitar também telhados recobertos com tintas, pois essas acabam oxidando através do intemperismo, e nesse processo de degradação, a tinta pode ser arrastada para dentro da cisterna. Dependendo do tipo de tinta, não apresentará problemas. Ela irá decantar no fundo da cisterna e pode ser removida na limpeza. Porém tintas com chumbo podem ser tóxicas e devem ser evitadas. A limpeza periódica do telhado ajuda a reduzir a sujeira da água captada (GNADLINGER et al., 2015).

A Portaria nº 443/BSB de 03 outubro de 1978, do Ministério da Saúde, exige que os materiais em contato direto com as águas devam ser resistentes a corrosão, não apresentar toxicidade, e também não permitir o crescimento de organismos que afetem a qualidade da água ou representem algum risco para a saúde (BRASIL, 1978). Quando a utilização da água implica em contato direto e prolongado com os usuários, deve-se evitar telhados de amianto, chumbo, cromo, zinco, ou outros que possam causar efeitos nocivos à saúde. O amianto é o agente ocupacional mais estudado, pois está relacionado ao maior número de mortes e causas de doença no mundo todo, porém existe uma série de outros elementos relacionados aos riscos de trabalho, como: mercúrio, chumbo e sílica (BRASIL, 2010).

Além da influência na qualidade da água, o tipo de material também influencia na parcela de perda volumétrica da água captada. Materiais porosos como fibro-cimento, concreto e cerâmica apresentam as maiores perdas, enquanto as telhas metálicas são as mais eficientes (DORNELLES, 2012).

Gnadlinger (2015) também afirma que as folhas de ferro galvanizado são a melhor opção, desde que o material não esteja enferrujado, enquanto as de cerâmica e amianto tem menores coeficientes de escoamento. Além do tipo de material, a taxa de escoamento vai depender também da intensidade das chuvas. Em chuvas de

menor intensidade, a evaporação será mais intensa, enquanto que em chuvas de maior intensidade, a evaporação não afetará muito.

Essas perdas que ocorrem em função do tipo de material que é feito a superfície estão relacionadas com o grau de saturação do material e sua evaporação, e são representadas por um coeficiente de escoamento (c), ou coeficiente de runoff, porém é difícil mensurar com precisão essa parcela perdida (TUCCI, 1993).

O Coeficiente de runoff é definido como sendo a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Este coeficiente pode ser referente a uma chuva isolada ou a um intervalo de tempo abrangendo várias chuvas (CARVALHO; SILVA L.D.B., 2006).

A tabela 4 mostra faixas de valores para o coeficiente de runoff (c) em função do material do telhado:

Tabela 4 - Coeficiente de escoamento para telhados de acordo com o material

Material do telhado	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	entre 0,80 e 0,90
Telhas esmaltadas	entre 0,90 e 0,95
Telhas corrugadas de metal	entre 0,80 e 0,90
Cimento amianto	entre 0,80 e 0,90
Plástico, pvc	entre 0,90 e 0,95

Fonte: Tomaz (2007)

Como o coeficiente não muda muito em função do material, alguns autores adotaram um valor médio para o coeficiente de runoff em telhados, conforme mostra a tabela 5:

Tabela 5 - Coeficiente de escoamento médio para telhados de acordo com o autor

Autores	Coeficiente de escoamento (c)
Urbonas e Stahre, 1993	entre 0,85 e 0,95
Hari, 2005	entre 0,75 e 0,90
Tomaz, 2004	0,8
Waterfall, 1998	entre 0,90 e 0,95

Fonte: Dornelles (2012)

3.5.2. Sistema de transporte (calhas e condutores)

Os sistemas de transporte são necessários para transportar a água da chuva coletada nas superfícies de captação (superfícies impermeabilizadas, telhados) para os tanques de armazenamento. O processo é feito através da conexão de múltiplos tubos conectados aos dispositivos de coleta (calhas). Os tubos usados para transportar a água da chuva, sempre que possível, devem ser feitos de plástico, PVC ou outra substância que seja resistente ao baixo pH da chuva (UNEP, 2002). De acordo com a NBR 10844 (1989) a declividade mínima das calhas e tubulações deve ser de 0,5%.

A figura 9 traz uma representação esquemática de como a água pluvial é captada pelas calhas das coberturas:

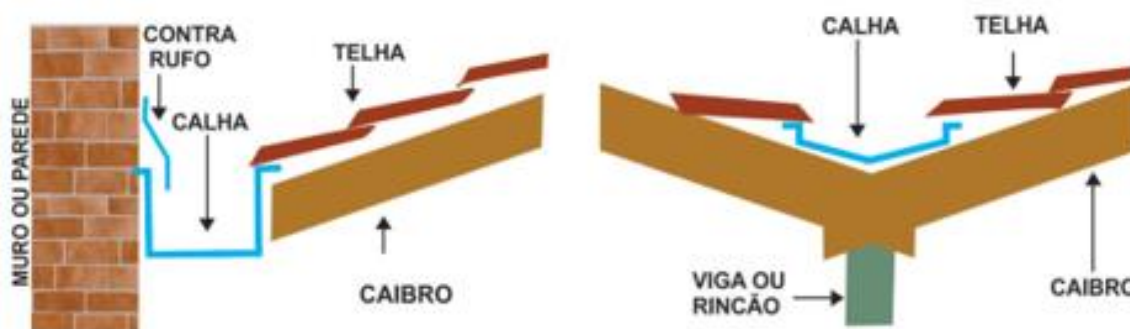


Figura 9 - Desenho esquemático do funcionamento das calhas

Fonte: AndreCalhas.com (2019)

Tomaz (2010) comenta que o primeiro passo para o aproveitamento de água pluvial consiste em desenvolver coletores de água nas coberturas, que devem ser dimensionados em função dos valores de precipitação da região. Esses coletores devem ter um sistema que separe o primeiro fluxo de água da que será coletada, devido a presença de agentes contaminantes no fluxo inicial.

Ainda segundo Tomaz (2007), O dimensionamento das calhas é feito em função da vazão de pico para determinado período de retorno escolhido. Sendo que para o cálculo do reservatório são utilizadas outras variáveis para o dimensionamento.

As calhas e os condutores devem ser periodicamente inspecionados e fazer limpezas regulares para evitar contaminação. Um bom momento para

inspecionar as calhas e condutores é enquanto chove, de modo que vazamentos podem ser facilmente detectados (UNEP, 2002).

3.5.3. Dispositivos autolimpantes

A retenção dos sólidos grosseiros também pode ocorrer numa segunda etapa, através de um dispositivo de descarte de sólidos, conhecido como filtro autolimpante, que pode ser tanto comprado no mercado ou confeccionado pelo usuário. Seu objetivo é o mesmo das telas protetoras das calhas e seu dimensionamento deve ser feito em função da área de filtração. Esses filtros não têm um preço tão acessível, mas é possível confeccioná-los com materiais encontrados no mercado a um baixo custo. Na internet é possível encontrar vários vídeos ensinando como construir (SANTOS L.S., 2016).

O princípio de funcionamento é simples. Ao chegar no dispositivo, a água é forçada a descer nas cascatas, onde ocorre a limpeza preliminar. Em função do design do produto, faz com que a sujeira mais grossa (folhas, etc.) desça pela cascata e vá direto para a galeria pluvial. A água da chuva, livre já das impurezas maiores, passa então por uma malha fina abaixo da cascata, onde irá filtrar sólidos um pouco menores, indo então a água limpa para a cisterna. Através desse sistema de cascata mais filtragem, faz com que os intervalos de limpeza do produto sejam maiores (AQUESOL, s.d). A figura 10 ilustra o funcionamento do dispositivo:



Figura 10 - Funcionamento do dispositivo autolimpante

Fonte: Santos L.S. (2016)

Existem várias opções possíveis para se fazer a coleta seletiva de água limpa para os tanques de armazenamento. Um outro método bastante comum é um sistema que usa um balde basculante que impede a entrada de detritos, arrastados das calhas e da área de captação, na cisterna (UNEP, 2002).

3.5.4. Dispositivo de desvio do fluxo inicial de água

No momento em que ocorre a precipitação, a água da chuva acaba arrastando partículas que estão suspensas na troposfera, que acabam contaminando a água. Poeira, fuligem, resíduos animais e vegetais que se acumulam nas áreas de captação também acabam comprometendo a qualidade da água. As contaminações mais intensas ocorrem nos primeiros milímetros de chuva e após longos períodos de seca. Portanto, é interessante que a água do primeiro escoamento seja descartada (ARAÚJO, 2017). A água relativamente limpa estará disponível apenas alguns minutos depois do início da precipitação. A primeira parte de cada chuva deve ser desviada do tanque de armazenamento (UNEP, 2002).

A NBR 15527 (2007) classifica o escoamento inicial como sendo a água proveniente da área de captação suficiente para carregar poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos.

Caso a utilização da água não exija um grau de pureza tão elevado e se a captação da água ocorrer em condições favoráveis, como ambientes com baixo grau de poluição e ausência de vegetação e animais, é possível que apenas o descarte do primeiro fluxo de água e o descarte de sólidos grosseiros sejam suficientes para atingir a qualidade desejada (ALVES; ZANELLA; SANTOS, 2008). Já Tomaz (2007) diz que dependendo do uso que será destinado às águas de chuvas, pode ser dispensado o descarte do primeiro fluxo, a critério do projetista.

O sistema de descarte de volume inicial da precipitação, retém o volume inicial da precipitação em um reservatório de descarte, impedindo esse fluxo inicial de ir para a cisterna. Existem tanto dispositivos manuais como automáticos. O ideal é que se instale um dispositivo automático de desvio das primeiras águas para realizar essa função (ARAÚJO, 2017).

Existem várias maneiras de se fazer o desvio das primeiras águas. Um deles é através do sistema de bola flutuante, onde ao iniciar a chuva, os primeiros

milímetros irão preencher um certo volume reservado para o descarte, e então após preenchido esse volume, uma bola flutuante irá vedar a passagem da água para esse reservatório de descarte, e então a água passará a ser direcionada para a cisterna de armazenamento (ANNECCHINI, 2005).

A figura 11 demonstra o funcionamento de um dispositivo de desvio de fluxo inicial:

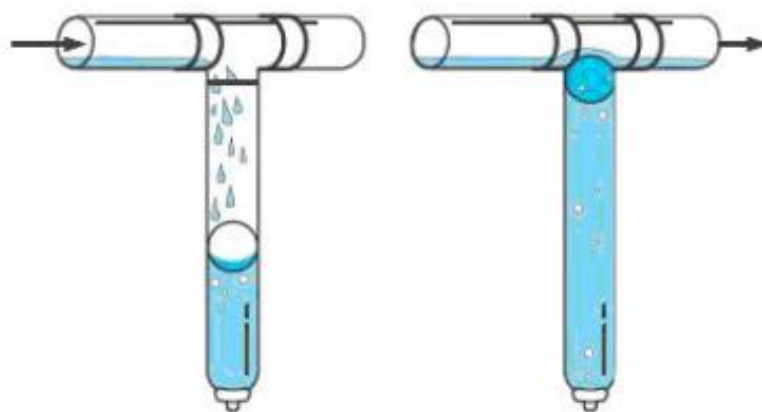


Figura 11 - Funcionamento de um dispositivo de desvio do fluxo inicial

Fonte: RainHarvest (s.d.)

O desvio das primeiras águas pode reduzir de forma considerável a entrada de carga contaminante. Como regra geral, para cada mm de desvio das primeiras águas, a carga contaminada é reduzida pela metade (THOMAS; MARTINSON, 2007 apud GNADLINGER et al., 2015). Partindo desse pressuposto, para cada 50 m² de telhado, seria necessário desviar aproximadamente entre 100L a 150L, para alcançar uma turbidez de entrada de 20 NTU, considerando a captação após alguns dias sem chuva (GNADLINGER et al., 2015). Já Tomaz (2007) afirma que o desvio de fluxo inicial varia de 0,4 L/m² a 8 L/m² de telhado conforme o local. Na falta de maiores dados locais, recomenda-se adotar 2 L/m² de desvio, o que no exemplo anterior daria 100L.

De acordo com um estudo realizado por Anecchini (2005) em Vitória - ES, eliminando os primeiros milímetros de chuva, é possível observar uma grande redução na concentração dos sólidos ST, SDT e SST na água, conforme pode ser observado na figura 12:

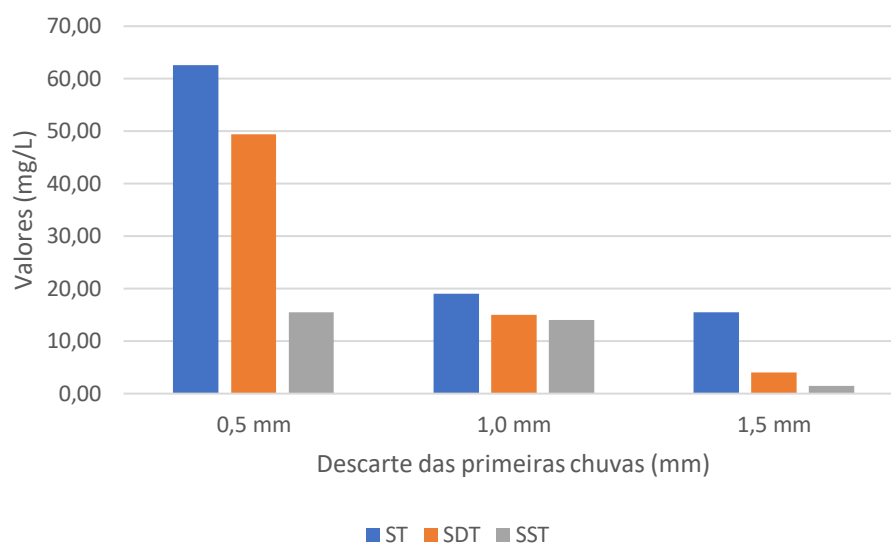


Figura 12 - Concentração de sólidos em função do descarte das primeiras chuvas

Fonte: Anecchini (2005)

De acordo com esse estudo ainda, fazendo-se um tratamento simples, como remoção de folhas e eliminando o 1º milímetro de água da chuva, ela já apresenta uma qualidade compatível com várias atividades não potáveis, inclusive a lavagem de veículos (ANNECCHINI, 2005).

3.5.5. Filtros

Após o barramento dos sólidos mais grosseiros e do descarte do fluxo inicial, ainda permanecem algumas substâncias menores, e dependendo do uso que será dado a essa água, faz-se necessário a utilização de métodos para eliminar essas substâncias. Para usos não potáveis, um método muito usado e bastante eficiente, são os filtros de areia (GONÇALVES et al., 2006).

Os filtros de areia consistem em fazer a água passar por um meio com materiais de diferentes granulometrias com a finalidade de reter nesses materiais seus resíduos sólidos. Esses filtros geralmente são compostos de brita, areia, pedregulho, manta geotêxtil e uma caixa de água que serve como base do filtro, e não necessitam de mão-de-obra especializada para seu manejo (RUOSO JUNIOR; KEMERICH; RIGHES, 2010).

