

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL/PR

JOÃO CARLOS SERATTI ALVARES¹; RICARDO PAGANIN²

¹Discente, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, juan.seratti@hotmail.com

²Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias, Prof. Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, engpaganin@gmail.com.

RESUMO: Nos dias atuais, há várias regiões do planeta que enfrentam problemas de escassez de água para consumo, onde o crescimento desordenado das cidades, o aquecimento global, o crescimento demográfico, o aumento da demanda de água pela indústria e agricultura e a não conscientização da população sobre o manejo adequado da água, fazem com que esse recurso se torne cada vez mais escasso. Em busca de maneiras de se minimizar esse quadro, é necessário encontrar alternativas de conservação deste recurso, para isso é preciso reformular o sistema de abastecimento, o qual, atualmente, utiliza água que deveria ser destinada a fins potáveis, em lugares onde seu uso é dispensável. Para reverter este quadro, o reuso entra como alternativa plausível em busca de fontes que trarão a redução do consumo de água potável. O presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em um lava rápido de carros no município de Cascavel/PR. O estudo busca dimensionar o sistema, de modo a obter o seu melhor desempenho com o menor custo possível, para que o retorno do investimento inicial seja o mais breve analisando o *payback*, materiais a serem utilizados, mão de obra para implantação e o valor da tarifa a ser economizada pela utilização do sistema. De acordo com os resultados obtidos, o uso do sistema deve ser estimulado, pois há uma significativa diminuição no uso de água potável de em média 13,73 m³/mês, trazendo uma economia de R\$ 189,54, tendo um tempo de retorno do investimento de aproximadamente três anos e oito meses.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso. Implantação. Viabilidade econômica.

ECONOMIC FEASIBILITY OF A RAINWATER SYSTEM FOR NON-POTABLE PURPOSES IN A COMMERCIAL BUILDING IN THE CASCAVEL / PR CITY.

ABSTRACT: Nowadays, there are several regions in the planet that face problems of water shortage for consumption, where the disorderly growth of cities, global warming, population growth, increasing demand for water for industry and agriculture, and population on the proper management of water, make it appear more and more scarce. Looking for ways to minimize this case, is necessary to find conservation alternatives, it is necessary to reformulate the supply system, which is, currently, uses water that should be used for drinking purposes in places where its use is dispensable. To reverse this scenario, reuse is a plausible alternative for sources that eliminate the consumption of drinking water. The objective of this study was to study the economic viability of the implantation of a rainwater capture and utilization system for non - potable purposes in a car wash at Cascavel / PR. The study seeks to size the system in order to obtain the best performance with the lowest possible cost, so that the initial investment return is the soonest, analyzing the payback, materials to be used, labor for deployment and the value of the rate to be saved by using the system. According to the results, the use of the system should be approved, since there is a significant decrease in the use of drinking water of an average of 13.73 m³/month, bringing an economy of R\$189.54, with a return on investment of approximately three years and eight months.

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial à vida humana, se tratando de um dos principais recursos encontrados na natureza, atualmente há uma preocupação da humanidade em relação à sua conservação. Neste âmbito, a água, além de ser um recurso vital e de extrema importância como fator de produção para diversas atividades, é fonte essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico em todo mundo (CARVALHO, 2010).

O planeta Terra possui uma enorme disponibilidade de água em toda sua superfície, porém, nem todo este recurso disponível é destinado ao consumo humano. Segundo o Ministério de Educação e Cultura e Ministério do Meio Ambiente (2005), mais de 97,5% da água do planeta é salgada, e da parcela de água doce, 68,9% encontram-se nas geleiras, calotas polares e regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõem a umidade do solo e dos pântanos e, apenas 0,3% constituem a porção superficial de água doce presente em rios e lagos.

O sistema de aproveitamento de água pluvial busca encontrar uma maneira alternativa de manejo de águas não potáveis. Segundo Diniz (2013), o sistema visa minimizar a solicitação das fontes de água potável em seu uso para fins não potáveis, evitando assim o desperdício desse recurso em locais em que seu uso é dispensável e a utilizando adequadamente em locais em que seu uso é indispensável.

Esta pesquisa terá como finalidade o estudo da viabilidade econômica da implantação de um sistema de água pluvial em um lava rápido no município de Cascavel/PR, o estudo terá enfoque econômico e ambiental, buscando uma alternativa para a redução do consumo de água tratada e o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, com o intuito de promover a conscientização da sociedade acerca da necessidade de se reutilizar águas pluviais, chamando atenção quanto à preocupação que deve ser dada ao meio ambiente.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Dimensionar o sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais;
- Propor a implantação de um sistema de captação para aproveitamento de águas pluviais;
- Calcular retorno financeiro (*payback*).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ciclo hidrológico

Pode definir-se ciclo hidrológico como a sequência fechada de fenômenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa àquele, nas fases líquida e sólida (WEIERBACHER, 2008). A transferência de água da superfície terrestre para a atmosfera se dá por meio da evaporação, por sublimação e por transpiração dos animais e das plantas. A água em circulação na atmosfera encontra vapores com temperaturas diferentes, formando as nuvens que posteriormente irão se precipitar.

Durante a precipitação, a água pode evaporar pela transpiração das plantas e evaporação do solo ou ficar retida na vegetação. Ao chegar ao solo, a água vai se infiltrando, e quando ela ultrapassa o limite de capacidade de infiltração do solo e de retenção da vegetação, há a saturação do solo, e então, o escoamento superficial. Oliveira (2008) relata que a gravidade impulsiona a água para as cotas topográficas mais baixas, formando então os cursos d'água, que, juntamente com os demais escoamentos, formarão os córregos e riachos, até atingirem o talvegue principal, que funciona como exultório para a foz que descarrega nos mares.

2.2 Disponibilidade de recursos hídricos

A disponibilidade de recursos hídricos compreende todos os recursos de água, tanto superficiais quanto subterrâneas em uma determinada região ou bacia hidrográfica, para qualquer uso (MARINOSKI, 2007). Se tratando de um recurso esgotável, deve-se dedicar uma atenção especial na manutenção de um bem tão importante para a existência da vida no planeta, pois se trata de um recurso indispensável no desenvolvimento dos seres vivos e de atividades agrícolas, comerciais, industriais ou culturais.

A água no planeta Terra está distribuída de forma não uniforme, pois as características do ciclo hidrológico não são homogêneas, sendo que na Ásia e na América do Sul se concentram os maiores volumes disponíveis (FONTANELA, 2010). Para Macedo (2004), o Brasil é considerado, pela Organização das Nações Unidas, um país que tem água em abundância, pois detém cerca de 12% da água doce do planeta, com uma vazão média de 177.900 km³/ano, que corresponde a 53% da vazão média da América do Sul.