A figura 13 traz a representação de um filtro de areia com suas várias camadas de material britado:

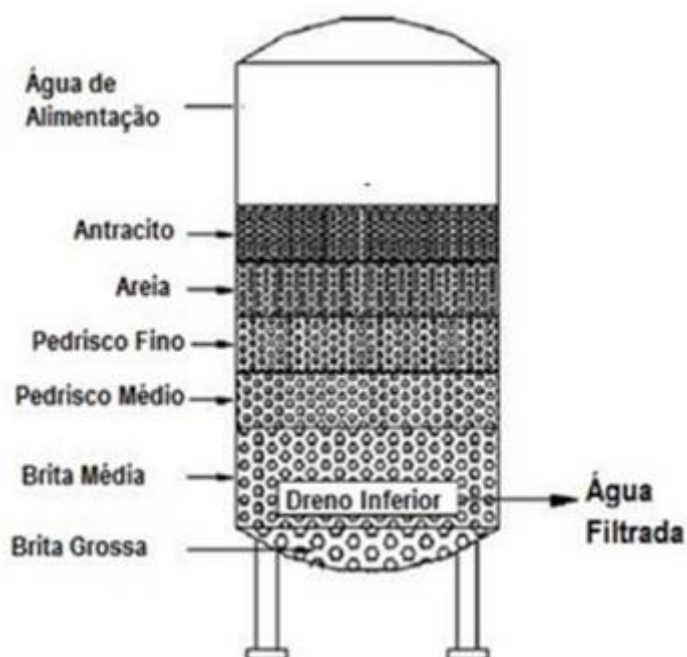


Figura 13 - Esquematização de um filtro de areia

Fonte: Bancadapronta.com (2019)

Dasberg e Bressler (1986) destacam que filtros de areia são bastante efetivos na retenção de materiais sólidos em suspensão, como algas, materiais orgânicos em geral, areias finas e partículas de silte. De acordo com Vermerein e Jobling (1984), esses filtros podem remover grandes quantidades de sólidos suspensos de até 20 μm , sendo recomendados para o tratamento de águas residuárias que possuam materiais orgânicos em suspensão.

Os filtros de areia possuem uma taxa de infiltração variando de $3\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ a $6\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ para camadas de 0,6 m a 0,9 m e granulometria variando de 0,104 mm a 1,00 mm. Essa variação está relacionada a quantidade de resíduos sólidos presentes na água (CISAM, 2006). Vermerein e Jobling (1984) recomendam uma altura de no máximo 1,0m da camada filtrante, pois para valores além disso, pode ocorrer a formação de espaços com agregados de maior tamanho, reduzindo a eficiência do filtro. Já Cabelo (1996) afirma ter um valor crítico para a espessura do meio filtrante, a partir do qual a qualidade da água filtrada não apresenta melhoras, sendo recomendado de 0,4 m a 0,6 m. Além do mais, camadas muito espessas, podem dificultar a retro lavagem do filtro.

Ainda de acordo com Cabelo (1996), o projeto de um filtro é feito em função da superfície filtrante ou diâmetro do filtro, tipo de areia ou meio poroso e espessura da camada.

Os filtros de areia contribuem também para remoção de cor e turbidez da água. Porém mesmo após passar pelo filtro, a água continua com a presença de microrganismos, sendo necessário um processo de desinfecção para remoção desses microrganismos, os quais são oriundos das áreas de captação ou dos próprios reservatórios (SANTOS D.C., 2002).

3.5.6. Reservatórios de armazenamento

Após a água passar pelos sistemas de transporte e filtragem, a água que não foi desviada pelo sistema de descarte, vai ser direcionada para o reservatório de armazenamento. Sendo assim, o reservatório tem por função reter e armazenar a água captada (SACADURA, 2011).

De acordo com Gnadlinger (2015), há uma variedade muito grande de formas e materiais que podem ser empregados na construção dos reservatórios. Após várias experiências obtidas ao longo dos anos através do uso dos mais variados tipos de materiais, como tijolos, pedras, materiais sintéticos, argamassa e cal; os que tem se mostrando mais eficientes são os reservatórios de argamassa de cimento em formato cilíndrico.

De acordo com a UNEP (2002), os tanques de armazenamento devem ser construídos de material inerte, como concreto armado, fibra de vidro, polietileno e aço inoxidável. Reservatórios de concreto armado, feitos de argamassa, e até mesmo de barro são bastante comuns. E há algumas alternativas como a cerâmica também. Mas segundo Sacadura (2011), os mais utilizados e mais fáceis de achar no mercado são os de fibra de vidro.

Os reservatórios de polietileno possuem a vantagem de serem leves e possuir uma grande capacidade de armazenamento (1.000 a 2.000 litros). Outras vantagens é que são um material fácil de limpar e possuírem bastante aberturas que podem ser montadas com tubos e conexões (UNEP, 2002).

Gnadlinger (2015) salienta a importância de avaliar cada caso específico, aspectos como capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnico-econômica e disponibilidade local para a melhor escolha do tipo e material a serem empregados.

De acordo com Bezerra (2010), o dimensionamento dos reservatórios depende de três fatores principais: o índice pluviométrico da região, a área de captação e demanda a ser atendida. Tomaz (2010) engloba também o coeficiente de runoff como um fator importante a ser levado em consideração. May (2009) destaca que esses fatores devem ser analisados com cuidado porque em geral o reservatório de armazenamento é o componente de maior custo na implantação do sistema. Dessa forma, é importante que o dimensionamento seja feito de forma adequada, para que não torne o investimento inviável.

Existem diversos métodos de dimensionamento para os reservatórios. Geralmente são realizados por métodos iterativos, como o Método Rippl por exemplo, que considera o período de dias sem chuvas, ou o Método de Análise de Simulação, baseado nas equações de McMahon. Existem também os métodos práticos brasileiro, inglês, entre outros (AMORIM; PEREIRA, 2008). A própria NBR 15527 (ANBT, 2007) traz alguns diferentes métodos que podem ser utilizados pelos usuários.

3.6. LEGISLAÇÃO ESTADUAL E MUNICIPAL SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No Paraná, foi sancionada a Lei nº 18730 em 28 de março de 2016 que traz, entre outros, os seguintes artigos (PARANÁ, 2016):

Art. 1º Obriga os lava-rápidos, lava-car, postos de combustíveis, clubes, comércios, indústrias e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais a instalarem cisternas para fins de captação e utilização da água da chuva na lavagem de veículos.

Art. 2º O tamanho do reservatório para a captação da água da chuva será proporcional ao tamanho da área de cobertura total dos estabelecimentos pela pluviometria dos últimos dez anos, não podendo ser inferior a mil litros.

Já em Pato Branco, tem a Lei nº 2.349, sancionada 18 de junho de 2004, que trata sobre o aproveitamento de águas pluviais. Destacam-se os seguintes artigos da lei (PATO BRANCO, 2004):

Art. 1º O Programa de Conservação e Uso Racional da Água tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, o uso racional e a utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Art. 3º As disposições desta lei serão observadas na elaboração e aprovação dos projetos de construção de novas edificações, com as seguintes características:

- i) edificação residencial com área acima de 200,00 m²;
- ii) edificação comercial com área acima de 100,00 m²;
- iii) edificação industrial com qualquer área;
- iv) edificação pública com qualquer área;
- v) edificação educacional com qualquer área.

3.7. QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

A qualidade da água da chuva geralmente é superior à das águas superficiais e profundas; pois até o momento anterior a precipitação, ela não está em contato com solos, rochas, os quais dissolvem sais e minerais, e também não está sujeita a fontes poluentes, como as águas superficiais. Porém, no momento da precipitação, a qualidade da água da chuva acaba se alterando em função da qualidade do ar, e das superfícies que ela venha a entrar em contato (GONÇALVES et al., 2006).

Sendo assim, diversos fatores podem influenciar na qualidade da água da chuva, entre eles se destacam: localização geográfica da área de captação, presença de vegetação, presença de carga poluidora, e a composição do material do sistema de captação e armazenamento (telhado, calha e reservatório). As condições meteorológicas como intensidade e duração da chuva, o regime de ventos e a estação do ano também exercem forte influência sobre a qualidade das águas pluviais

(GONÇALVES et al, 2006). Então geralmente é possível obter água da chuva com uma qualidade relativamente alta caso ela seja captada em locais sem tantos resíduos e poeiras, e onde não haja circulação de pessoas ou animais. (UNEP, 2002).

O padrão de qualidade das águas pluviais varia de acordo com a finalidade que a mesma será empregada, e quando houver contato humano com essa água, sempre deverá ser feito de modo a preservar a saúde do indivíduo (KINKER, 2009).

A tabela 6 apresenta os tratamentos recomendados de acordo com o uso a qual a água pluvial será usada:

Tabela 6 - Tipo de tratamento da água pluvial em função da utilização

Uso da água da chuva	Tratamento da água
Irrigação de jardins	Não é necessário nenhum tratamento
Irrigadores, combate ao incêndio, condicionamento de ar	É necessário cuidados para manter os equipamentos em boas condições
Sistemas decorativos aquáticos como lagoas/fontes, chafarizes, espelhos e queda d'água, descarga sanitária em banheiros, lavagens de roupas e lavagens de carros	Tratamento higiênico, devido ao possível contato de água com pessoas
Banho/Piscina, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Rainwaters (2002)

A qualidade das águas pluviais vai se alterando desde o início da precipitação, no escoamento sobre a superfície de captação, no sistema de tratamento e no armazenamento (ANNECHINI, 2005). De acordo com Tomaz (2010), a água da chuva apresenta diferentes padrões de qualidade dependendo da fase em que ela for coletada. Há uma primeira fase que é antes da chuva atingir o solo; na segunda fase após a chuva entrar em contato com o telhado ou área impermeabilizada; a terceira fase que é após o armazenamento da água em algum reservatório e tem-se a deposição de elementos sólidos no fundo; e a quarta etapa que é quando a água chega ao ponto de consumo.

As condições das superfícies de coleta alteram bastante as características das águas pluviais. Ao escoar pela superfície, a água lava e carrega resíduos diversos,

compreendendo pós, fragmentos de vegetação, materiais que se soltam da cobertura, além de diversos microrganismos oriundo de excretas animais, que vão se acumulando no telhado no intervalo entre duas precipitações. Partículas de diversas dimensões e microrganismos causam uma redução da qualidade das águas pluviais, podendo desenvolver odores e sabores desagradáveis, além de riscos à saúde, os quais ainda não são totalmente conhecidos (GONÇALVES et al., 2009).

Ainda de acordo com o estudo realizado por Anecchini (2005) sobre a qualidade da água da chuva, foram também levantados dados comparativos sobre alguns parâmetros de indicação da qualidade da água, antes e depois, de entrar em contato com a superfície do telhado.

A figura 14 ilustra os resultados obtidos:

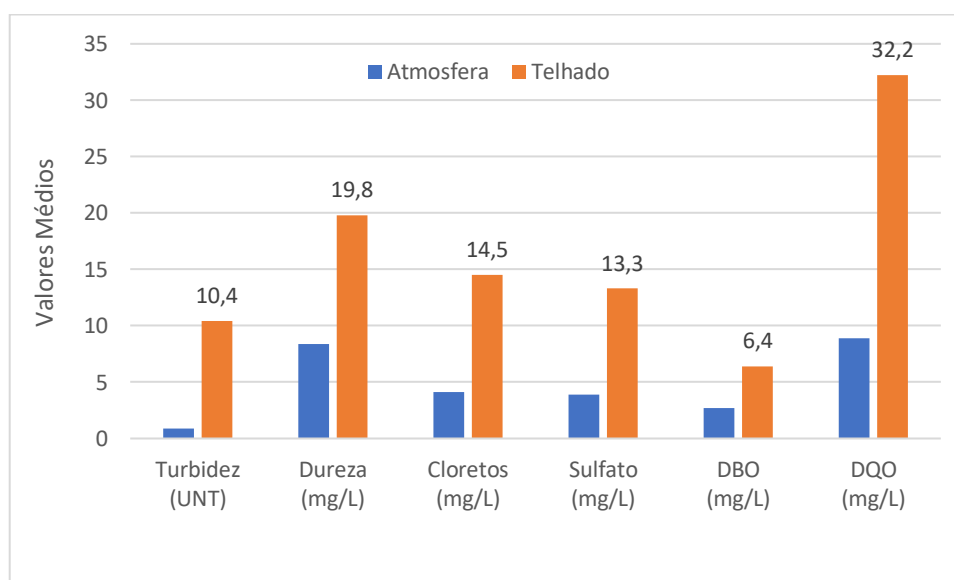


Figura 14 - Comparação de parâmetros de qualidade da água captada na atmosfera e após entrar em contato com o telhado

Fonte: Anecchini (2005)

Assim, geralmente ocorre uma deterioração da qualidade das águas pluviais, ao passarem pelas superfícies de captação, o que leva a orientação de se descartar uma parcela inicial da água que será coletada (GONÇALVES et al., 2006). A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que seja utilizado um dispositivo automático de desvio das primeiras águas para realizar essa função, o qual serve como uma barreira física de proteção sanitária das cisternas. Andrade Neto (2004) destaca que

existem dispositivos simples, de baixo custo e de eficiência comprovada para o descarte automático das águas.

O volume de água da chuva a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada no telhado, a qual está relacionada ao número de dias sem chuva, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano. Também deve ser considerada a inclinação e material dos telhados, a intensidade das chuvas e o período de duração. Em função das inúmeras variáveis envolvidas na captação das águas pluviais, é difícil calcular com exatidão o volume inicial que deve ser descartado (BROWN et al., 2005).

3.8. APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL EM POSTOS DE LAVAGEM

A indústria de lavagem de veículos compreende diferentes tipos e métodos de lavagem, cada qual com suas próprias características de volume de água usado e tipo de produto químico envolvido no processo (MORELLI, 2005). Basicamente tem-se três tipos de lavagem diferentes: Lavagem em túnel, Rollover e lavagem a jato manual, sendo esta última a mais comum no Brasil, onde os veículos são lavados utilizando-se de uma mangueira com jato de alta pressão de água e sabão (TEIXEIRA, 2003). É o método mais usado nos lava cars também.

Independentemente do método usado, a atividade em si exige uma grande demanda de água (MORELLI, 2005), que será proporcional ao número de veículos lavados. E apesar da grande demanda de água, não é todo lava car que possui um sistema de captação de águas pluviais. Seja por desconhecimento da técnica ou desconfiança sobre a qualidade da água captada e seus efeitos na pintura dos veículos, por receio sobre o retorno do investimento, ou mesmo impossibilidade técnica de execução do projeto.

Como mencionado no tópico anterior que aborda a “Legislação brasileira sobre captação de águas pluviais”, ainda não existe uma lei federal que exija a utilização de águas pluviais, então não existe uma preocupação tão grande assim com a instalação desses sistemas, principalmente se o proprietário do estabelecimento tiver acesso a captação de água de poços artesianos. Como lembra Almeida et al. (2010), ainda é muito pouco difundido o uso de água das chuvas, em substituição à água potável, para lavagem de veículos no Brasil.

Isso fica claro quando analisamos uma pesquisa realizada em Pernambuco a qual constatou que 90% dos lava cars utilizam água de poços, carros-pipa ou da companhia de distribuição do local. Apenas 2,5% disseram fazer o uso de água da chuva (SEBRAE, 2016).

O fato é que ainda existem muitos lava cars que apesar de possuírem condições favoráveis para a instalação de um sistema de captação de águas pluviais, como grandes áreas de coberturas e bons índices pluviométricos regionais, ainda se utilizam da rede pública de abastecimento, tornando os custos do processo de lavagem mais onerosos, além de acabar destinando um uso menos nobre para a água potável que poderia ser usada para outras coisas.