Apesar de o território brasileiro apresentar grande disponibilidade deste recurso, o mesmo não está distribuído uniformemente pelo país, havendo um grande desequilíbrio entre oferta e demanda de água (FONTANELA, 2010). Isso quer dizer que a abundância hídrica não necessariamente indica a qualidade do recurso, pois o mau planejamento da infraestrutura, o desmatamento, a não conscientização do uso correto e a alta demanda de

algumas regiões – devido à alta densidade populacional – entram na contramão desta disponibilidade hídrica. A Tabela 1 mostra a proporção territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões brasileiras.

Tabela 1: Área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.

Região	Área Territ. (%)	Disponibil. Água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	42
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	16	7

Fonte: GHISI (2010 apud FONTANELA, 2010).

Com estes indicadores, verificam-se no Brasil, que as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado, onde há muita água ocorre o baixo índice populacional (FONTANELA, 2010).

Conforme mostra a Tabela 1, regiões com maior disponibilidade hídrica não necessariamente terão uma distribuição homogênea de água, pois pode ocorrer uma alta concentração populacional em uma faixa territorial pequena, como é o caso da cidade de Cascavel, no Paraná, onde a densidade populacional da cidade é muito maior do que a do estado, o que pode contribuir negativamente com a demanda dos hídricos. Na Tabela 2 pode-se comprovar este fato.

Tabela 2: Dados da densidade populacional.

Localidade	População 2010	População estimada 2017	Área territ (Km²)	Densidade pop. 2010 (hab/Km²)	Densidade pop. 2016 (hab/Km²)
Paraná	10.444.526	11.320.892	199.307,94	52,4	56,8
Cascavel	286.205	319.608	2.100,83	136,23	152,13

Fonte: IBGE (2018).

O sistema de abastecimento de água tratada de Cascavel conta duas estações de tratamento a captação superficial do Rio Cascavel, Perobal e Saltinho, e a captação subterrânea em dezesseis poços para atender cem por cento da área urbana da cidade (SANEPAR, 2014). Na maior cidade do Oeste do Estado, são consumidos, em média, cinquenta e oito milhões de litros de água por dia (SANEPAR, 2011).

2.3 Consumo dos recursos hídricos

Tomaz (2000, apud NUNES 2006) diz que para as previsões de consumo de água são bastante usados coeficientes de uso, visto que, muitas vezes, o agente consumidor não é o indivíduo que trabalha ou reside no local. Há, portanto, certas atividades que exigem um indicador de consumo de água baseado em peso (Kg), ou volume (m³), ou pessoa (habitante, empregado, aluno) ou ainda por utilidade (leito, quarto, assento, veículo).

Tomaz (2000, apud NUNES 2006) explica que estas unidades, juntamente com valores fixos aproximados, são os coeficientes de uso, utilizados para estimar o consumo de água nas mais variadas tipologias de edifícios. A Tabela 3 explica a relação entre as diversas atividades e seus respectivos coeficientes de uso, citando alguns exemplos mais comumente empregados.

Tabela 3: Relação entre atividades e seus coeficientes de uso

TIPOLOGIA DE EDIFÍCIO	COEFICIENTES DE USO (Consumos médios diários de água)
Aeroportos	10 a 12 litros/passageiros
Bares	40 litros/m ²
Cinemas	2 litros/assento
Creches	50 a 80 litros/criança
Edifício de escritórios	50 a 80 litros/empregado ou 4 a 10 litros/m ²
Escolas (externato)	50 litros/aluno
Hospitais	250 litros/leito
Hotéis	250 a 350 litros/hóspede
Indústrias (para fins higiênicos)	50 a 70 litros/operário
Lojas e Estabelecimentos Comerciais	6 a 10 litros/m ²
Lava rápido automático de carros	250 litros/veículo
Lavanderias	1 a 2 litros/Kg de roupa
Parques e áreas verdes	2 litros/m ²
Residências	200 litros/pessoa
Restaurantes	20 a 30 litros/refeição preparada
Shopping Centers	4 litros/m ²
Teatros	7 litros/m ² ou 5 a 10 litros/assento

Fonte: Nunes (2006).

Segundo Nunes (2006), os principais destinos comerciais para águas não potáveis consumidas em edificações comerciais são: lava rápidos de carros, *shopping centers*, restaurantes e hotéis. Verifica-se, segundo a Tabela 3, que é alto o consumo de água tratada

para fins não potáveis, nos quais ela poderia ser substituída por águas pluviais, trazendo uma economia expressiva.

A substituição da água potável por águas pluviais onde o seu uso é dispensável, é um eficiente sistema que visa uma melhoria na qualidade de vida. O uso da água de maneira eficiente protege o meio ambiente, economiza energia, reduz os investimentos em infraestrutura, ocasionando melhoria dos processos industriais (SILVEIRA, 2008). Se tratando de uma parcela grande de uso de água potável onde seu uso é dispensável, o reuso de águas pluviais é uma alternativa importante na luta pela preservação dos recursos hídricos e, consequentemente, da vida terrestre.

2.4 Importância do reuso da água

O conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificado, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades (PEREIRA, 2009). Atualmente, o uso racional da água está cada vez mais presente nos meios de comunicação, buscando incentivar e conscientizar as pessoas da importância de não desperdiçar, e sim, preservar este recurso vital (MARINOSKI, 2007).

A água é um recurso essencial à sobrevivência dos seres vivos, podendo ser abundante em algumas regiões do planeta, mas em outras, chegando a ser quase inexistente (CHRISTMANN et al, 2014). O Nordeste brasileiro, por exemplo, há muito tempo enfrenta problemas sérios com a falta de água potável para consumo e para realização de atividades, o mesmo não acontece com a mesma intensidade em outras regiões brasileiras.

Christmann et al (2014) destaca que a sociedade está vivenciando um grande crescimento de população, de poluição e de economia, provocando assim, uma crise na qualidade da água e no abastecimento potável, no qual uma grande parte da reserva de água doce que há no planeta encontra-se poluída ou ameaçada pela poluição; nas cidades, a maior parte dessa contaminação advém do esgoto, monóxido de carbono, bactérias e produtos derivados de petróleo. Uma das opções que servem para minimizar esse quadro é o reuso das águas pluviais nas residências domiciliares, pois isso contribui na diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, minimiza o risco de inundações e traz economia para quem implanta o sistema.

2.5 Vantagens do sistema de aproveitamento de águas pluviais

A captação de águas pluviais é uma prática que vem sendo utilizada em vários países desenvolvidos, onde as necessidades da sociedade são atendidas sem que sejam colocados em risco os recursos ambientais, além de trazer um retorno financeiro significativo.

May (2004) destaca como vantagens advindas da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, o baixo impacto ambiental ocasionado por ele, a facilidade da implantação devido à utilização de estruturas existentes na edificação como telhados, lajes e rampas, o fato de a água pluvial ter qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento, o complemento que o sistema produz no convencional, a reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público, a conveniência onde o suprimento ocorre no ponto de consumo, a fácil manutenção, o baixo custo de operação e manutenção, a qualidade relativamente boa da água captada e a flexibilidade das tecnologias disponíveis.

2.6 Constituintes do sistema de captação de águas pluviais

Segundo a NBR 15.527/2007, a área de captação é medida em metros quadrados e projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água pluvial é captada. A área de captação de um edifício comercial é a laje ou o telhado.

May (2004), relata que é necessária para a coleta da água, a instalação de condutores verticais e horizontais, que são tubulações e calhas do sistema que conduzem a água pluvial até o reservatório. Para o dimensionamento dos condutos utiliza-se a NBR 10.844 (ABNT 1989), nos quais se projetam as calhas, utilizando-se da fórmula de Manning-Strickler, que leva em consideração a vazão, o tipo de material utilizado, a declividade e as dimensões de projeto, para os condutores verticais são utilizados ábacos.

A água da chuva, quando precipitada, traz consigo vários poluentes existentes na atmosfera, e, quando atinge a área de captação, há de entrar em contato com os sólidos em suspensão, compostos muitas vezes por materiais, partículas e poeira. Para a redução da contaminação, a NBR 15.527 (2007) recomenda o uso de dispositivos de descarte de primeiras águas, que eliminam essas primeiras precipitações que limpam o telhado, a norma também recomenda dispositivos automáticos e sugere um valor mínimo de descarte de 2 mm. May (2004) comenta que as primeiras águas do telhado são levadas por meio dos condutores para um pequeno reservatório, que fica na parte inferior do mesmo (onde há um orifício para descarte dessa água), além de contar com um fundo removível para limpeza do dispositivo.

No instante em que esse reservatório se enche, as demais águas são direcionadas ao reservatório de águas pluviais.

O filtro 3P VF1 é utilizado para filtrar águas pluviais em telhados com áreas de até 200 m². A sua eficiência de retenção de sólidos pode variar em torno de 90% a 95%, isso vai depender da intensidade da chuva. Pereira (2009) explica que os resíduos provindos dos condutos não se acumulam, eles são separados por um sistema de descarga alternativo e então um destino correto é dado a eles, no qual a manutenção desse sistema de filtragem é feita duas vezes ao ano, salvo em situações nas quais se retém um maior número de resíduos na cobertura.

Segundo Nunes (2006), o reservatório é o principal elemento a ser dimensionado, pois ele é o fator que delimita a demanda a ser reservada, e nele será feito o tratamento da água para o seu uso devido. Segundo Fontanela (2010), para o dimensionamento de um reservatório de armazenamento de águas pluviais em uma edificação, a NBR 15.527 (2007) disponibiliza os seguintes métodos: Método da Simulação do Reservatório ou Balanço Hídrico Seriado, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês, Método Prático Australiano e Método de Rippl.

O freio d'água é instalado no fundo da cisterna e conectado ao filtro através de um tubo de 100 mm de PVC. Sua função é reduzir a velocidade de entrada da água filtrada e evitar o revolvimento das partículas finas decantadas no reservatório (CARVALHO, 2010).

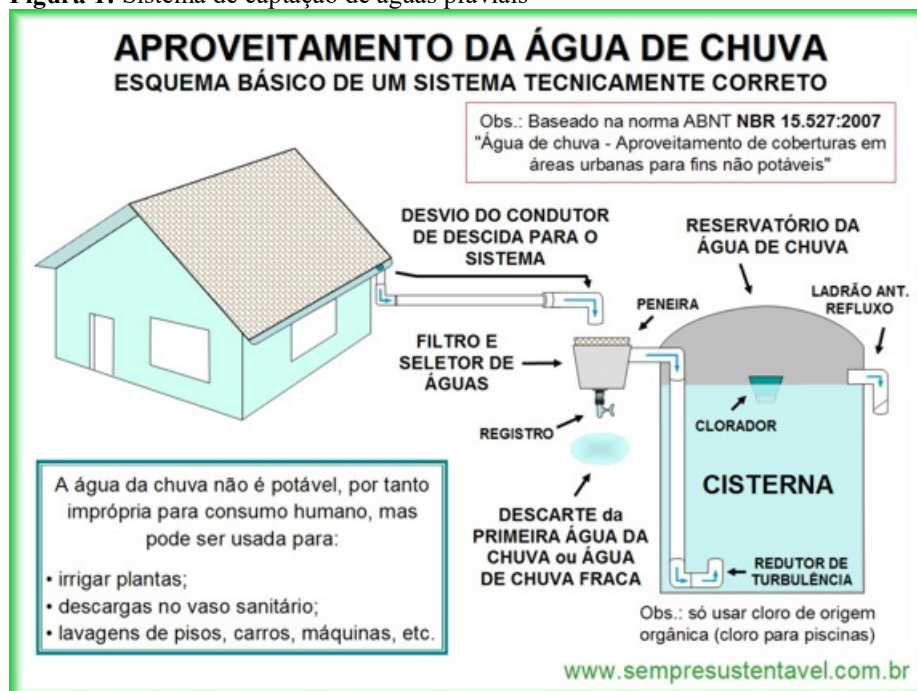
O conjunto é instalado dentro da cisterna e capta a água próxima à superfície para a bomba, que, por sua vez, recalcará aos pontos de consumo ou para um reservatório elevado exclusivo para água de chuva (CARVALHO, 2010).

O sifão é instalado dentro da cisterna e faz o controle do nível para que não haja transbordamento. Possui saída de 100 mm Ø com formato sifonado que impede a entrada de insetos e roedores no reservatório (CARVALHO, 2010).

A desinfecção da água de chuva pode ser realizada através de métodos simples, desde que este processo seja feito de forma segura e que não inviabilize economicamente o sistema (MAY, 2004). O método mais comum utilizado nesse processo de desinfecção é o cloro residual livre, do qual são recomendadas quantidades entre 0,5 e 3 mg para cada litro de água que será reservada.