Sobre a qualidade da água utilizada na lavagem de veículos, não existe uma lei que determine parâmetros mínimos de qualidade da água para utilização em lava cars. O Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações, apesar de não ter força de lei, orienta que quando usada para a lavagem de veículos, a água não deve apresentar mau-cheiro, ser abrasiva; manchar superfícies; conter sais ou substâncias remanescentes após secagem; propiciar infecções ou contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana (SAUTCHUK, 2005).

O Sebrae traz o depoimento de alguns empreendedores que implementaram o uso de águas pluviais em detrimento das águas das concessionárias e conseguiram reduzir consideravelmente os custos com a água, como é o caso de um lava car da cidade de Leme - SP que instalou uma cisterna de 10.000 L e conseguiu reduzir em 70% as tarifas de água (SEBRAE, 2016).

Por isso, o Sebrae chama a atenção para os setores que dependem de grandes quantidades de água em suas atividades, alertando que é preciso rever o modo de utilização e o gerenciamento desse recurso. Entre esses negócios estão inclusos os lava cars, que devem adotar modelos mais sustentáveis (SEBRAE, 2016).

Ainda de acordo com o Sebrae (2016), são gastos aproximadamente 150L de água para lavagem de um carro popular. Já de acordo com um estudo realizado por Medeiros et al. (2015) e publicado pela revista GVAA (Grupo Verde de Agroecologia e Abelha) sobre o consumo de água em dois lava cars, concluiu-se que é gasto em média de 150 a 175L de água para se lavar um carro, ficando próximo dos valores apontados pelo Sebrae.

Um outro estudo realizado por Mesquita e Louzada (2017) comparando a economia de água gerada nos lava cars em função da área de captação e o número de carros lavados por mês, constatou que essas variáveis são inversamente proporcionais, sendo as maiores economias registradas nos lava cars que lavavam menos unidades por mês. Para os lava cars com capacidade de 100 veículos por mês, foi observado uma taxa de economia de 32% a 91%, para áreas de captação de 50 m² e 500 m² respectivamente. Enquanto para os lava cars com capacidade para até 500 veículos por mês, a taxa de economia observada variou de 6% a 55%, para áreas de 50 m² e 500 m². O estudo concluiu que quanto menor a quantidade de carros lavados por mês, maior o potencial de economia de água, ficando as melhores faixas para lava cars com capacidade de 100 a 200 carros por mês.

4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

Para escolha do local de estudo, primeiramente foram selecionados alguns lava cars da cidade de Pato Branco - PR os quais fizessem uso da rede pública de abastecimento e contassem com uma grande área de captação de água; fazendo assim uma pré-seleção dos empreendimentos com maior potencial para a implantação do sistema e maiores chances de sucesso.

Dos locais potencialmente viáveis visitados, já eram levantados alguns dados na primeira visita como: média de gastos mensais com as faturas de água e medição das áreas de cobertura, para já fazer uma pré-análise da viabilidade do projeto.

Após visitar os lava cars pré-selecionados, o Lava Car do Seco foi escolhido por cumprir com as condições pré-determinadas no início do trabalho, contando com uma considerável área de contribuição e atualmente fazendo o uso de 100% da água da rede pública.

4.1.1. Caracterização da área de estudo

O lava car está localizado na rua Dr. Francisco Beltrão, nº 264, bairro Santa Terezinha, no município de Pato Branco – PR. O tamanho total do empreendimento é de 401,82 m², o qual inclui os boxes de lavagem e o escritório administrativo.



Figura 15 - Localização do lava car

Fonte: Google Maps (2019)

O lava car presta serviços de lavagem e higienização para veículos de pequeno e médio porte, incluindo motocicletas, automóveis e caminhonetes. A lavagem é feita de forma manual, através de uma lavadora de alta pressão; e a água utilizada para lavagem é proveniente em sua totalidade através da rede pública de abastecimento.

Inicialmente houve uma conversa com os proprietários do local, explicando sobre o desenvolvimento do projeto e a possibilidade de implantação de um sistema de captação de águas pluviais no estabelecimento. Foi questionado o número médio de carros lavados por mês e o gasto mensal com as faturas das contas de água.

Segundo o proprietário são lavados aproximadamente 200 carros por mês. Quanto ao consumo de água, uma caixa d'água de 1.000 L contida no local, quando cheia, tem capacidade para lavar aproximadamente entre 6 a 9 automóveis, dependendo o tamanho deles. Adotando uma média de lavagem de 7 carros com 1.000 L, teríamos:

$$\text{Consumo de água por automóvel} = 143 \text{ L}$$

Quanto ao gasto mensal das faturas de água, foi informado que os gastos ficavam entre R\$600,00 e R\$800,00. Foi adotado um valor médio de R\$700,00 de gastos mensais.

Seguem os dados referentes a demanda de água e gastos mensais na tabela 7:

Tabela 7 - Pré-levantamento de dados do lava car

Média mensal de veículos lavados por mês	Demanda de água por automóvel (m³)	Demanda total de água no mês (m³)	Gastos médios mensais com água (R\$)
200	0,143	28,6	700

Fonte: própria (2019)

De posse dessas informações iniciais, foi possível ter uma ideia de quanto de água poderia se economizar por mês, além da alta margem das faturas de água que poderiam ser reduzidas consideravelmente. O local se mostrou potencialmente viável para um estudo mais detalhado sobre a implantação do sistema.

4.1.1.1. Levantamento da demanda de água do lava car

Foi levantado o número de carros lavados mês a mês e as respectivas faturas de água para que assim pudesse ser apurado os meses mais críticos com maior demanda. Esses dados juntamente com os índices pluviométrico serão importantes para que mais tarde possa se calcular o dimensionamento do reservatório de água.

O número de carros lavados por mês varia conforme a sazonalidade referente as estações do ano, dias da semana e períodos de seca ou chuva prolongados. Sendo as maiores demandas pelo serviço no período de inverno, enquanto durante a semana a maior procura é a partir de quinta-feira até sábado.

O proprietário disponibilizou os dados do número de carros lavados e das faturas dos últimos 11 meses, para uma apuração mais detalhada e um levantamento mais preciso dos dados. Os dados estão contidos na tabela 8:

Tabela 8 - Número de carros lavados por mês, demanda mensal de água e média de consumo de água por carro

Meses	Número de carros lavados	Volume de água (m ³)	Média de consumo de água por carro (m ³)
dezembro	190	48	0,25
janeiro	168	51	0,30
fevereiro	135	40	0,30
março	205	50	0,24
abril	194	47	0,24
maio	210	42	0,20
junho	166	57	0,34
julho	185	52	0,28
agosto	180	47	0,26
setembro	151	40	0,26
outubro	178	55	0,31
Média	178,36	48,09	0,27

Fonte: própria (2019)

Como é possível observar, os dados fornecidos inicialmente pelo proprietário em relação ao consumo de água, possuem uma certa diferença com os dados levantados das faturas de água. Essa divergência se dá possivelmente pelo fato de também serem executadas lavagem completas, os quais é desmontando os bancos e outras estruturas do carro, e acabam por consumir mais água que as lavagens comuns.

Também é importante notar que há uma diferença considerável de consumo de água entre fevereiro (40 m³) e junho (57 m³), os meses de menor e maior consumo. Isso nos dá uma diferença de aproximadamente 42,5%. Essas análises são importantes porque não necessariamente os meses de maior consumo vão coincidir com os meses de maior precipitação.

Segundo o proprietário, os meses mais frios são os que tem maior demanda de serviço, enquanto nos períodos mais quentes, muitas vezes os donos dos automóveis optam por lavar seus automóveis em suas casas mesmo.

4.1.1.2. Precipitação em Pato Branco

Paraná, por estar localizado na região Sul do Brasil, possui um clima subtropical, que segundo Garschagen (1998), é caracterizado por possuir chuvas com um bom índice pluviométrico e bem distribuídas ao longo do ano.

Pato Branco em específico, segundo o IAPAR (s.d.) possui um clima do tipo Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, o qual é caracterizado por ser úmido em todas as estações e sem diferença significativa de precipitação entre as estações, ou seja, possui as chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com uma média de 1.100 a 2.000 mm/ano (EMBRAPA, s.d.).

A figura 16 traz um mapa com a classificação climática, segundo Köppen, para o estado do Paraná:

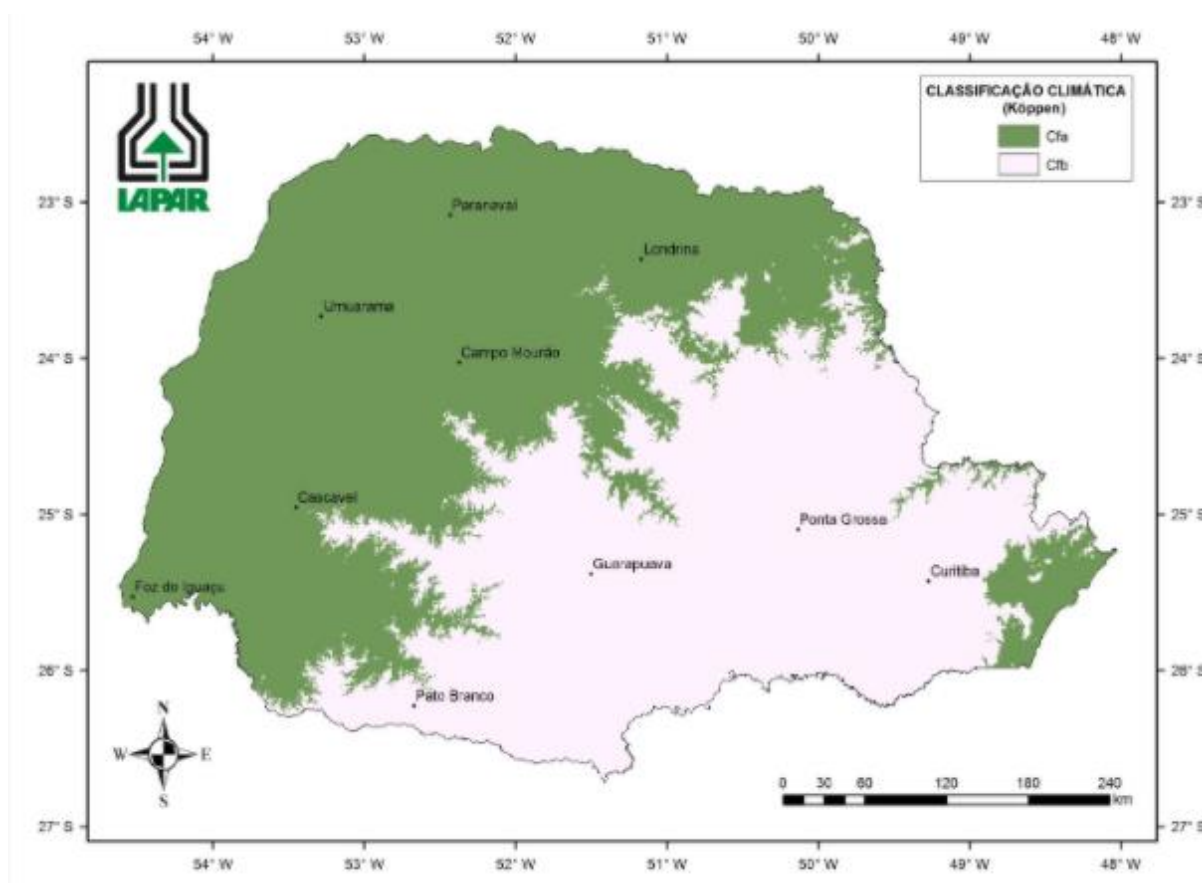


Figura 16 - Classificação climática de Pato Branco

Fonte: IAPAR (s.d.)

Para o estudo, foram usados dados de precipitação do município de Pato Branco, que foram obtidos através da Estação climatológica de Pato Branco, registrada sobre o código 02652035, operada pelo IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), que é o órgão de pesquisa responsável por fornecer embasamento tecnológico as políticas públicas de desenvolvimento rural do Estado do Paraná (IAPAR, s.d.)

O pluviômetro encontra-se localizado na latitude 26,07 S e longitude 52,41 W, a uma altitude de 700m. Os dados correspondem a 38 anos de monitoramento (1979 – 2016).

Segundo dados do IAPAR (s.d.), a média de precipitação anual entre os anos de 1979 a 2016 foi de 2098 mm/ano, sendo outubro, maio e dezembro os meses com os maiores índices de precipitação respectivamente.

Na figura 17 são apresentados os dados de precipitação entre o período de 1979 a 2016, para a cidade de Pato Branco (IAPAR, s.d.):

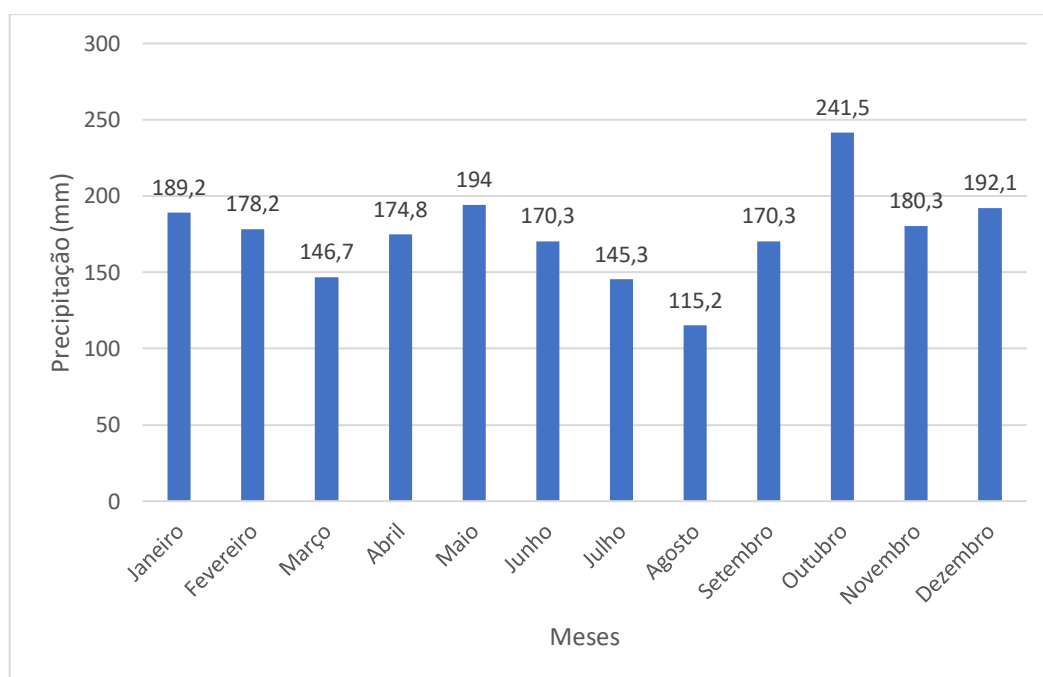


Figura 17 - Dados de precipitação pluviométrica para a cidade de Pato Branco (1979-2016)

Fonte: IAPAR (2018)

4.2. ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

Para o cálculo das áreas de contribuição, foi usada a equação 1, de acordo com as recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989):

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (1)$$

Onde:

A = área de captação [m²]

a = largura [m]

b = comprimento [m]

h = desnível entre as extremidades da largura [m]

Os valores de largura, comprimento e desnível foram medidos in loco, com exceção para o desnível da cobertura do barracão que não pode ser aferida pela dificuldade de acessá-la sem ajuda de uma grande escada.

Como não foi possível subir no barracão, mas era possível observar a estrutura da cobertura do ponto mais alto do lava car, foi estimado para efeito de cálculo um desnível de 1,5m.

4.3. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para o dimensionamento do reservatório deste trabalho, foi usado o método de Rippl. O método foi escolhido por ser um dos mais utilizados para essa finalidade, e por englobar a variável de demanda de água no cálculo, que neste estudo de caso é de extrema importância para um dimensionamento adequado do reservatório.

Neste método, o volume da cisterna é calculado através do volume de água que escoar pela superfície de captação, subtraído da demanda de água pluvial, para um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada entre captação e demanda determinará o volume do reservatório (SCHILLER; LATHAN, 1982 apud VIEIRA et al., 2019). Para o cálculo é necessário saber a demanda de água pluvial

para um determinado período de tempo, a área de captação e o coeficiente de runoff do material. O método de Rippl é dado pela equação 2:

$$V_{Rippl} = \sum_{i=1}^d S \quad (2)$$

Onde:

V_{Rippl} = volume do reservatório [m³]

d = período de tempo analisado [meses]

S = diferença entre a demanda de água e o volume de água que escoa na superfície para um mesmo período de tempo [m³]

Sendo assim, para o dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl, primeiro é necessário calcular o volume total de chuva que cai sobre o telhado, o qual foi estimado pela equação 3:

$$V_{chuva} = \frac{A_{contribuição} \times Precipitação}{1000} \quad (3)$$

Onde:

V_{chuva} = volume de chuva [m³]

$A_{contribuição}$ = área de contribuição do telhado [m²]

Precipitação = precipitação mensal [mm]

Desse volume total, é feito um novo cálculo para se obter o volume que de fato é aproveitado, chamado de volume útil de chuva.

Para o cálculo do volume útil de chuva, é considerado o volume que de fato chega até a cisterna, para isso deve ser inserido o coeficiente de runoff no cálculo e também deve ser descontado o desvio do fluxo inicial, para garantir uma água de maior qualidade. Como os telhados do barracão, do escritório e do box de lavagem são de Zinco, foi considerado um mesmo coeficiente de runoff (c=0,9) para todos (TOMAZ, 2007). Já para o cálculo de desvio do fluxo inicial, foi seguida a recomendação de desviar 2 L de chuva para cada m² de área de contribuição.

O volume útil de chuva é estimado pela equação 4:

$$V_{\text{útil}} = (V_{\text{chuva}} \times c) - 0,002 \times A_{\text{contribuição}} \quad (4)$$

Onde:

$V_{\text{útil}}$ = volume útil de chuva [m³]

V_{chuva} = volume de chuva [m³]

c = coeficiente de runoff [adimensional]

$A_{\text{contribuição}}$ = área de contribuição do telhado [m²]

Como o lava car conta com 3 áreas de coberturas independentes com potencial para captação das águas pluviais, foram feitas simulações com combinações dessas áreas para 3 cenários diferentes e escolhida a opção que melhor atendesse as necessidades do lava car.

4.3.1. Escolha do reservatório e local de instalação

A NBR 5626 (ABNT, 1998) traz algumas recomendações quanto a instalação e materiais usados na confecção dos reservatórios.

Devem ser usados materiais resistentes à corrosão ou ser provido internamente de revestimento anticorrosivo, e que não ofereçam risco de contaminação para os usuários.

Quanto a instalação, a NBR 5626 recomenda que a cisterna seja instalada de modo que seu interior possa ser facilmente inspecionado e limpo. A recomendação é que o reservatório não fique apoiado ou enterrado no solo, tendo em vista o risco de contaminação proveniente do solo. Se a única alternativa for instalar apoiado ou enterrado, o ideal é que seja executado dentro de compartimento próprio, evitando assim o contato com o solo (ABNT, 1998).

4.4. SISTEMA DE CALHAS E CONDUTORES

Primeiramente foi feito um levantamento dos sistemas de calhas e condutores já instalados no local para que pudesse ser utilizadas as instalações pré-existentes.

Para as áreas de coberturas que não contavam com um sistema de escoamento de água foi dimensionado o sistema para que a água pudesse ser captada e direcionada para o reservatório.

Para os locais que já possuíam o sistema instalado, foi pensado uma maneira de desviar essa água, que antes estava sendo escoada para a rede de drenagem pública, para então ser destinada ao reservatório de armazenamento.

4.4.1. Dimensionamento das calhas para o box de lavagem

Para o projeto, foi optado por calhas de seção semicircular, e o dimensionamento foi feito através das recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Inicialmente foi calculada a vazão de projeto através da equação 5:

$$Q_{proj} = \frac{I \times A}{60} \quad (5)$$

Onde:

Q_{proj} = vazão de projeto [L/min]

I = intensidade pluviométrica [mm/h];

A = área de contribuição [m²]

Foi considerado para o projeto em questão uma intensidade pluviométrica:

$$i = 120 \text{ mm/h}$$

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), para calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$, pode ser utilizada a tabela 9 para definir o diâmetro da calha em função de sua declividade e capacidade de vazão.

Tabela 9 - Capacidade de vazão de calhas semicirculares (L/min) em função da declividade

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1,00%	2,00%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT (1989)

Para as calhas, foi utilizada a declividade mínima recomendada pela NBR 10844 (ABNT, 1989), de 0,5%.

4.4.2. Dimensionamento dos condutores verticais para o box de lavagem

Para o dimensionamento dos condutores verticais do box de lavagem foi usada a tabela 10, a qual é baseada nas recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Tabela 10 - Diâmetro dos condutores verticais em função da área de cobertura (i=120 mm/h)

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área de cobertura (m ²)
50	0,57	17
75	1,76	53
100	3,78	114
125	7,00	212
150	11,53	348
200	25,18	760

Fonte: ABNT (1989)

A tabela 10 fornece o diâmetro adequado para o condutor vertical em função da área de cobertura levando em consideração uma precipitação de 120mm/h.

4.4.3. Dimensionamento dos condutores horizontais para o box de lavagem

O dimensionamento dos condutores horizontais do box de lavagem foi feito através das recomendações da NBR 10844 (ABNT, 1989).

O diâmetro do condutor horizontal foi escolhido através da tabela 11 que fornece o diâmetro em função da declividade para condutores com coeficiente de rugosidade $n=0,011$.

Tabela 11 - Diâmetro dos condutores horizontais em função da declividade ($c=0,011$)

Diâmetro interno (mm)	n = 0,011			
	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1040
150	602	847	1190	1690
200	1300	1820	2570	3650
250	2350	3310	4660	6620
300	3820	5380	7590	10800

Fonte: ABNT (1989)

Para os condutores horizontais, foi utilizada a declividade mínima recomendada pela NBR 10844 (ABNT, 1989), de 0,5%.

4.5. SISTEMA DE BOMBEAMENTO

Foi feito um levantamento das cotas da cisterna e da caixa d'água na qual será de fato o ponto de consumo efetivo da água coletada, e como a caixa d'água estava localizada em uma cota superior ao da cisterna, então foi necessário projetar um sistema de bombeamento da cisterna para a caixa d'água.

4.5.1. Dimensionamento da bomba

Para o dimensionamento da bomba, primeiramente foi calculada a vazão de recalque (Q_r) através da equação 6:

$$Q_r = \frac{V}{t} \quad (6)$$

Onde:

Q_r = vazão de recalque [m^3/h]

V = volume a ser enchido [m^3]

t = tempo de enchimento [horas]

O volume a ser preenchido é o da caixa d'água de 1.000L, a qual deverá ser enchida em um tempo de 1 hora.

Após calcular a vazão de recalque, foi calculado o diâmetro do tubo de recalque (D_r) através da fórmula de Forchheimer para abastecimentos descontínuos, ilustrado pela equação 7:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{Q_r} \times \sqrt[4]{\frac{x}{24}} \quad (7)$$

Onde:

D_r = diâmetro de recalque [m]

Q_r = vazão de recalque [m^3/h]

x = tempo de funcionamento diário da bomba [horas]

O tempo de funcionamento da bomba previsto é de 1 hora por dia.

Para o diâmetro de recalque adotado, foi considerado o diâmetro comercial ligeiramente superior ao valor encontrado pela fórmula.

Para o diâmetro de sucção (D_s) foi usado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque adotado.

Seguindo os cálculos, foi necessário determinar também a altura Manométrica (H_m) para que pudesse ser calculada a potência da bomba.

A altura manométrica é uma distância teórica que representa a quantidade de energia necessária para transportar uma certa quantidade de líquido de um reservatório para outro em uma cota superior. Portanto, a altura manométrica deve

vencer o desnível geométrico, as perdas de carga e a diferença de pressão nos reservatórios.

A altura manométrica foi determinada pela equação 8:

$$H_m = H_g + h_r + h_s \quad (8)$$

Onde:

H_m = altura manométrica [m]

H_g = altura geométrica [m]

h_r = perda de carga na tubulação de recalque [m]

h_s = perda de carga na tubulação de sucção [m]

Logo, para calcular a altura manométrica, é necessário determinar primeiramente a altura geométrica do sistema e também as perdas de carga envolvidas no processo.

A altura geométrica é dada pela diferença de cota entre o nível de água da cisterna de onde a água será bombeada (H_1) e a altura do nível de água da cisterna para onde a água será bombeada (H_2). As alturas H_2 e H_1 foram verificadas in loco, e então pode ser determinar a altura geométrica pela equação 9:

$$H_g = H_2 - H_1 \quad (9)$$

Onde:

H_g = altura geométrica [m]

H_2 = cota do ponto de saída da água [m]

H_1 = cota da altura do nível de água da cisterna [m]

As perdas de carga se dividem em perdas localizadas e distribuídas, sendo as localizadas as que ocorrem devido a passagem de água pelas conexões e outros acessórios usados nos sistemas de condução, e as distribuídas as que ocorrem

devido ao atrito do líquido nas paredes do tubo, fazendo com que a pressão total vá diminuindo no decorrer do trecho.

Primeiramente foram determinadas as perdas localizadas utilizando-se para isso a tabela de Macintyre (anexo 1) que traz os comprimentos equivalentes, em metros, das conexões e outras peças utilizadas na instalação de um sistema.

Com as perdas de cargas localizadas definidas, foi possível calcular um comprimento virtual para o sistema de condução da água. Esse comprimento virtual é dado pela soma do comprimento retilíneo (real) da tubulação com o comprimento equivalente gerado pelas perdas localizadas. O comprimento virtual representa um comprimento teórico considerando como se o trecho inteiro fosse composto apenas por uma tubulação reta sem qualquer tipo de encaixe ou acessório extra. O objetivo de se chegar em um comprimento virtual é o de possibilitar o cálculo das perdas de carga distribuídas que ocorrem nas paredes da tubulação.

Esse procedimento foi feito tanto para o trecho de sucção quanto para o trecho de recalque. O comprimento virtual foi calculado pela equação 10:

$$L_v = L_r + L_e \quad (10)$$

Onde:

L_v = comprimento virtual [m]

L_r = comprimento real [m]

L_e = comprimento equivalente [m]

Determinado o comprimento virtual, foi possível calcular as perdas de carga distribuídas do sistema. A perda de carga distribuída para o trecho de sucção é dada pela equação 11, de Hazen-Williams, a qual é indicada para escoamento de água em tubos com diâmetro de 50 mm a 3000 mm e velocidades inferiores a 3 m/s:

$$h_s = \frac{10,646 \times Q^{1,852} \times L_{v-s}}{C^{1,852} \times D_s^{4,87}} \quad (11)$$

Onde:

h_s = perda de carga na sucção [m]

Q = vazão na sucção [m^3/s]

L_{v-s} = comprimento virtual de sucção [m]

C = rugosidade [adimensional]

D_s = Diâmetro da tubulação de sucção [m]

Enquanto a perda de carga distribuída no trecho de recalque é determinada da mesma maneira que na sucção, porém com os comprimentos e diâmetros correspondentes do trecho de recalque, como demonstrado pela equação 12:

$$h_r = \frac{10,646 \times Q^{1,852} \times L_{v-r}}{C^{1,852} \times D_r^{4,87}} \quad (12)$$

Onde:

h_r = perda de carga no recalque [m]

Q = vazão no recalque [m^3/s]

L_{v-r} = comprimento virtual do recalque [m]

C = rugosidade [adimensional]

D_s = Diâmetro da tubulação de recalque [m]

4.5.2. Escolha da motobomba

Para a escolha da motobomba foram analisados catálogos de alguns fabricantes e então escolhida a melhor opção que atendesse os requisitos de vazão e altura manométrica exigidas pelo projeto.

4.6. QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), os padrões de qualidade da água devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, não trazendo nenhuma informação específica para uso em lavagem de veículos.

A qualidade da água será garantida pelo descarte do volume inicial, uso de filtro e desinfecção.

Em relação a procedimentos de desinfecção, a NBR 15527 (ABNT, 2007) também deixa a critério do projetista. Uma das opções é a desinfecção por produtos derivados de cloro. Tomaz (2007) recomenda o uso de hipoclorito de sódio, devendo o cloro residual livre ficar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

4.7. LEVANTAMENTO DO GASTO MENSAL COM ÁGUA

Foi requerido ao proprietário as faturas de água do último ano de operação para que pudesse ser realizado um levantamento dos gastos mensais com água mês a mês. Esses dados serão importantes para que se possa fazer uma estimativa de quanto será possível economizar por mês e então fazer a análise de viabilidade econômica da implantação do sistema.

4.8. ANÁLISE ECONÔMICA

Para a análise econômica será considerado o valor total da instalação do sistema, depois será analisado o gasto mensal para operação e manutenção desse sistema e a economia que ele gerará para a empresa. Com esses valores então, poderá ser analisado o tempo de retorno do investimento e comparado o retorno do investimento a uma taxa mínima de atratividade pra ver se o investimento é viável ou não, sempre considerando um valor presente líquido para os cálculos.

4.8.1. Custos de instalação do sistema

Foi feito um levantamento de todo o material que seria usado para montar o sistema de captação das águas pluviais, e depois cotado os preços de mercado desses materiais, chegando assim a um custo total de instalação do sistema.

Ficando então o custo total com materiais mais mão-de-obra expresso pela equação 13:

$$C_t = C_{mat} + C_{m-d-o} \quad (13)$$

Onde:

C_t = custo total de instalação do sistema [R\$]

C_{mat} = custos com materiais [R\$]

C_{m-d-o} = custos com mão de obra [R\$]

4.8.2. Custos de operação do sistema

Após levantado o custo de instalação do sistema, foi feita uma estimativa de gasto mensal para operação e funcionamento desse sistema. Nessa etapa foram levantados custos com energia elétrica para bombeamento da água e produtos químicos para manutenção do padrão de qualidade da água.