O estudo seguiu o mesmo conceito empregado na Figura 1, baseado na norma ABNT 15.527/2007, utilizando-se de praticamente todos os equipamentos representados na mesma.

Figura 1: Sistema de captação de águas pluviais



Fonte: Sempresustentavel.com.br (2017, acesso em outubro 2018)

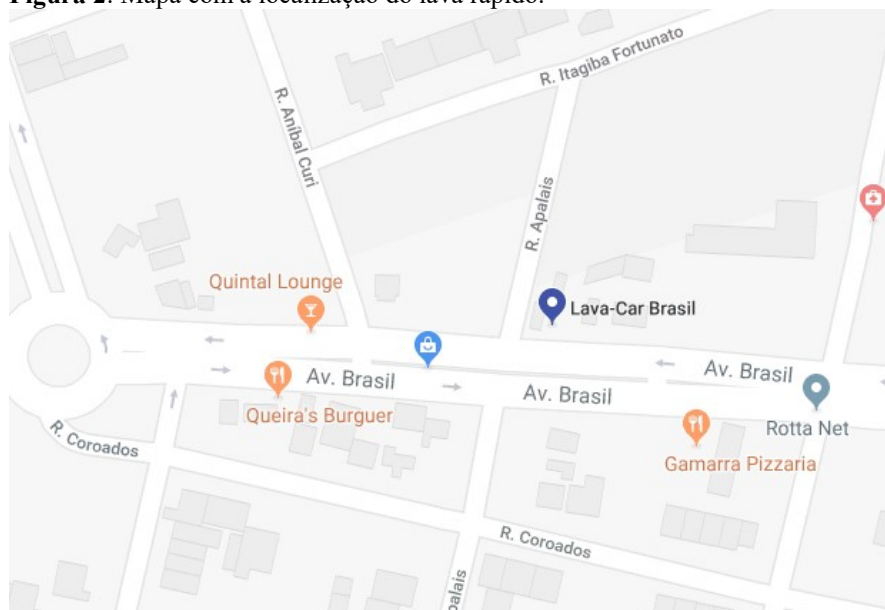
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa realizada é classificada como estudo de caso, que segundo Gil (2008), é o estudo de poucos ou de um objeto, de maneira que essa permita seu amplo e detalhado conhecimento, que no presente estudo é a viabilidade econômica em se utilizar o método de reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em um lava rápido.

3.1 Caracterização da amostra

O presente estudo foi desenvolvido para um lava rápido de carros com 95 m² de cobertura feita de telha de cimento amianto, em um terreno de 361,85 m², no bairro Santo Inácio, na cidade de Cascavel, no estado do Paraná, com o intuito de avaliar a viabilidade econômica para a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. A Figura 2 mostra a localização do lava rápido.

Figura 2: Mapa com a localização do lava rápido.



Fonte: Google Maps (2018).

3.2 Dimensionamento do sistema

O volume do reservatório foi o principal fator a ser dimensionado, ele precisa atender às necessidades do consumidor com o menor custo e maior eficiência possível. O reservatório será dimensionado a partir de dois métodos de cálculo obtidos na NBR 15.527/2007, são eles o Método da simulação e o Método de Rippl, pois são os métodos com melhor custo/benefício que atendem às necessidades requeridas durante o processo de cálculo.

3.3 Dados pluviométricos

O conhecimento dos dados de precipitação anual do local da pesquisa é necessário para que se saiba o volume de água local que será captado pela cobertura da edificação durante o ano, atuando como variável para o cálculo do volume de água captado. Quanto maior o volume de precipitação, maior será o volume de água adquirido pelo sistema. Para uma melhor compreensão, o Instituto de Águas do Paraná registra os dados pluviométricos da região de Cascavel/PR desde o ano de 1975. A pesquisa utilizou dados de quatorze anos, do ano 2000 ao ano 2013, pois, devido às mudanças climáticas, os dados pluviométricos podem variar ao longo dos anos. Os dados do período podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4: Dados pluviométricos dados mensais de chuva em Cascavel/PR entre 2000-2013.

Alturas mensais de precipitação (mm)												
Estação:	SAO JOÃO DO OESTE			Código:	02453056			Entidade:	AGUASPARANÁ			
Município:	Cascavel			Instalação:	26/07/1975			Extinção:				
Tipo:	P			Bacia:	Piquiri			Sub-bacia:	2			
Altitude:	661,945 m			Latitude:	24° 57' 43"			Longitude:	53° 14' 36"			
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	200,1	349,8	172,3	70,5	88,4	171,3	119,4	100,4	235,9	264,0	169,5	242,0
2001	257,2	398,1	189,9	95,2	176,2	108,2	133,5	110,2	177,2	129,3	171,1	123,8
2002	206,4	62,1	110,1	36,8	550,4	12,0	93,3	102,3	127,2	238,5	288,7	172,8
2003	212,6	294,9	182,2	165,9	72,2 *	119,2 *	176,7	75,9	132,8	252,6	183,0	291,2
2004	56,4	90,8	62,5	89,3	353,3	170,9	142,1	23,0	76,1	384,1	215,3	94,6
2005	214,1	47,2	46,8	113,0	281,0	238,2	51,6	120,3	210,9	428,6	43,9	73,1
2006	313,6	101,2	241,8	112,5	6,7	105,5	66,5	86,5	177,2	150,2	256,8	165,4
2007	218,2	119,5	143,7	364,4	195,5	5,1	76,9	15,1	62,2	91,1	201,5	196,4
2008	214,2	149,4	69,1	187,5	61,4	157,7	105,4	139,2	70,6	310,7	167,8	24,0
2009	204,3	156,8	117,0	44,9	205,2	119,0	148,1	75,1	203,4	322,0	219,4	241,8
2010	205,6	185,7	176,6	257,6	88,6	30,4	111,5	31,9	69,8	194,7	94,5	291,3
2011	219,1	310,8	96,8	124,0	4,8	83,2	276,3	362,0	64,3	332,2	173,2	101,8
2012	221,1	135,6	71,2	291,0	53,0	282,6	57,2	1,7	46,0	234,6	144,5	195,6
2013	157,3	178,1	417,5	92,2	235,9	403,8	22,7	22,8	143,0	145,2	154,4	173,8
Valores anuais												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	207,2	184,3	149,8	146,1	169,5	143,4	112,9	90,5	128,3	248,4	177,4	170,5
MÍNIMA	56,4	47,2	46,8	36,8	4,8	5,1	22,7	1,7	46,0	91,1	43,9	24,0
MÁXIMA	313,6	398,1	417,5	364,4	550,4	403,8	276,3	362,0	235,9	428,6	288,7	291,3

Fonte: Instituto de Águas do Paraná (2018).