Para uma estimativa do consumo de energia elétrica mensal, primeiramente foi calculado o tempo de funcionamento, em horas, que a motobomba trabalharia por mês. Para isso, foi dividido 73,55% do valor médio do consumo mensal de água do lava car, indicado na tabela 8, pela capacidade de recalque da bomba para a altura manométrica em questão. Foi considerado 73,55% do volume de água mensal, pois os outros 26,45% do volume de água serão recolhidos diretamente pela área de cobertura do box de lavagem e não precisarão ser recalcados. Teremos então o tempo de funcionamento com a equação 14:

$$T = \frac{0,7355 \times V}{Q} \quad (14)$$

Onde:

T = tempo de funcionamento da bomba [horas]

V = volume a ser recalado [m³]

Q = vazão de recalque [m³/h]

Depois foi calculado o consumo de energia em kWh pela bomba através da equação 15:

$$E_{el} = \frac{P \times H \times N}{1000} \quad (15)$$

Onde:

E_{el} = consumo de energia [kWh]

P = potência da motobomba [Watts]

H = tempo de funcionamento por dia [horas]

N = número de dias em que a bomba é usada por mês [dias]

Sabendo-se o consumo de energia mensal demandado pela motobomba, foi possível determinar o gasto mensal para o funcionamento dela. Para isso, foi multiplicado o consumo em kWh pela taxa cobrada pela concessionária para cada kWh de uso, como ilustra a equação 16:

$$CM_{el} = C \times T \quad (16)$$

Onde:

CM_{el} = custo mensal com energia elétrica [R\$]

C = consumo mensal de energia pela motobomba [kWh]

T = tarifa de energia elétrica cobrada pela concessionária [R\$]

Os valores praticados pela concessionária de energia elétrica local, Copel, foram obtidos no próprio site da companhia. Existe diferenças de valores cobrados para cada faixa de uso. Pela média de consumo dos últimos meses, o lava car acaba se enquadrando na 3ª faixa de consumo, entre 101 kWh e 220 kWh. Os valores das tarifas, por faixa de consumo, estão demonstrados na tabela 12:

Tabela 12 - Valores de cobrança por kWh de energia praticados pela Copel de acordo com a faixa de consumo

Consumo	Resolução ANEEL (R\$)	Impostos inclusos ICMS e PIS/COFINS (R\$)
até 30 kWh	0,15826	0,16872
entre 31 kWh e 100 kWh	0,2713	0,41868
entre 101 kWh e 220 kWh	0,40695	0,62801
superior a 220 kWh	0,45217	0,69779

Fonte: Copel (2019)

Para estimativa dos gastos com os produtos para desinfecção da água, foi feito um levantamento da quantidade mensal de cloro demandada pelo sistema tomando por base que a recomendação do fabricante é de usar 1 grama de cloro para cada 250 L de água. Temos então com a equação 17 a quantidade de Cloro necessária por mês.

$$C_l = \frac{V}{G_c} \quad (17)$$

Onde:

C_l = quantidade de cloro necessária [gr]

V = volume a ser desinfectado [L]

G_c = poder de desinfecção de uma grama de cloro [L]

O custo mensal com cloração da água é obtido multiplicando-se o valor da grama do cloro pelo preço médio da grama do produto, como ilustra a equação 18.

$$CM_{Cl} = C_l \times P_{Cl} \quad (18)$$

Onde:

CM_{Cl} = custo mensal com a cloração da água [R\$]

C_l = quantidade de cloro necessária [gr]

P_{Cl} = preço médio da grama do cloro [R\$]

Somando-se os valores gastos com energia elétrica e cloração da água, tem-se o custo mensal total para operação do sistema, que é dado pela equação 19.

$$CM_t = CM_{el} + CM_{Cl} \quad (19)$$

Onde:

CM_t = custo mensal total do sistema [R\$]

CM_{el} = custo mensalmente com energia elétrica [R\$]

CM_{Cl} = custo mensal com a cloração da água [R\$]

4.8.3. Projeção dos novos gastos mensais com as tarifas de água após a instalação do sistema

Sendo necessária manter a linha de água ligada ainda para manter o acesso a água potável, foi feita uma projeção de como ficariam os novos valores referentes as tarifas de água após concluída a instalação do sistema. Para isso foi feito uma estimativa da nova rotina de consumo de água da concessionária pelo lava car e então com auxílio da tabela de preços praticados pelo concessionária, foi calculado um novo gasto mensal para as tarifas de água.

A tabela 13 traz os valores praticados pela Sanepar, concessionária de água da cidade, de acordo com as faixas de consumo.

Tabela 13 - Valores de cobrança por m³ de água praticados pela Sanepar de acordo com a faixa de consumo

Consumo	Água	Esgoto	Total
até 5 m ³	38,77	31,02	69,79
de 6 a 10 m ³	1,20	0,96	2,16
de 11 a 15 m ³	8,89	7,11	16,00
de 16 a 20 m ³	8,96	7,17	16,13
de 21 a 39m ³	9,02	7,22	16,24
maior que 30 m ³	9,08	7,26	16,34

Fonte: Sanepar (2019)

4.8.4. Estimativa da economia nas tarifas de água geradas com a instalação do sistema

Após levantados todos os gastos com custos de instalação e operação do sistema, agora precisa ser avaliado a economia gerada nas faturas com o novo investimento. Para isso foi descontado, mês a mês, os valores gastos com as faturas de água antes da instalação do sistema dos valores esperados para as faturas de água após a instalação do sistema. E no final feita uma média desses valores.

4.8.5. Fluxo de caixa

Após a instalação do sistema, se por um lado vai gerar uma economia mensal com as tarifas de água em virtude do menor consumo, por outro lado vai ter um novo gasto mensal gerado com a operação e manutenção deste sistema.

Para este estudo, foi considerado como saída de fluxo de caixa a parcela inicial referente aos valores referentes a instalação do sistema, incluindo a mão-de-obra, mais os gastos mensais com consumo de energia elétrica e cloração da água; e como entrada de fluxo de caixa, a economia gerada nas tarifas de água mensalmente.

Inicialmente tem-se um fluxo de caixa negativo no tempo $t=0$, referente ao momento em que ocorre os gastos com a instalação do sistema, e posteriormente vai havendo um fluxo de caixa positivo ao final de cada mês, referente ao lucro gerado pela economia de água, descontados os custos de operação e manutenção do sistema.

4.8.6. Valor Presente Líquido (VPL)

A percepção sobre quanto vale um bem, inclusive o próprio dinheiro, vai mudando com o passar do tempo. Essa mudança de valor varia conforme as taxas de juros vigentes nos países. Quanto maior for a taxa de juros, maior será o impacto sobre o VPL.

Sendo assim, o VPL é a fórmula econômica-financeira capaz de trazer para valores presentes algum valor futuro que se tenha a pagar ou receber, já descontada de uma taxa de juros que se projeta para o futuro, a qual é chamada de taxa mínima de atratividade.

Se o somatório do VPL para determinado período de tempo que se deseja analisar for positivo, é porque o investimento é viável. Se for negativo, o investimento é inviável, pois a rentabilidade se mostra abaixo da taxa mínima de juros considerada para o período em análise. Se for igual a zero, o investimento não gera nem lucro nem prejuízo, mas geralmente é inviável também porque todo investimento traz um risco embutido, então espera-se ter um retorno no mínimo maior que a taxa mínima de atratividade.

Quando o somatório do VPL para determinado período de tempo se iguala a zero, é porque o investimento se pagou nesse período em análise.

O VPL foi calculado usando as ferramentas de análise econômica do Excel (função VP).

O VPL está representado pela equação 20:

$$V_{PL} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (20)$$

Onde:

V_{PL} = valor presente líquido [R\$]

FC = fluxo de caixa [R\$]

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu [mês]

i = taxa mínima de atratividade [%]

n = cada período de tempo [meses]

N = período total [meses]

4.8.7. Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Todo investimento que se deseja fazer envolve um fator de risco que deve ser considerado, sendo o risco geralmente proporcional ao retorno. Então ao se fazer um investimento, uma maneira de saber se o retorno que se espera ganhar em cima dele é compensatório, seria comparar o retorno desse mesmo valor orçado no projeto com outros investimentos disponíveis no mercado financeiro. A taxa mínima de atratividade é uma ferramenta que vem para auxiliar nessas análises.

Geralmente é usado a poupança como parâmetro de comparação, mas pode-se considerar também qualquer outro tipo de investimento renda fixa que esteja atrelado a taxa SELIC, que é a taxa básica de juros da economia, ou até mesmo investimentos que estejam atrelados diretamente a inflação. Estes são considerados os investimentos mais seguros do mercado, pois o dinheiro do investidor teoricamente vai estar sempre corrigindo seu poder de compra de acordo com a taxa de correção (SELIC ou inflação) por ele escolhida. Existe também os investimentos com taxas de

juros pré-fixadas, onde o retorno final já é conhecido e não está atrelado a nenhum indexador.

Independentemente de qual investimento de renda fixa for escolhido, será sempre um investimento seguro, pois existe a garantia que o patrimônio investido estará preservado. Contudo, como o retorno é sempre proporcional ao risco envolvido, ao mesmo tempo que investimentos deste tipo são os mais seguros, também são os menos rentáveis.

Logo, quando um investidor planeja fazer um investimento em sua empresa, e sabendo que todo investimento novo envolve um fator de risco, o mínimo que se espera é ter um retorno que supere a TMA, caso contrário não faria sentido investir o dinheiro em um negócio envolvendo maior risco para no final ter um retorno menor.

Para este trabalho foi escolhida a poupança como taxa mínima de atratividade. Foi tomado o rendimento anual da poupança no último ano e considerado que o rendimento continue em taxas próximas para 2020, e então dividindo esse valor por 12, fornecendo assim um valor aproximado do rendimento mensal proporcionado por ela no decorrer do último ano.

$$TMA = \frac{Rend_{anual}}{12}$$

4.8.8. Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de retorno sobre o investimento em percentual, já descontado o valor da taxa mínima de atratividade (TMA) escolhida para o período. Ou seja, é a projeção do quanto a mais vai se ganhar com esse investimento comparado a outro cenário onde esse dinheiro tivesse sido investido em um outro investimento qualquer. É uma ferramenta essencial para avaliar a viabilidade do investimento.

A TIR foi calculada usando as ferramentas de análise econômica do Excel (função TIR).

A fórmula para calcular a TIR se baseia na mesma fórmula para calcular o VPL. Para achar a TIR, iguala-se o VPL a zero, como demonstra a equação 21:

$$0 = V_{PL} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+TIR)^n} \quad (21)$$

Onde:

V_{PL} = valor presente líquido [R\$]

FC = fluxo de caixa [R\$]

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu [mês]

TIR = taxa interna de retorno [%]

n = cada período de tempo [meses]

N = período total [meses]

4.8.9. Prazo de Retorno do Investimento

O prazo de retorno de um investimento representa o tempo necessário para o investidor reaver totalmente o dinheiro investido. É um indicador de atratividade de um negócio. Quanto maior o prazo de retorno, menos interessante vai ficando o investimento.

O prazo de retorno do investimento pode ser obtido quando o somatório dos valores presentes líquidos do fluxo de caixa se igualarem a zero.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1. CONSIDERAÇÕES GEAIS

A ideia do trabalho é fazer um estudo da viabilidade técnico e econômica da instalação de um projeto de águas pluviais para um lava car selecionado na cidade de Pato Branco - PR.

Serão detalhados nesse tópico os resultados obtidos com a caracterização da área de estudo, levantamento dos dados pluviométricos da cidade de Pato Branco – PR, análise da demanda de água mês a mês do lava car, levantamento das áreas de contribuição e simulação das possíveis combinações entre elas, dimensionamento do reservatório, levantamento do sistema de calhas e condutores já instalados no local e dimensionamento do sistema para as áreas sem um sistema pré-instalado, sistema de bombeamento, sistema de filtragem e desinfecção da água, levantamento dos gastos mensais, análise econômica englobando os custos de instalação e operação do sistema, e por fim uma análise da viabilidade econômica calculando um período de retorno e comparando o investimento com uma taxa mínima de atratividade para ver se é viável ou não a execução do projeto.

5.2. ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

O empreendimento em si não possui uma área de contribuição muito grande, porém ao lado do lava car existe um barracão com uma grande área de contribuição que pertence ao mesmo proprietário do terreno do lava car, e então poderia ser utilizada essa área adicional para captar água caso as áreas de cobertura do lava car se mostrassem insuficientes.

Primeiramente foi tentando dimensionar a cisterna apenas com a área do box de lavagem. Não se mostrando viável o projeto nesses termos, foram feitas mais duas simulações, daí sim considerando a área do barracão, as quais se mostraram mais viáveis.

A figura 18 traz um esboço da planta do barracão e do lava car com suas respectivas áreas:

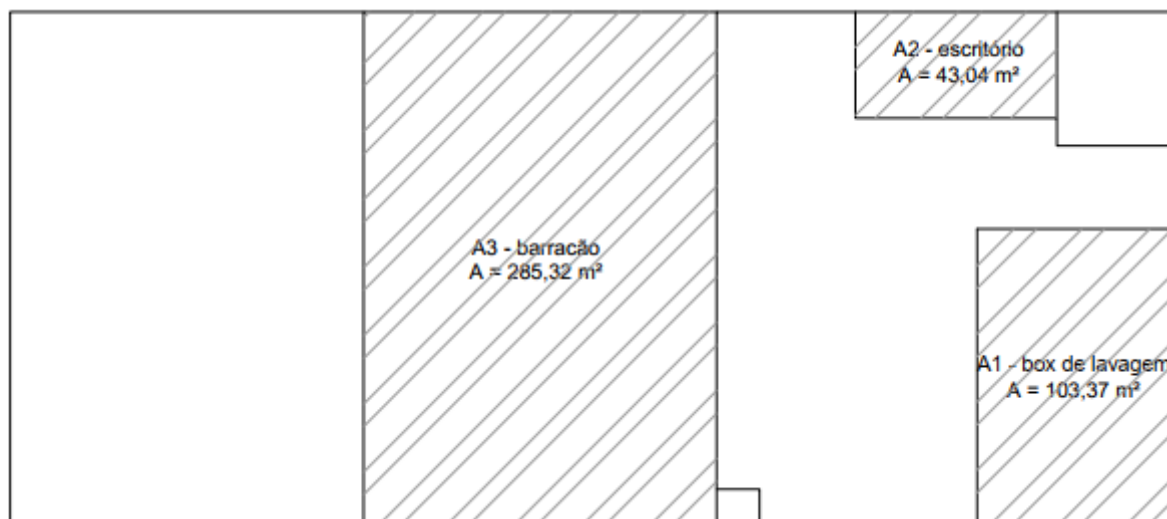


Figura 18 - Esboço da planta do barracão e do lava car, e as possíveis áreas de captação

Fonte: própria (2019)

A tabela 14 traz as dimensões, as projeções das áreas e as áreas efetivas para cada edificação com potencial de aproveitamento de águas pluviais:

Tabela 14 - Áreas de cobertura disponíveis

Local	a	b	h	Projeção da área (m ²)	Área efetiva (m ²)
A1 - box de lavagem	8,76	11,8	0,8	103,37	108,09
A2 - escritório	8	5,38	0,4	43,04	44,12
A3 - barracão	14	20,38	1,5	285,32	300,61
Total				431,73	452,81

Fonte: própria (2019)

Atualmente a água captada no barracão é direcionada a rede pública de drenagem. Os condutores que levam a água captada na cobertura do barracão passam pelo lava car através de uma tubulação exposta, antes de desaguar na rede pública de drenagem, facilitando assim o trabalho de fazer uma intercessão nessa tubulação e desviar a água para uma cisterna posicionada dentro do lava car.

Na fotografia 1 é possível observar os condutores que passam pelo lava car e conduzem a água coletada no barracão para o sistema público de drenagem:



Fotografia 1 - Condutores de água do barracão
Fonte: própria (2019)

5.3. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para o desenvolvimento do projeto, havia uma disponibilidade de área total de 431,73 m², porém foram feitas algumas combinações de áreas, de forma a tentar atender a demanda do lava car com os menores custos possíveis. Foram feitas 3 simulações com diferentes combinações das áreas efetivas de contribuição, para ver qual seria a configuração mais favorável para a implantação do sistema.