3.4 Demanda

A quantidade de carros lavados mensalmente foi levantada por meio de contato direto com o proprietário do estabelecimento.

3.5 Volume mensal captado

Define a quantidade mensal de águas pluviais captadas para que se possa ter uma mensuração da quantidade de água disponível para uso não potável. A quantidade de água pluvial que pode ser armazenada, dependendo do tamanho da área de captação, da precipitação pluviométrica do local e do coeficiente de escoamento superficial, também é chamada de coeficiente de Runoff (MARINOSKI, 2007). Tomaz (2010) recomenda a Equação 1 para calcular o volume mensal captado.

$$Q = \frac{P \times C \times A}{1000} \quad (1)$$

Onde:

Q = Volume mensal de chuva (m^3);

P = Precipitação mensal (mm);

C = Coeficiente de Runoff;

A = Área de Captação (m^2).

3.5.1 Coeficiente de Runoff

Tomaz (2010) afirma que para efeito de cálculo, o volume de chuva aproveitado não é o total precipitado, para isto utiliza-se um coeficiente de escoamento superficial que denomina-se coeficiente de Runoff, que consiste no resultado do quociente entre a água escoada superficialmente pela água precipitada. O coeficiente de Runoff pode ser obtido segundo a Tabela 5.

Quadro 1: Coeficientes de Runoff médios

MATERIAL	Coeficiente de Runoff
Telha cerâmica	0,8 a 0,9
Telha esmaltada	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2010).

O coeficiente de Runoff é representado pela letra C e expressa a perda de água por meio de evaporação, vazamentos, transbordamento, lavagem do telhado entre outros, e pode variar de 5% a 20%, isto dependerá do material utilizado na cobertura da edificação.

3.5.2 Método de Rippl

Neste método, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo (CARDOSO, 2013). O método é utilizado para dimensionar o volume máximo do reservatório com o intuito de garantir o abastecimento de água constante.

Segundo May (2004), o número de dias com atendimento à demanda, sem que seja necessário depender do sistema de abastecimento da concessionária, é a relação entre o

volume do reservatório de captação de águas pluviais e o volume da demanda, conforme pode ser observado na Equação 2.

$$N = \frac{VR}{VD} \quad (2)$$

Onde:

N = Número de dias com atendimento a demanda (dias);

VR = Volume do Reservatório (m³);

VD = Volume da Demanda (m³).

3.5.3 Método da simulação

É um método complexo que leva em consideração a água já armazenada do mês anterior, exceto no primeiro mês, no qual o reservatório é considerado vazio. Para o cálculo deste método é preciso levar em consideração a água armazenada no início do mês, o volume de água captado e a demanda mensal, conforme a Equação 3.

$$VRf = Q + VRi - DM \quad (3)$$

Onde:

VRf = Volume do reservatório no final do mês (m³);

Q = Volume de chuva mensal (m³);

VRi = Volume do reservatório no início do mês (m³);

DM = Demanda mensal (m³).

Se o valor for negativo, há a necessidade de se utilizar água provinda da concessionária.

3.5.4 Valor da tarifa

A tarifa é o valor pago pela população à empresa responsável pelos serviços de tratamento de água e esgoto por ela oferecidos, a qual varia de acordo com a concessionária que oferece os serviços. É sobre a tarifa que a implantação do sistema de aproveitamento de

águas pluviais vai agir economicamente, pois, quanto maior o volume captado maior será a economia de água potável.

Na Tabela 6 podem-se observar as taxas de água potável e esgoto sanitário que são cobradas pela concessionária SANEPAR, que opera na cidade de Cascavel.

Tabela 5: Estrutura tarifária dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário

CATEGORIA	FAIXA DE CONSUMO (M³)	TARIFA (R\$)/M³	
		ÁGUA	ESGOTO
COMERCIAL	MÍNIMO 5	6,92	5,53
	6 A 10	5,35	4,28
	11 A 15	7,93	6,34
	16 A 20	7,99	6,39
	21 A 30	8,04	6,46
	ACIMA DE 30	8,10	6,48

Fonte: Adaptado de SANEPAR (2018).

Vale ressaltar que a água captada pelo sistema não tem a potabilidade da água oferecida pela concessionária, porém, as águas captadas das chuvas servem diretamente para o foco deste trabalho, que é o uso não potável da mesma, que ainda assim requer alguns tratamentos específicos.

3.6 Taxas orçamentárias

O orçamento é o estudo feito para que se possa mensurar o total gasto na obra, no qual são colocados em pauta os materiais necessários para a implantação do sistema de maneira a minimizar ao máximo o custo da obra, sem que isso afete negativamente o desenvolvimento do sistema. Para o cálculo de mão de obra, escavação e materiais de lastro de concreto foi utilizado o TCPO (2013).

Os dados obtidos pela TCPO para adquirir os preços dos insumos (materiais, e mão de obra) para o orçamento do projeto são apresentados na Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 6: Escavação Manual de vala em solo de 1ª categoria – unidade: m³

Componentes	Unidades	Consumos			
		Profundidade (m)			
Servente		Até 2	2 a 4	4 a 6	6 a 8
	H	4	4,5	5	5,5

Fonte: TCPO (2013).

Tabela 7: Reaterro Manual de Vala – unidade: m³

Componentes	Unidades	Consumos
Servente	H	0,45

Fonte: TCPO (2013).

Tabela 8: - Lastro de Concreto magro com seixo, e = 8 cm, incluindo preparo e lançamento – unidade: m²

Componentes	Unidades	Consumos
Pedreiro	H	0,16
Servente	H	1,28
Seixo rolado ou cascalho rolado fino	M ³	0,072
Areia lavada tipo média	M ³	0,056
Cimento <i>Portland</i> CP II	Kg	16,1

Fonte: TCPO (2013).

Os valores de materiais como o reservatório e as tubulações foram obtidos por meio de um levantamento em lojas de materiais de construção da cidade.

3.7 Retorno financeiro (*Payback* Simples)

Para o estudo da viabilidade financeira foi considerado o método de *payback* simples, não considerando custo de manutenção ou degradação do projeto com o tempo, sendo necessário saber o valor calculado no orçamento da implantação do sistema, e então, deve-se subtrair o preço que eventualmente seria cobrado sobre serviços de esgoto e água potável fornecidos pela concessionária, esta, que fora substituída pela água captada no sistema. O sistema passará a ser rentável a partir do momento em que o valor economizado mês a mês ultrapassar o orçamento inicial da obra.

Segundo Chilton *et al* (1999 *apud* DORNELLES, 2012), o retorno financeiro do investimento feito deve estar abaixo de 10 anos ou 120 meses, para que esse sistema seja considerado viável.

3.8 Análise de dados

O sistema foi dimensionado e os valores de implantação foram levantados, assim como a possível economia gerada pela utilização do sistema. A partir de então foi feita a análise financeira para a verificação de viabilidade econômica do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativa de consumo do estabelecimento

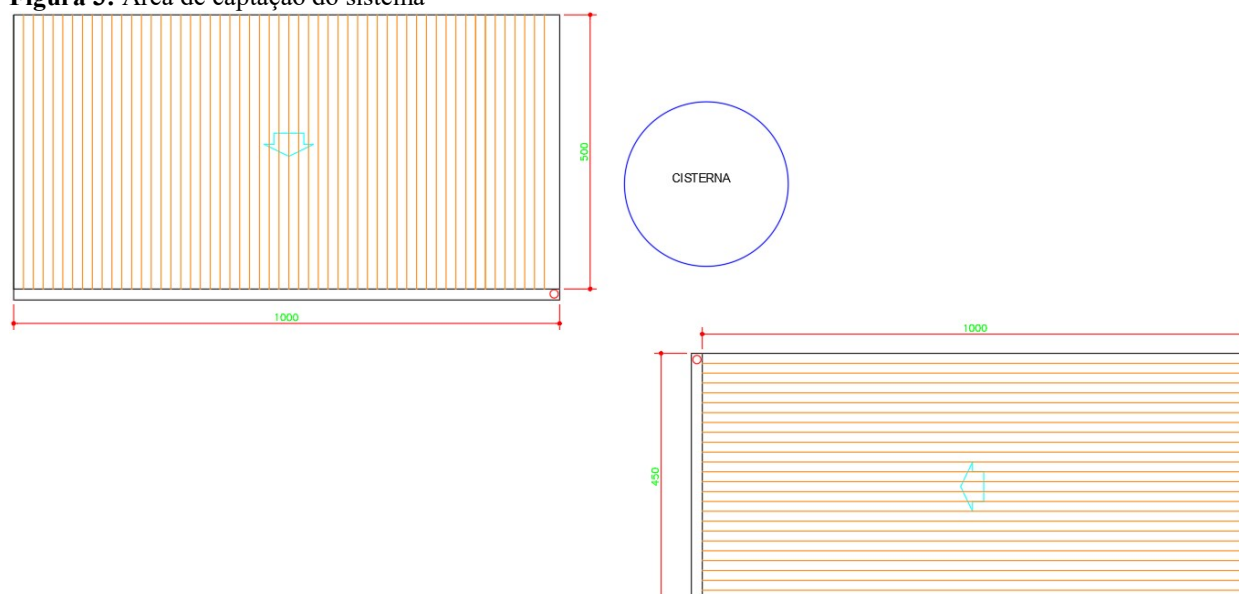
De acordo com a pesquisa realizada em campo, no lava rápida selecionado, em questionamento com o proprietário, foi levantada uma média de 60 veículos lavados por semana, Nunes (2006) diz que para cada carro de passeio usa-se em média 250 litros de água, estimando-se um valor de demanda de 60 m³ de água potável por mês de funcionamento.

4.2 Sistema considerado

Com base nos estudos realizados, verificando-se o volume de água captada e o volume de demanda que o lava rápido necessita, optou-se pelo reservatório de 10 m³, encontrado industrializado no mercado, para que não haja a necessidade de o mesmo ser construído *in loco*. O armazenamento será constituído de dois reservatórios, um inferior, com capacidade de 10 m³, situado enterrado próximo à calha, e uma caixa d'água superior, de 1 m³, a qual dará o destino da água anteriormente armazenada para as áreas de interesse.

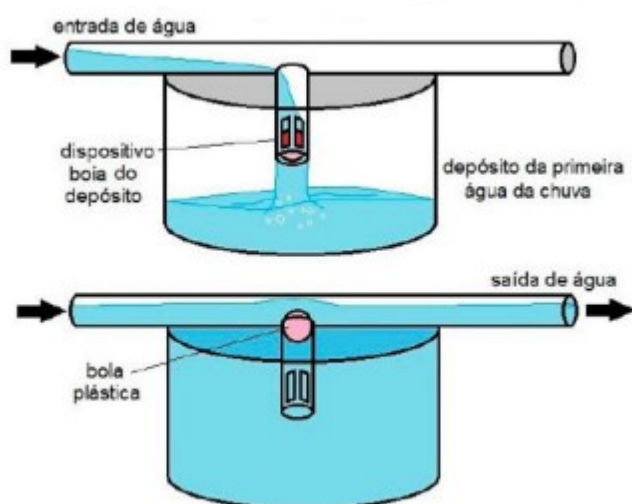
O sistema será munido de dispositivo de descarte de primeiras águas mostrado na Figura 2, reservatório de 10.000 litros, caixa d'água de 1.000 litros, filtro 3P VF1, freio d'água, boia comum, boia elétrica, sifão/ladrão, bomba, registro de esfera e disjuntor.

A Figura 2 mostra a representação do sistema considerado, com destaque na área de captação.