1. Área do box
2. Área do box + ½ área barracão
3. Área do box + ½ área barracão + área do escritório

Algumas considerações foram feitas na hora de escolher as configurações das simulações, como análise das áreas de contribuição, levantamento dos sistemas de calhas e condutores pré-existentes e quantidade de tubulação necessária para alcançar a cisterna de armazenamento.

Primeiramente foi tentado usar apenas a área do box de lavagem, porém não foi o suficiente para atender a demanda. Em seguida foram feitas mais duas simulações, primeiramente considerando a área do box de lavagem e o barracão, e por último considerando todas as áreas possíveis.

As tabelas 15, 16 e 17 demonstram os resultados obtidos para cada uma das simulações.

Tabela 15 - Simulação 1 – Área do box de lavagem apenas

Meses	Precipitação (mm)	Demanda mensal de água (m ³)	Área de contribuição (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Volume de chuva útil (m ³)	Diferença entre demanda e volume de chuva útil (m ³)	Volume do reservatório (m ³)
dezembro	181	48	108,09	19,56	17,39	30,61	30,61
janeiro	187	51	108,09	20,21	17,98	33,02	63,63
fevereiro	174	40	108,09	18,81	16,71	23,29	86,92
março	132	50	108,09	14,27	12,62	37,38	124,30
abril	185	47	108,09	20,00	17,78	29,22	153,52
maio	192	42	108,09	20,75	18,46	23,54	177,06
junho	159	57	108,09	17,19	15,25	41,75	218,80
julho	144	52	108,09	15,56	13,79	38,21	257,01
agosto	116	47	108,09	12,54	11,07	35,93	292,94
setembro	167	40	108,09	18,05	16,03	23,97	316,91
outubro	251	55	108,09	27,13	24,20	30,80	347,71

Fonte: Própria (2019)

Tabela 16 - Simulação 2 – Área do box + área do barracão

Meses	Precipitação (mm)	Demanda mensal de água (m ³)	Área de contribuição (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Volume de chuva útil (m ³)	Diferença entre demanda e volume de chuva útil (m ³)	Volume do reservatório (m ³)
dezembro	181	48	408,7	73,97	65,76	-17,76	-
janeiro	187	51	408,7	76,43	67,97	-16,97	-
fevereiro	174	40	408,7	71,11	63,19	-23,19	-
março	132	50	408,7	53,95	47,74	2,26	2,26
abril	185	47	408,7	75,61	67,23	-20,23	-
maio	192	42	408,7	78,47	69,81	-27,81	-
junho	159	57	408,7	64,98	57,67	-0,67	-
julho	144	52	408,7	58,85	52,15	-0,15	-
agosto	116	47	408,7	47,41	41,85	5,15	5,15
setembro	167	40	408,7	68,25	60,61	-20,61	-
outubro	251	55	408,7	102,58	91,51	-36,51	-

Fonte: Própria (2019)

Tabela 17 - Simulação 3 – Área do box + área do barracão + área do escritório

Meses	Precipitação (mm)	Demanda mensal de água (m ³)	Área de contribuição (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Volume de chuva útil (m ³)	Diferença entre demanda e volume de chuva útil (m ³)	Volume do reservatório (m ³)
dezembro	181	48	452,81	81,96	72,86	-24,86	-
janeiro	187	51	452,81	84,68	75,30	-24,30	-
fevereiro	174	40	452,81	78,79	70,00	-30,00	-
março	132	50	452,81	59,77	52,89	-2,89	-
abril	185	47	452,81	83,77	74,49	-27,49	-
maio	192	42	452,81	86,94	77,34	-35,34	-
junho	159	57	452,81	72,00	63,89	-6,89	-
julho	144	52	452,81	65,20	57,78	-5,78	-
agosto	116	47	452,81	52,53	46,37	0,63	0,63
setembro	167	40	452,81	75,62	67,15	-27,15	-
outubro	251	55	452,81	113,66	101,38	-46,38	-

Fonte: Própria (2019)

Foram apresentados os resultados obtidos com as simulações e conversado com os proprietários para que fosse decidida a melhor configuração. E a

configuração que se mostrou mais apropriada foi a da simulação 2, resultando num reservatório de 5,15 m³ de capacidade, o qual consegue fornecer uma demanda de água suficiente para atender o lavar car com um baixo custo de instalação.

A configuração 1 não conseguiria suprir a demanda do lava car, resultando em um reservatório super dimensionado e impossível de ser implementado na prática.

Já a configuração 3, apesar de ter resultado no menor reservatório entre os três, acabou sendo descartada também, pois seus 600 L poderiam ficar completamente cheios com apenas uma única precipitação, e assim a água excedente começaria a vazar pelo ladrão, não aproveitando todo o potencial que a cobertura do barracão dispõe. Outro fator considerado para o descarte da configuração 3, foi todo o trabalho e valor envolvido na instalação da tubulação que levaria a água do escritório para a cisterna para uma contribuição adicional de apenas 44,12 L; ou seja, um adicional de apenas 10,80% em relação a configuração 2.

5.3.1. Escolha do reservatório de água e local de instalação

De acordo com o dimensionamento, o volume do reservatório deveria ser de 5,15 m³. Entre um reservatório de 5000 L e 6000 L, foi escolhido um reservatório de 5.000 L para composição do sistema, tendo em vista que ainda se tem uma folga com a caixa d'água com capacidade de 1000 L dentro do box de lavagem.

Em seguida foi feita uma pesquisa de preços e escolhida a opção mais barata que atendesse as especificações da norma. A cisterna escolhida foi da marca Acqualimp de 5.000 L. O modelo está representado na figura 19:



Figura 19 - Cisterna escolhida
Fonte: Americanas.com (2019)

Quanto ao local de instalação, foi avaliado no lava car o melhor lugar para instalar a cisterna levando em conta as instalações do sistema de condução de água já existente e buscando encontrar um local o qual não atrapalhasse o fluxo de carros.

A cisterna será instalada ao lado de onde passa a tubulação que escoar a água do barracão para o sistema de drenagem urbana. O local foi escolhido visando a praticidade na hora da instalação, tendo em vista que um simples corte na tubulação de água do barracão e poucos metros de tubo já seriam o suficiente para desviar a água da chuva para a cisterna, além de ser considerado um lugar estratégico que não irá atrapalhar o fluxo de carros no lava car.

A figura 20 traz uma simulação de como ficaria a cisterna já instalada no local escolhido:



Figura 20 - Local de instalação da cisterna

Fonte: própria (2019)

A figura 21 traz a planta do lava car com a cisterna instalada, fornecendo assim uma noção do espaço que a mesma iria ocupar após a instalação:

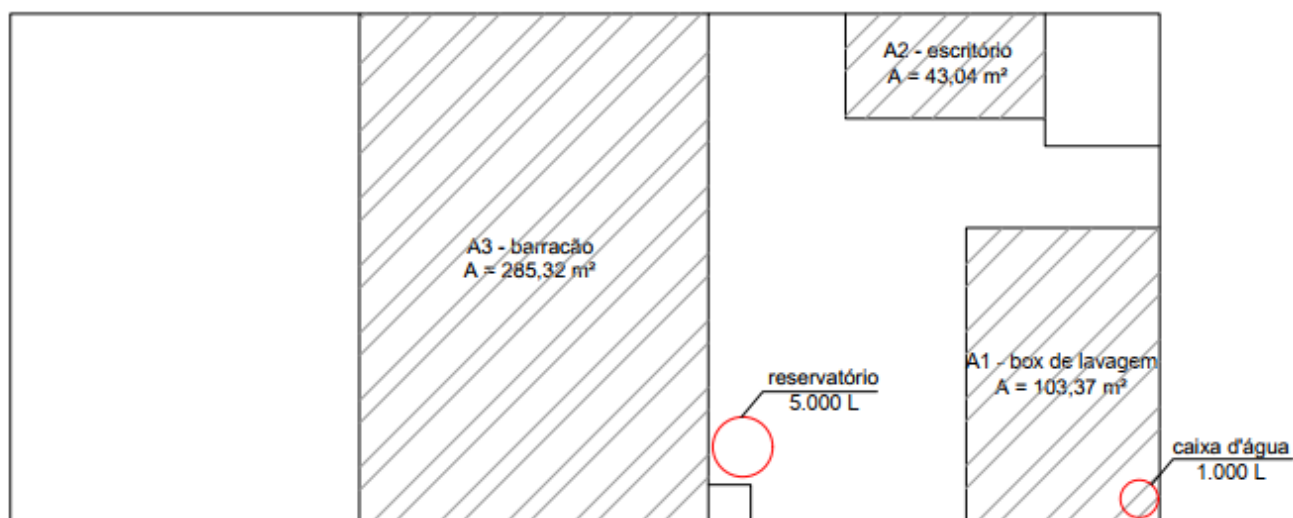


Figura 21 - Local de instalação da cisterna (planta)

Fonte: própria (2019)

5.4. SISTEMA DE CALHAS E CONDUTORES

O barracão já possui um sistema de calhas e condutores instalado, o qual será aproveitado. Depois de captada na cisterna, a água da chuva deverá ser conduzida até uma caixa d'água que fica dentro do box de lavagem. Para isso será necessário um sistema de bombeamento e condutores.

No caso da água captada na cobertura do box de lavagem, ela será conduzida diretamente para dentro da caixa d'água já instalada dentro do box, sem passar pela cisterna que recolherá a água do barracão. Porém, o box de lavagem não possui um sistema de calhas e condutores. Será preciso instalar esse sistema para que a água possa ser captada e direcionada para a caixa.

5.4.1. Dimensionamento das calhas e condutores para o box de lavagem

A tabela 18 traz os diâmetros calculados para o sistema de condução das águas pluviais do box de lavagem.

Tabela 18- Diâmetro das calhas e condutores do box de lavagem

Condutor	Diâmetro (mm)
calha	125
condutor vertical	100
condutor horizontal	100

Fonte: Própria (2019)

A figura 22 traz a planta indicando onde serão instaladas as calhas e também seus respectivos diâmetros:

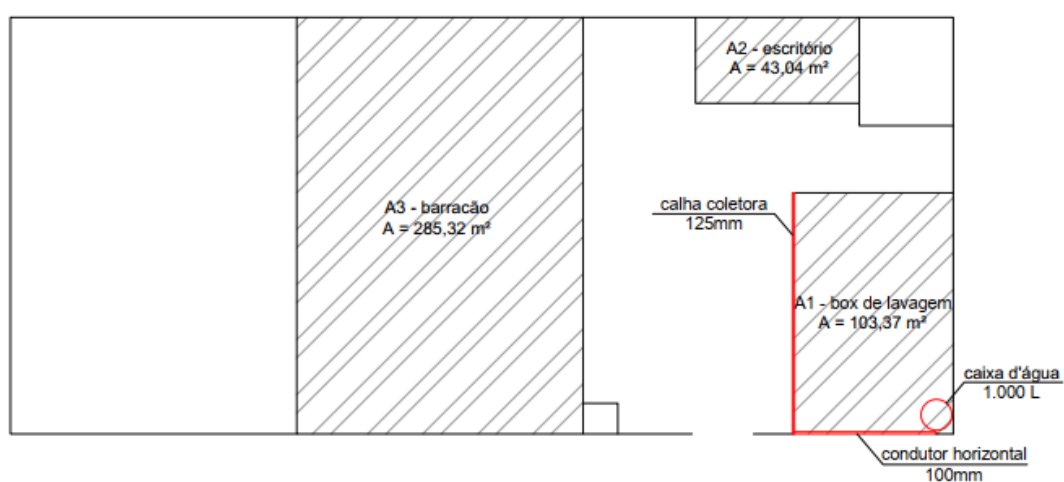


Figura 22 - Planta das calhas coletoras e dos condutores horizontais do box de lavagem

Fonte: própria (2019)

5.5. SISTEMA DE BOMBEAMENTO

Como a água não será utilizada diretamente da cisterna que armazenará a água da chuva, mas será transportada para uma caixa de água que já se encontra dentro do box de lavagem e está em uma cota acima da cisterna. Será preciso prever um sistema de bombeamento.

5.5.1. Dimensionamento da motobomba

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos para o dimensionamento da motobomba.

A vazão de recalque obtida de acordo com as projeções de volume de água a ser recalado e tempo de funcionamento da bomba foi:

$$Q_r = 2,7778 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

A tabela 19 traz os diâmetros obtidos para as tubulações de sucção e recalque do sistema.

Tabela 19 - Diâmetro das tubulações de bombeamento

Condutor	Diâmetro (mm)
recalque calculado	9,79
recalque adotado	15
sucção adotado	20

Fonte: Própria (2019)

A perda de carga localizada para o trecho de sucção de acordo com as peças utilizadas é apresentada na tabela 20:

Tabela 20 - Perda de carga localizada no trecho de sucção

Peça	Perda de carga equivalente (m)	Quantidade	Perda de carga localizada (m)
válvula de pé e crivo	9,5	1	9,5
registro de gaveta aberto	0,2	1	0,2
entrada normal	0,4	1	0,4
Total			10,1

Fonte: própria (2019)

A perda de carga localizada para o trecho de recalque de acordo com as peças utilizadas é apresentada na tabela 21:

Tabela 21 - Perda de carga localizada no trecho de recalque

Peça	Perda de carga equivalente (m)	Quantidade	Perda de carga total (m)
válvula de retenção	2,5	1	2,5
registro de gaveta aberto	0,1	1	0,1
joelho 90º 15mm	1,1	1	1,1
saída de canalização	0,8	1	0,8
Total			4,5

Fonte: própria (2019)

Os resultados obtidos para os respectivos comprimentos virtuais tanto do trecho de sucção quanto do trecho de recalque estão representados na tabela 22:

Tabela 22 - Comprimentos reais, equivalentes e virtuais

	Trecho	Comprimento
sucção	real	0,3
	equivalente	10,1
	virtual	10,4
recalque	real	17,5
	equivalente	4,5
	virtual	22

Fonte: própria (2019)

Com os trechos virtuais, foi calculado as perdas de carga distribuídas para ambos os trechos, e estão representadas na tabela 23:

Tabela 23 - Perdas de carga distribuídas

Trecho	Comprimento virtual (m)	Perda de carga (m)
sucção	10,4	0,57
recalque	22	4,91
total	32,4	5,48

Fonte: Própria (2019)

Por fim, chegou-se à altura manométrica total a ser vencida, apresentada na tabela 24:

Tabela 24 - Altura manométrica

Altura	Medida (m)
geométrica	2
da perda de carga	5,48
manométrica	7,48

Fonte: Própria (2019)

5.5.2. Escolha da motobomba

Para a escolha da motobomba, foi usado o catálogo da Schneider Motobombas, onde se pode analisar a melhor opção em função da vazão e altura manométrica requeridas no projeto.

A motobomba escolhida foi o modelo BCR-2000 de 0,25 cv de potência, a qual consegue recalcar uma altura de 8 m a uma vazão de até 2,6 m³/h.

Características da motobomba:

Modelo: BCR-2000

Potência: 0,25 cv

Altura manométrica máxima: 15 m

Vazão máxima: 3,5 m³/h

Rotação: 3500 rpm

A figura 23 traz uma ilustração do modelo da motobomba escolhido para o sistema:



Figura 23 - Motobomba BCR-2000

Fonte: Schneider.com (2019)

5.6. QUALIDADE DA ÁGUA CAPTADA

Para garantir uma melhor qualidade da água captada, foi optado por instalar um filtro para separar os sólidos grosseiros juntamente com um sistema de desvio das águas da primeira chuva. Serão instalados dois sistemas desses, um para a água coletada no barracão, e outro para a água coletada no box de lavagem. Uma segunda opção seria instalar uma tela nas calhas, mas tendo em vista que sua manutenção seria muito difícil de fazer em razão da altura do barracão, acabou optando-se por esse sistema que é mais simples, além de barato.

Como a finalidade que a água pluvial será utilizada neste caso implica em contato humano direto, optou-se em fazer também um procedimento de desinfecção através de cloração, por ser o procedimento mais barato e de mais fácil execução.

Cloração é o processo de adição de Cloro (Cl_2) à água, para anular a atividade de microrganismos patogênicos, algas e bactérias. Geralmente este processo é usado para tornar a água apta para o consumo humano. Não é o caso aqui, porém ainda assim, é importante ter um controle sobre os agentes patogênicos, visto que apesar de a água não ser consumida, estará em contato direto com a pele.

A aplicação do cloro pode se dar pela forma gasosa através de acondicionamentos de aço, pela forma líquida através de produtos que liberam cloro quando dissolvidos em água, ou ainda através de pastilhas sólidas (LAGE, 2010).

Optou-se por usar cloradores de pastilhas, pois são bastante indicados para piscinas e cisternas. O objetivo é manter um residual em torno de 2 a 4 ppm de cloro livre. Cada grama de pastilha de cloro tem capacidade para desinfetar aproximadamente 250 L.

Um refil com 30 pastilhas de Cloro de 10g pode ser encontrado no mercado por um valor aproximado de R\$ 13,00.

Dentre as opções existentes no mercado, foi escolhido o Smart Filtro Tecnotri por ser um produto que contempla todos os sistemas em um único produto, tornando assim o projeto mais simples, além de simplificar na hora da instalação. O Smart Filtro contempla um sistema de filtragem de sólidos grosseiros, um sistema de desvio das primeiras águas e ainda um sistema clorador para colocar as pastilhas de cloro. Esse filtro pode ser encontrado por aproximadamente R\$ 250,00.

A figura 24 traz uma ilustração do modelo do filtro escolhido para o sistema:



Figura 24 - Smart Filtro Tecnotri

Fonte: Tecnotri.com (2019)

5.7. LEVANTAMENTO DO GASTO MENSAL COM ÁGUA

Na tabela 25 estão informados os gastos mensais do lava car com as faturas de água.

Tabela 25 - Gastos mensais com água no lava car

Meses	Fatura de água (R\$)
dezembro	683,3
janeiro	727,99
fevereiro	573,79
março	722,37
abril	675,92
maio	616,78
junho	889,87
julho	809,43
agosto	736,86
setembro	626,88
outubro	858,48
média	720,15

Fonte: Lavacar (2019)

5.8. ANÁLISE ECONÔMICA

Neste tópico serão detalhados os resultados obtidos com a análise econômica, e então será avaliada a viabilidade da implementação do sistema proposto.

5.8.1. Custos de instalação do sistema

Para o custo de instalação, serão considerados todos os gastos envolvidos com materiais e mão de obra. A tabela 26 traz o levantamento dos materiais necessários para instalação de cada sistema separadamente:

Tabela 26 - Materiais necessários para instalação do sistema

	Item	Quantidade	Unidade
	calhas 125mm	11,8	metro
sistema de captação do box de lavagem	tubulação horizontal 100mm	8,5	metro
	tubulação vertical 100mm	1	metro
	cisterna 5000 L	1	-
	filtro	1	-
	motobomba	1	-
sistema de bombeamento	tubulação horizontal sucção 20mm	0,3	metro
	tubulação horizontal recalque 15mm	15	metro
	tubulação vertical recalque 15mm	2	metro
	válvula de retenção	1	-
	válvula de pé e crivo	1	-
	registro de gaveta	1	-
	entrada de sucção	1	-
	saída de recalque	1	-
	joelho 15mm	4	-
	sistema de captação do barracão	joelho 100mm	4
tubulação horizontal 100mm		1	metro
filtro		1	-

Fonte: própria (2019)

A tabela 27 traz o total de materiais que precisa ser comprado, juntamente com um levantamento de preço de mercado desses materiais:

Tabela 27 - Estimativa de custo dos materiais

Item	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Valor total (R\$)
calhas 125mm	13	metro	37,00	481,00
tubulação 100mm	12	metro	8,50	102,00
tubulação 15mm	19	metro	7,30	138,70
tubulação 20mm	1	metro	2,50	2,50
joelho 15mm	4	-	3,50	14,00
joelho 100mm	4	-	6,00	24,00
válvula de retenção	1	-	27,00	27,00
válvula de pé e crivo	1	-	24,00	24,00
registro de gaveta	1	-	27,00	27,00
entrada de sucção	1	-	50,00	50,00
saída de recalque	1	-	50,00	50,00
filtro	2	-	250,00	500,00
motobomba	1	-	450,00	450,00
cisterna 5000 L	1	-	2100,00	2100,00
total				3990,20

Fonte: própria (2019)

Em relação a mão-de-obra, foi estimado um custo de R\$ 300,00 para a instalação de todo o sistema. Ficando assim o custo total com materiais mais mão de obra:

$$C_t = R\$ 4290,20$$

5.8.2. Custos de operação do sistema

Os custos mensais com a operação do sistema serão em função da energia elétrica para bombear a água e com as pastilhas para desinfecção.

Como demonstrado na tabela 8, o lava car consome aproximadamente 48,09 m³ de água por mês. Como a bomba consegue recalcar uma vazão de até 2,6 m³/h para uma altura até 8m, teremos então um tempo de funcionamento da bomba:

$$T = 13h 36min$$

Considerando assim a potência da bomba, o tempo de funcionamento dela e o valor do kwh da região, é possível estimar o gasto mensal de energia elétrica para o funcionamento do sistema. Os valores estão demonstrados na tabela 28:

Tabela 28 - Gastos mensais com energia elétrica para funcionamento da motobomba

Valor do kwh (R\$)	Tempo de funcionamento (horas)	Gasto total de energia elétrica (R\$)
0,62801	13,60	8,54

Fonte: própria (2019)

Já os gastos com a cloração da água foram calculados tomando por base que é necessário 1 grama de cloro para desinfectar 250 L de água. Sendo que serão desinfectados aproximadamente 48,09 m³ de água por mês, teremos então:

$$C = 192,36 \text{ gramas}$$

A tabela 29 mostra os gastos mensais com cloração da água:

Tabela 29 - Gastos mensais com cloração da água

Valor da grama (R\$)	Quantidade mensal de cloro (gramas)	Gasto total com cloração da água (R\$)
0,04	192,36	7,69

Fonte: própria (2019)

Sendo assim, os gastos mensais para operação do sistema vão ser o somatório dos gastos com cloração e energia elétrica, e estão representados na tabela 30:

Tabela 30 - Gastos mensais totais para operação do sistema

Gasto total de energia elétrica (R\$)	Gasto total com cloração da água (R\$)	Gasto mensal total com operação do sistema (R\$)
8,54	7,69	16,23

Fonte: própria (2019)

5.8.3. Projeção dos novos gastos mensais com as tarifas de água após a instalação do sistema

Com o sistema de captação de águas pluviais já instalado, a expectativa é de que haja uma redução considerável com os gastos referentes as tarifas de água, pois a cisterna foi projetada para suprir toda a demanda de água da empresa. Porém ainda haverá um custo mensal, pois a linha de água continuará ligada para fornecer água potável para as outras atividades, que não a lavagem de carros e pisos.

Será considerado que os gastos mensais com as tarifas de água serão enquadrados dentro da tarifa mínima, visto que a partir da instalação do sistema, a água da concessionária será utilizada apenas para consumo humano, descarga de sanitário e em alguma eventual estação de seca onde a água da cisterna não consiga suprir a demanda do lava car.

Foi considerada assim, para após a instalação do sistema, a taxa de consumo mínima da concessionária, que é para um consumo de até 5m³ de água:

$$\text{Gastos com a tarifa mínima de água} = \text{R\$ } 69,79$$

5.8.4. Estimativa da economia nas tarifas de água geradas com a instalação do sistema

Botando lado a lado os custos atuais com as faturas de água e a projeção dos novos custos após a implantação do sistema, é possível ter uma estimativa da economia mensal nas tarifas de água do lava car. A tabela 31 explana esses valores:

Tabela 31 - Comparativo dos gastos mensais de água e potencial de redução de custos

Meses	Gastos com água antes da instalação do sistema	Gastos com água depois da instalação do sistema	Economia com a tarifa de água por mês
dezembro	683,30	69,79	613,51
janeiro	727,99	69,79	658,2
fevereiro	573,79	69,79	504
março	722,37	69,79	652,58
abril	675,92	69,79	606,13
maio	616,78	69,79	546,99
junho	889,87	69,79	820,08
julho	809,43	69,79	739,64
agosto	736,86	69,79	667,07
setembro	626,88	69,79	557,09
outubro	858,48	69,79	788,69
média	720,15	69,79	650,36

Fonte: própria (2019)

Temos então que a estimativa de economia mensal de água para o lavar é de aproximadamente:

$$\text{Economia mensal} = R\$ 650,36$$

5.8.5. Valor Presente Líquido (VPL)

Para os cálculos dos indicadores econômicos deste projeto, serão sempre usados os valores presentes líquidos. Atualizando os valores futuros para valores presentes, é possível fazer uma análise mais minuciosa e projeções mais precisas.

5.8.6. Taxa mínima de atratividade (TMA)

Para o cálculo da taxa mínima de atratividade será usada a poupança, por ser um investimento atrelado a SELIC, com risco praticamente zero, além de ser um dos investimentos mais populares e conhecidos no Brasil.

De acordo com os dados do Banco Central do Brasil, a poupança teve um rendimento anual de 4,26% em 2019 (BRASIL, 2019). Dividindo-se o rendimento

anual por 12, chega-se a um rendimento mensal de 0,355%, que será tomado como a taxa mínima de atratividade do projeto.

5.8.7. Investimento inicial e geração de caixa

A tabela 32 traz todos os valores gastos com a instalação e operação do sistema, e também os valores referentes a economia nas faturas de água decorrentes do menor consumo de água:

Tabela 32 - Investimento inicial, entradas e saídas de fluxo de caixa

Item	Classificação	Fluxo de caixa	Incidência
instalação do sistema de captação de águas pluviais	investimento inicial	-4290,20	única
consumo de energia elétrica para funcionamento do sistema	saída de fluxo	-8,54	mensal
gastos com cloração da água	saída de fluxo	-7,69	mensal
economia na tarifa de água	entrada de fluxo	650,36	mensal

Fonte: própria (2019)

Juntando os valores de entrada e saída de caixa em um único item para uma análise mais simplificada, teremos o seguinte:

Tabela 33 - Investimento inicial e geração de caixa

Classificação	Fluxo de caixa	Incidência
investimento inicial	-4290,20	única
geração de caixa	634,13	mensal

Fonte: própria (2019)

A tabela 33 nos traz o valor do investimento e a geração de caixa mensal que ele proporcionará já descontados os valores com manutenção e operação do sistema. Através desses valores é possível calcular o período de retorno para o investimento, e também comparar a outras taxas de mercado.

5.8.8. Fluxo de caixa em valores presentes

Será feita uma projeção do fluxo de caixa para um período de um ano considerando o sistema já instalado e em plena operação. A tabela 34 traz em valores presentes (VPL) o fluxo de caixa no período analisado.

Tabela 34 - Fluxo de caixa em valores presentes

Mês	Fluxo de caixa (R\$)	Valor presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-4.290,20	-4.290,20	-4.290,20
1	634,13	631,89	-3.658,31
2	634,13	629,65	-3.028,66
3	634,13	627,42	-2.401,24
4	634,13	625,20	-1.776,03
5	634,13	622,99	-1.153,04
6	634,13	620,79	-532,25
7	634,13	618,59	86,34
8	634,13	616,41	702,75
9	634,13	614,22	1.316,97
10	634,13	612,05	1.929,02
11	634,13	609,89	2.538,91
12	634,13	607,73	3.146,64

Fonte: própria (2019)

5.8.9. Taxa interna de retorno (TIR) e Prazo de retorno do investimento

Para este projeto, a TIR ficou em 9,76% ao mês, ou seja, uma taxa de retorno bastante alta, a qual ficou muito além da taxa mínima de atratividade proposta para este projeto.

Isso significa que o investidor vai ter um retorno de 10,12% ao mês, ou 9,76% maior que os 0,355% da TMA.

Já o prazo de retorno do investimento pode ser obtido analisando a tabela 34, onde é possível observar que o investimento terá se pago no final do 7º mês de operação do sistema.

6. CONCLUSÃO

É possível concluir que o projeto se mostrou tecnicamente viável para implementação. Calculado o volume de reservatório através do método Rippl, chegou-se a um reservatório de 5.000 L, um reservatório com dimensões consideráveis para o espaço limitado do lava car, mas ainda assim executável.

Certamente o que contribuiu bastante para a viabilidade do projeto foi o clima favorável da cidade, o qual possui um alto índice pluviométrico e bem distribuído durante o ano, onde mesmo nas estações mais secas, ainda mantém uma boa incidência de chuvas.

Outro fator que ajudou a viabilizar o projeto foi a possibilidade de usar a cobertura da construção vizinha, o qual aumentou consideravelmente a área de captação, potencializando bastante a viabilidade do projeto.

Por fim, após o levantamento dos dados com instalação e manutenção do sistema, foi possível observar que o projeto tem um custo razoável de instalação. Porém após o investimento inicial, de aproximadamente R\$ 4.300,00, os custos posteriores de manutenção são bastante reduzidos, ficando próximo dos R\$ 16,00 mensais.

Esses custos estariam relacionados a gastos com energia elétrica para bombeamento da água e gastos com cloração para desinfecção. Sendo eles desprezíveis quando comparados a economia nas tarifas de água geradas com a implementação do sistema, que segundo as projeções, deveriam ficar próximo dos R\$ 650,00.

Em relação a viabilidade econômica, o projeto se mostrou bastante viável, demonstrando um período de retorno baixo e uma taxa de retorno bastante superior a outros investimentos disponíveis no mercado. O prazo de retorno para o investimento ficou em aproximadamente 7 meses, enquanto a taxa interna de retorno ficou em 9,76% ao mês, o que é um valor muito alto quando comparado a poupança por exemplo que no último ano ficou abaixo de 1% ao mês.

Esses indicadores ficam mais interessantes ainda quando consideramos o baixo risco envolvido no investimento, sendo que após a implementação do sistema, basta o lava car seguir com suas atividades normalmente, sem necessidade de aumentar o faturamento ou base de clientes, como ocorre em alguns investimentos

mais onerosos, onde é necessário ter um aumento do faturamento para que seja possível compensar o valor investido.

Sendo assim, se tudo sair conforme o planejado, o investimento deve se pagar em aproximadamente 7 meses, e após esse período o lava car conseguirá incorporar um aumento de geração de caixa de R\$ 650,00 mensais, podendo esse valor ser investido em melhorias ou outros projetos futuros.

Além do fator financeiro, é válido lembrar que com a implementação desse sistema, o proprietário estará ajudando a cidade também que já possui um histórico bastante extenso com alagamentos devido a sua geografia e forma como ocorreu seu processo de urbanização, e estará fazendo sua parte para ajudar no contexto ambiental, economizando água potável, que é um recurso essencial à vida.