Figura 3: Área de captação do sistema

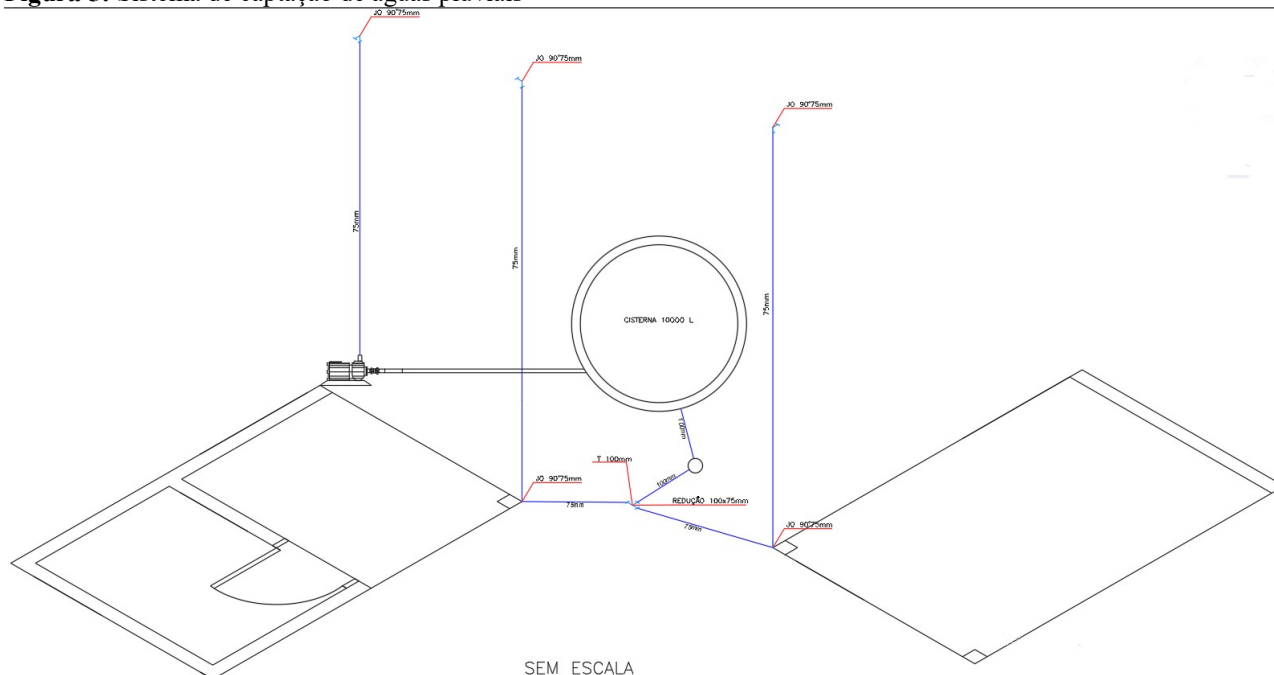
Fonte: Autor (2018)

A figura 4 detalha o funcionamento do dispositivo de descarte de primeiras águas

Figura 4: Dispositivo de descarte de primeiras águas

Fonte: OLIVEIRA *et al* (2012)

A Figura 5 representa o sistema de captação de água pluvial considerado.

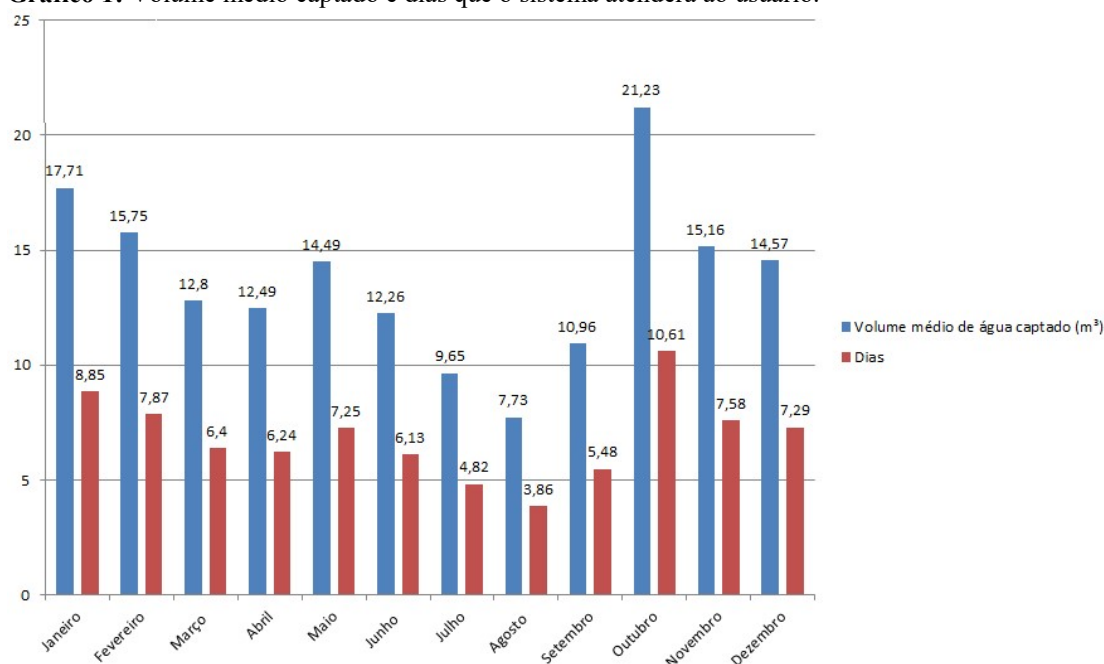
Figura 5: Sistema de captação de águas pluviais

Fonte: Autor 2018

O estudo segue o mesmo conceito empregado na Figura 5, baseado na norma ABNT 15.527/2007, utilizando-se de todos os equipamentos representados na mesma.

4.3 Confiabilidade

No que se refere à confiabilidade do sistema, pode-se obter, segundo o método da simulação, o volume de água mensal que o sistema irá captar sem depender do abastecimento da concessionária local, o que pode ser observado no Gráfico 1, podendo-se calcular com quantos dias o sistema pode satisfazer a demanda solicitada.

Gráfico 1: Volume médio captado e dias que o sistema atenderá ao usuário.

Fonte: Autor (2018).

As colunas em azul representam a possível captação de água que o sistema poderá fazer no mês, cálculo realizado por meio da Equação 1 de volume mensal captado, utilizando os dados da Tabela 4, que fornecem o volume médio de chuva mensal na região de Cascavel/PR. Tendo em vista uma média de consumo do lava rápido de $60\text{m}^3/\text{mês}$, essa captação atenderá o número de dias no mês que estão representados nas colunas em vermelho. Somando os dias que o sistema atenderá ao usuário, tem-se um total 76,14 dias, o que equivale a 21% do ano com abastecimento garantido pelo sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais.

4.4 Orçamento

Para o melhor funcionamento do sistema, foi escolhido o reservatório de 10 m^3 . O orçamento é a representação de valores que serão gastos em materiais e mão de obra para a conclusão do sistema. Com o orçamento é possível saber o período de retorno do investimento inicial. A Tabela 10 apresenta o orçamento completo para a implantação do sistema de captação e armazenamento de águas pluviais para fins não potáveis.

Tabela 9 : Orçamento de materiais solicitados.