Mesmo que sua atitude analisada de forma isolada não resolva o problema da água no mundo, se cada um fizer a sua parte, talvez um dia possamos nos ver livres do problema de falta de água que tanto vem assolando a parcela mais pobre da humanidade nos últimos anos.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C.M.V.B. et al. Identifying improvements in water management of bus-washing stations in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, São Paulo - SP, v. 54, n. 11, p. 821-831, jan./2010. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/papers/journals/2010/2010_JCP_bus.pdf. Acesso em: 1 jan. 2020.

ALVES, W.; ZANELLA, L.; SANTOS, M. F. Sistema de aproveitamento de águas pluviais para uso não potáveis. **Revista Técnica**, p.99-104, abr./2008.

AMORIM, S.V.; PEREIRA, D.J.A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre - RS, v. 8, n. 2, p. 53-66, mai./2008. Disponível em: [https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5359#:~:text=Os%20m%C3%A9todos%20de%20dimensionamento%20analizados,m%C3%A9todos%20pr%C3%A9ticos%20\(brasileiro%20e%20alem%C3%A3o%20e%20portugu%C3%AAs\)](https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5359#:~:text=Os%20m%C3%A9todos%20de%20dimensionamento%20analizados,m%C3%A9todos%20pr%C3%A9ticos%20(brasileiro%20e%20alem%C3%A3o%20e%20portugu%C3%AAs).). Acesso em: 1 jan. 2020.

ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Aproveitamento de água de chuva é incluído na Legislação**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/aproveitamento-de-agua-de-chuva-e-incluido-na-legislacao>. Acesso em: 1 jan. 2020.

ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual, Brasília: ANA, 2018. p. 1-72.

ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Outorga e Fiscalização**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/outorga-e-fiscalizacao>. Acesso em: 1 jan. 2020.

ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Uso racional da água é a solução para a preservação desse recurso**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/uso-razional-da-a-gua-a-c-a-soluassapso-para-a.2019-03-15.1643221791#:~:text=Racionalizar%20o%20uso%20da%20%C3%A1gua%20n%C3%A3o%20significa%20ficar%20sem%20ela,nunca%20falte%20em%20nossas%20torneiras.&text=O%20gasto%20de%20%C3%A1gua%20%C3%A9,alguns%20m%C3%A9tos>. Acesso em: 1 jan. 2020.

ANDRADE NETO, C.O. Aproveitamento imediato da água de chuva. **GESTA - Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologia Ambiental**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 73-86, set./2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/294734421_APROVEITAMENTO_IMEDIATO_DA_AGUA_DE_CHUVA. Acesso em: 1 jan. 2020.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2005.

AQUESOL. **Kit com filtro para cisterna**. Disponível em: http://www.aquesol.com/produtos/0,5092_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3p-technik. Acesso em: 1 jan. 2020.

ARAÚJO, L.F. **Desviufpe como barreira sanitária para melhoria da qualidade de água de chuva em zona rural: Determinação de deposição seca e melhoria de desempenho**. 2017. 74f. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru - PB, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

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

AYUB, O. et al. **Captação e manejo de água de chuva para sustentabilidade de áreas rurais e urbanas – tecnologias e construção da cidadania: Aproveitamento de água de chuva em edificações: reflexões e necessidades**. 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, Teresina – PI, 2005.

BEAR, J. **Dynamic of Fluids in Porous Media**. 1 ed. New York: Dover Publicationsm 1988. p. 1-784.

BEZERRA, S.M.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 Construído**, Porto Alegre - RS, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212010000400015&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 1 jan. 2020.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Decreto Nº 24.643, de 10 de Julho de 1934**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 1 jan. 2020.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Dossiê Amianto Brasil**. 2010. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=6D7A48F5E37BF9E0890451F24A3A6917.node1?codteor=769516&filename=REL+1/2010+CMADS. Acesso em: 1 jan. 2020.

BRASIL. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Fazenda. **Coletânea de práticas de otimização de recursos/redução de desperdícios na Prestação de Serviços Terceirizados - Programa de Melhoria dos Gastos Públicos**. São Paulo, 2015. 18p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 443/BSB 03/10/1978**. 1978. Disponível em: <https://dae.jundiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Portaria-Federal-443-Bsb.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2. Ed. Brasília, 2004. 158p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água**. [s.d.]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/agua.html>. Acesso em: 1 jan. 2020.

BROWN, C.; GERSTON, J.; COLLEY, S. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3. ed. Austin - Texas: [s.n.], 2005. p. 1-88.

CABELLO, F.P. **Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF)**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. p. 1-511.

CAVALCANTI, C. et al. **Desenvolvimento e Natureza**: Estudo para uma sociedade sustentável. Recife: INPSO-FUNDAJ, 1994. p.1-262.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. **Hidrologia**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, 2006. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/apostila-completa-de-hidrologia-prof-daniel-fonseca-de-carvalho-e-prof-leonardo-duarte-batista-da-silva/4986053/>. Acesso em 01/01/2020.

CAVALCANTI, C. *et al.* **Desenvolvimento e Natureza**: Estudos para uma sociedade sustentável. 1. ed. Recife: INPSO-FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais-Fundação Joaquim Nabuco, 1994. p. 1-263.

CHIOQUETA, J.E. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Pato Branco**. 2011. 59f. Dissertação de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, Paraná, 2011.

CISAM – Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental. **Manual de Saneamento Rural**. 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/678177-Manual-de-saneamento-rural.html>. Acesso em: 1 jan. 2020.

DASBERG, S.; BRESSLER, E. Drip irrigation manual. **Elsevier**: Agricultural Water Management, Isarel, v. 12, n. 1-2, p. 164-165, oct./1986. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378377486900181>. Acesso em: 1 jan. 2020.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 234f. Dissertação de doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2012.

EMBRAPA. **Clima**. [s.d.]. Disponível em:

<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm#:~:text=Cfb%20%2D%20Clima%20temperado%2C%20com%20ver%C3%A3o,quente%20n%C3%A3o%20chega%20a%2022%C2%BAC.&text=Cfa%20%2D%20Clima%20subtropical%2C%20com%20ver%C3%A3o,chuva%20no%20m%C3%AAs%20mais%20seco>. Acesso em: 1 jan. 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Towards a Water and Food Secure Future: Critical Perspectives for Policy-makers**. 1. ed. South Korea: [s.n.], 2015. p. 1-76.

FERNANDES, D.R.B.; MEDEIROS NETO, V.B.; MATTOS, K.M.C. **Viabilidade econômica do uso de água da chuva: Um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN / RN**. XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Foz do Iguaçu – PR, 2007.

GARCIA, A. et al. **Consumo domiciliar e uso racional da água em áreas de baixa renda: pesquisa de opinião**. I CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – I COBESA, Salvador – BA, 2010.

GARSCHAGEN, D.M. **Nova Enciclopédia Barsa**. 11. Ed. São Paulo: Encyclopaedia Britannica do Brasil, 1998.

GNADLINGER *et al.* **Captação, manejo e uso de água de chuva**. 1. ed. Campina Grande - PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2015. p. 1-460.

GONÇALVES, R.F. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p.1-352.

GONÇALVES, R.F. **Uso Racional da Água em Edificações**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p.1-352.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, Germany, v. 1, n. 4, p. 307-316, jul./2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257587600_Rainwater_Utilisation_in_Germany_Efficiency_Dimensioning_Hydraulic_and_Environmental_Aspects. Acesso em: 1 jan. 2020.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Atlas Climático do Paraná**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2533>. Acesso em: 1 jan. 2020.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Estação de Pato Branco**. [s.d.]. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Pato_Branco.htm. Acesso em: 1 jan. 2020.

KINKER, R.S. **Proposta de implementação do aproveitamento de água de chuva em conjuntos habitacionais de interesse social: Estudo de caso de Carapicuíba e Guararema**. 2009. 110f. Dissertação de mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo - SP, 2009.

LAGE, E.S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica**. 2010. 194f. Dissertação de mestrado em Construção civil, Florianópolis – SC, 2010.

LEGISWEB. **Lei Nº 18730 de 28/03/2016**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317955>. Acesso em: 1 jan. 2020.

MADDISON, A. **Historical Statistics of the World Economy**. Disponível em: <http://www.ggdc.net/maddison/oriindex.htm>. Acesso em: 1 jan. 2020.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 222f. Dissertação de doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2009.

MEDEIROS, R.M. *et al.* Estimativa do volume de água utilizado em postos de lavagem de veículos. **Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas**, Pombal - PB, v. 9, n. 1, p. 16-18, jan./2015.

MESQUITA G.P. *et al.* **Potencial de aproveitamento de água de chuva para lavagem de veículos no município de Juiz de Fora - MG**. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - ABRH, Florianópolis – SC, 2017.

MORELLI, E.B. **Reúso de água na lavagem de veículos**. 2005. 107f. Dissertação de mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2005.

NUNES, R.T.S. **Consevação da água em edifícios comerciais: Potencial de uso racional e reuso em shopping center**. 2006. 157f. Dissertação de mestrado em Ciências em Planejamento Energético – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, L.H. *et al.* **Levantamento do estado da arte: Água**. Tecnologia para construção habitacional mais sustentável, 2007. São Paulo – SP.

ONU – Organização das Nações Unidas. **WWDR - Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Água para um mundo sustentável**, Perugia, Itália, 2015.

PATO BRANCO. Câmara Municipal. **Rio chopim vai assegurar no futuro o fornecimento de água em Pato Branco**. Pato Branco, 2019. Disponível em:

<http://camarapatobranco.com.br/rio-chopim-vai-assegurar-no-futuro-o-fornecimento-de-agua-em-pato-branco/>. Acesso em: 1 jan. 2020.

PATO BRANCO. Prefeitura de Pato Branco. **Lei Nº 2.349, de 18 de Junho de 2004**. Disponível em: <http://patobranco.pr.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/2.3492004-Capta%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1gua.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2020.

PATO BRANCO. Prefeitura de Pato Branco. **Relevo e Hidrografia**. Disponível em: <http://patobranco.pr.gov.br/omunicipio/relevo-e-hidrografia/>. Acesso em: 1 jan. 2020.

PEIXOTO; PEREIRA. Discurso versus ação no comportamento ambiental responsável. **GeAS - Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 71-103, nov./2013. Disponível em: <http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/48/59>. Acesso em: 1 jan. 2020.

PIECHNICKI, A.S. *et al.* Utilização da metodologia de análise e solução de problemas na redução das perdas de água: Um estudo de caso na Sanepar. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 3, n. 2, p. 90-99, ago./2011. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/11423/209209209393>. Acesso em: 1 jan. 2020.

REBOUÇAS, A. C. **Uso Inteligente da Água**. 1. ed. São Paulo: Escrituras, 2004. p. 1-207.

RIGHETTO, A.M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p.1-396.

RUOSO; KEMERICH; RIGHES. Filtro de areia para água da chuva com fluxo reverso. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 83-98, mar./2010. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/ea000708.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2020.

RUPP; MUNARIM; GHISI. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre - RS, v. 11, n. 4, p. 47-64, set./2011. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/20413>. Acesso em: 1 jan. 2020.

SABESP. **Programa de Uso Racional da Água: avanços na área sanitária e alcance nacional**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaold=65&id=7765>. Acesso em: 1 jan. 2020.

SACADURA, F.O.M.O. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. 2011. 153f. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa - Portugal, 2011.

SANEPAR. **Abastecimento continua com rodízio**. 2019. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/utilidade-publica/abastecimento-continua-com-rodizio>. Acesso em: 1 jan. 2020.

SANTOS F.M. *et al.* O uso indiscriminado da água. **Maiêutica**, Indaial, v. 5, n. 1, p. 29-37, jul./2017.

SANTOS, L.S. *et al.* **Avaliação do consumo de água em residências utilizando a calculadora do consumo de água**. 10º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL: Regulamentação Ambiental, Desenvolvimento e Inovação, Porto Alegre – RS, 2016.

SANTOS, D.C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Antac**, Porto Alegre - RS, v. 2, n. 4, p. 7-18, dez./2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228373521_Os_sistemas_prediais_ea_promocao_da_sustentabilidade_ambiental. Acesso em: 1 jan. 2020.

SAUTCHUK *et al.* **Conservação e Reúso da água em Edificações**. 1. ed. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. p. 1-152.

SEBRAE. **Lava-jato sustentável**. 2016. Disponível em: http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/2016_3_LAVA-JATOS.pdf. Acesso em: 1 jan. 2020.

SETTI *et al.* **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2. ed. Brasília - DF: [s.n.], 2001. p. 1-226.

SILVA, G.S. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o programa de uso racional da água da universidade de São Paulo**. 2004. 482f. Dissertação de mestrado em Engenharia de Construção Civil – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, F.J.A. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Tecnologia**, Fortaleza - Ceará, v. 26, n. 1, p. 1-11, jun./2005.

SOBRINHO, R.A.; BORJA, P.C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa:: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Engenharia Sanitária e Ambiental - ESA**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 783-795, abr./2016.

TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTYIA, M. T. (Ed.). **Abastecimento de água**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. cap. 10, p. 475-525.

TEIXEIRA, P.C. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água**. 2003. 199f. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil na área de concentração de Saneamento e Meio Ambiente – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas de um projeto.** 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, Belo Horizonte – MG, 2007.

TOMAZ. **Aproveitamento de Água de Chuva:** Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. 3. ed. Guarulhos - SP: [s.n.], 2010. p. 1-491.

TOMAZ. **Economia de Água:** Nas empresas e residências. Um estudo atualizado sobre medidas convencionais e não-convencionais do uso racional da água. 1. ed. SP: Navegar, 2001. p. 1-113.

TRATA BRASIL. **Perdas de Água 2019 (SNIS 2017) - Desafios para Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico.** Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/perdas-de-agua-desafios-para-disponibilidade-hidrica-e-avanco-da-eficiencia-do-saneamento-basico>. Acesso em: 1 jan. 2020.

TUCCI. **Hidrologia:** Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2001. p. 1-469.

UNEP – The United Nations Environment Programme. **Rainwater Harvesting and Utilisation: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management:** An Introductory Guide for Decision-makers, v.2, UNEP International Environmental Technology Center, Osaka – Japan, 2001. 12p.

UN-HABITAT – The United Nations Human Settlements Programme. **Rainwater Harvesting and Utilisation:** Beneficiaries and Capacity Builders. 2. ed. Nairobi: UN-Habitat, 2005. p. 1-77.

VERMEREIN, L.; JOBLING, G.A. Localized irrigation: design, installation, operation, evaluation. **Rome:** FAO, 1984. 203p.

VIEIRA, Z.C. et al. Avaliação financeira de sistemas de captação de água pluvial nas capitais nordestinas. **Expressão Científica**, Sergipe, v. 4, n. 1, p. 8-20, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/bitstream/123456789/1142/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20financeira%20de%20sistemas%20de%20capta%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua%20pluvial%20nas%20capitais%20nordestinas.pdf>. Acesso em: 1 já. 2020.

WATERFAL. **Harvesting Rainwater:** for landscape use. 2. ed. Tucson - Arizona: CATCH Water, 2004. p. 1-60.

ZANELLA, L., **Aproveitamento de água de chuva.** PALESTRA APRESENTADA NO 7. CICLO DE APERFEIÇOAMENTO TÉCNICO PROFISSIONAL ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES E CIDADES - IPT, São Carlos, 2015. 113p.

ZARKZEVSKI, S.B. **A educação ambiental na escola: abordagens conceituais**. 1. ed. Erechim: Edifapes, 2003. p. 1-132.

8. ANEXOS

Anexo I

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