PRODUTO	VALOR UNITÁRIO (R\$)
Boia para caixa d'água Censi ½'' e ¾''	47,90
Boia de nível elétrica Intech Machine BE15 Bivolt	28,40

Bomba de água auto-aspirante JETP-60 ½ CV 127V (110V)	401,90
Cisterna de Polietileno Acqualimp 10000 L	3.980,90
Cx. D'água de Polietileno Fortlev 1000 L	455,90
Disjuntor Unipolar Din Curva C 10A Steck	6,49
Filtro Residencial VFI Acquasave	1.424,90
Freio D'água Acquasave 100 mm	89,90
Registro de Esfera Volante Tigre 25mm ou ¾"	20,90
Separador de Primeiras águas	169,90
Sifão Ladrão Acquasave 100 mm	189,90
Escavação e Reaterro	500
Lastro de Concreto	201,55
Calha para o sistema com mão de obra	652,50
4 Condutores retangulares para Calha PVC 65,4x300mm	
Tigre	185,80
Total	8356,84

Fonte: Autor (2018).

Os serviços foram calculados por meio do TCPO (2013), e os valores encontrados para mão de obra, escavação e materiais de lastro de concreto foram obtidos no SINAPI (Dezembro, 2017). Os valores dos materiais utilizados foram encontrados em diferentes lojas na cidade de Cascavel/Paraná, sendo elas: Bigolin Materiais de Construção, JD Home Center e Construcal Materiais de Construção, pelo fato de não haver a disponibilidade de todos os produtos em uma única loja.

4.5 Retorno financeiro (*PayBack*)

Para o estudo da viabilidade financeira, é preciso saber o valor calculado no orçamento da implantação do sistema, e então, subtrai-se o preço que eventualmente seria cobrado em cima dos serviços de esgoto e água potável fornecida pela concessionária e que fora substituída pela captada no sistema. A tarifa considerada com um consumo de 60m³/mês seria de R\$ 797,27, com o sistema, o empresário terá um reembolso médio de R\$ 189,54. O sistema passará a ser rentável a partir do momento em que o valor economizado mês a mês ultrapassar o orçamento inicial da obra. Na Tabela 10 pode-se observar que a análise do *payback* para o sistema de aproveitamento de águas pluviais para uso não potável na cidade de Cascavel/PR foi viável economicamente.

Tabela 10: *PayBack*.

MESES	INVESTIMENTO (R\$)	BENEFÍCIO	RETORNO
1	8.356,84	189,54	-8.167,30
12		2.274,48	-6.082,36

24	4548,96	-3.807,88
36	6823,44	-1.533,40
48	9097,92	741,08

Fonte: Autor (2017).

A viabilidade econômica do projeto foi positiva, e com retorno do investimento inicial dado graças ao elevado índice pluviométrico local e sua regular distribuição durante os meses do ano, o retorno financeiro se deu em 3 anos e 8 meses, ou seja, a médio prazo, a partir de então o empresário poderá economizar R\$ 189,54 ao mês. A implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para uso não potável na cidade de Cascavel se mostra interessante para o caso analisado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil possui uma grande disponibilidade de recursos hídricos, porém, essa água é mal distribuída entre as regiões, seja por baixa densidade pluviométrica ou por má qualidade do recurso, por isso o cuidado com o manejo adequado da água considerada potável. Com a implementação do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais é possível dar um destino correto à água que não seria utilizada, e supostamente, seguiria para o sistema de drenagem municipal.

A região analisada mostrou um alto potencial para a utilização do sistema de aproveitamento de águas pluviais, pois as precipitações são altas e bem distribuídas. Apenas na área estudada foi possível a redução de 164,8 m³/ano de água potável, que além de poder ser substituída, seria paga pelo consumidor.

Tendo em vista a precipitação média em Cascavel - PR e comparando-a com a demanda da edificação, foram observados resultados positivos, os quais mostraram que o sistema de aproveitamento de águas pluviais é uma alternativa economicamente viável, já que se apresenta como um método duradouro.

O investimento em políticas de preservação e divulgação da ideia por parte governamental é fundamental para a disseminação e adoção de medidas de preservação, para que a sociedade se conscientize dos problemas ambientais e coloque em prática políticas de preservação acessíveis à mesma, buscando melhorias de qualidade de vida, lutando por um

mundo igual e deixando de herança aos futuros habitantes, não apenas o meio ambiente preservado, mas o legado de um povo que se preocupa com o próximo.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: Água da chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, 2007.

CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais**: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina. 2010. 53 f. Monografia (Pós-Graduação em Construções de Obras Públicas) - Universidade Federal do Paraná, Apucarana, 2010.

CARDOSO, C. E. N. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. 2013. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

CHRISTMANN S.S.; PIEREZAN, J. B. **Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura**. 2014. 15 f. Artigo Científico (Graduação em Arquitetura) – Universidade de Cruz Alta, Unicruz, Cruz Alta, 2014.

DINIZ, S. A. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura - irrigação de jardins e lavagem de pisos**. 2013. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Pitágoras, Betim, 2013.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seus efeitos na drenagem pluvial**. 2012. 234 f. Tese (Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FONTANELA, L. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial**. 2010. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2010.

GIL, R. L. **Tipos de pesquisa**. 2008. Licenciatura em Ciências Biológicas Disciplina de Pesquisa do Ensino de Ciências e Biologia. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil. Paraná. 2018. Disponível <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama> IBGE Acesso em: 15 de março de 2018.

MACEDO, J. A. B. **Águas & águas**. 2. ed. 977 f. São Paulo: Varela., 2004

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em Instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis -SC.** [S.l.]: [s.n.], 2007. 118 f.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual de educação para o consumo sustentável.** 1 ed. 161 f. Brasília: IDEC., 2005

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NUNES, R. T. S. **Conservação da água em edifícios comerciais: Potencial de uso racional e reuso em shopping center.** 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, N. N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis, de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos.** 2008. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Guarulhos, UnG, Guarulhos, 2008.

PEREIRA, L. R. **Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura.** 2009. 24 f. Artigo Científico (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Católica de Goiás, UCG, Goiânia, 2009.

SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Curitiba: [s.n.], 2017

SANEPAR. **Empresa investe R\$ 12 mi para ampliar produção de água em cascavel.** Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/noticias/empresa-investe-r-12-mi-para-ampliar-producao-de-agua-em-cascavel>>. Acesso em 02 de maio de 2018.

SANEPAR. **Simulador de tarifas.** Disponível em: <<http://atvn.sanepar.com.br/simuladorconta>>. Acesso em 02 de maio de 2018.

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais.** 2008. 44 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2008.

TCPO: Tabelas de composição de preços para orçamento. São Paulo: PINI, 2013.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** 2010.

WEIERBACHER, L. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada-RS.** 2008. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Luterana do Brasil, ULBRA, Canoas, 2008.