

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

KESLEY LUIS MORAES

**SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM  
ESTUDO DE CASO**

CURITIBA  
2018



KESLEY LUIS MORAES

**SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM ESTUDO DE CASO**

**COLLECTION SYSTEM AND WASTEWATER ADVANTAGE: A CASE STUDY**

Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em MBA em Gestão Ambiental do curso de Pós-graduação em Gestão Ambiental Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Professora Dra Ana Maria Jara B. Faria

Co-orientador: Professor Dr David Alexandre Buratto

CURITIBA  
2018

## RESUMO

De toda a água presente no mundo apenas 2,5% é doce, sendo que deste total 68,9% está congelada em calotas polares e em áreas montanhosas. A demanda por essa água tem aumentado substancialmente nas últimas décadas, isso ocorre devido ao crescimento da população, industrialização, e necessidade da busca por recursos como ferro, cobre, bauxita entre outros. Com o intuito de economizar água os sistemas de captação e reaproveitamento das águas pluviais vem se tornando um grande aliado e se popularizando nos últimos anos. O presente estudo teve como objetivo verificar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva comparando o orçamento proposto com a economia prevista com o projeto para estimar o tempo de retorno deste investimento. Para essa avaliação foram levantados os dados históricos de Precipitação, realizado uma proposta de Modelo de Sistema de Captação e Aproveitamento e a estimativa de seu custo de implantação e operação. Foram analisados os possíveis tipos de consumo das águas pluviais e calculado o volume de captação do sistema proposto. Somente com a captação de águas pluviais com reservatório de 1.000 litros chegou-se a uma economia de 79.450 litros de água por ano. Para implantação do projeto os custos levantados iniciaram em R\$ 2.511,00 (reservatórios de 1.000 litros) a R\$ 3.551,00 (reservatórios de 5.000 litros). A economia anual calculada adotando o menor reservatório chegou a 79.450 litros por ano de água da concessionária. Uma situação interessante observada é que não foi obtido os melhores resultados financeiros quando implantado reservatórios de maiores volumes. Com o estudo conclui-se que os sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais possuem um atrativo financeiro sendo que com a execução da proposta realizada seu retorno de investimento seria em 35 meses e posterior a esse período o empreendedor obteria uma economia de R\$ 883,15 por ano. Além da economia a implantação também auxilia na redução por demanda de água oriunda de abastecimento público e reduz o lançamento de águas pluviais nas galerias urbanas.

Palavras-chave: Captação de águas pluviais, reaproveitamento de águas pluviais e redução de consumo de água.

## ABSTRACT

Of all the water in the world, only 2.5% is sweet, of which 68.9% is frozen in polar caps and in mountainous areas. The demand for this water has increased substantially in the last decades, due to population growth, industrialization, and the need to search for resources such as iron, copper, bauxite and others. In order to save water, rainwater harvesting and reutilization systems have become a great ally and have become popular in recent years. The present study aimed to verify the feasibility of implementing a rainwater harvesting system comparing the proposed budget with the expected economy with the project to estimate the time of return of this investment. For this evaluation, the historical precipitation data was collected, a proposal for a Collection and Utilization System Model and the estimation of its cost of implementation and operation. The possible types of rainwater consumption were analyzed and the volume of abstraction of the proposed system was calculated. Only with the capture of rainwater with a reservoir of 1,000 liters was a saving of 79,450 liters of water per year. For the implementation of the project, the costs raised started at R \$ 2,511.00 (reservoirs of 1,000 liters) to R \$ 3,551.00 (reservoirs of 5,000 liters). The annual savings calculated by adopting the lowest reservoir reached 79,450 liters per year of utility water. An interesting situation observed is that the best financial results were not obtained when larger reservoirs were implanted. The study concludes that rainwater harvesting and recovery systems have a financial attractiveness, and with the execution of the proposal, their return on investment would be in 35 months and after this period the entrepreneur would obtain a saving of R \$ 883 , 15 per year. Besides the economy, the implantation also helps in the reduction by demand of water from public supply and reduces the discharge of rainwater in the urban galleries.

Keywords: Rainwater harvesting, reuse of rainwater and reduction of water consumption.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dados de Precipitação disponíveis da estação de Caldas-A530. ....	11
Tabela 2 Simulação Volumes de Captação de chuva para reservatório de 1.000 litros .....	14
Tabela 3 Simulação Volumes de Captação de chuva para reservatório de 3.000 litros .....	15
Tabela 4 Simulação Volumes de Captação de chuva para reservatório de 5.000 litros .....	15
Tabela 5 Frequência de Limpeza e manutenção dos componentes do sistema. ....	17
Tabela 6 Lista de materiais cotados para implantação do sistema .....	18
Tabela 7 Cotação para implantação do sistema conforme volume de reservatório ..	19
Tabela 8 Cronograma de implantação do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais.....	19
Tabela 9 Estimativa de redução de custo anual pelo volume do reservatório .....	20
Tabela 10 Estimativa do tempo de retorno do investimento a ser realizado .....	21

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	8
2.1	OBJETIVO GERAL .....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
2.1.1	Levantamento de dados históricos de precipitações do Município de Poços de Caldas e a avaliação do ponto de captação com a simulação de volumes de captação de água. ....	8
2.1.2	Proposta de modelo do sistema de captação e orçamento previsto.....	8
2.1.3	Estimativa de redução de custo no consumo de água da concessionária e estimativa do tempo de retorno do investimento. ....	8
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	9
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	11
4.1	DADOS HISTÓRICOS DE PRECIPITAÇÕES DO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS .....	11
4.2	AVALIAÇÃO DO PONTO DE CAPTAÇÃO E SIMULAÇÃO DE VOLUMES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA. ....	12
4.3	CÁLCULO DE VOLUME DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	13
4.4	PROPOSTA DE MODELO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO.....	16
4.5	MEDIDAS DE SEGURANÇA E MANUTENÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E TUBULAÇÕES .....	17
4.6	ORÇAMENTO .....	18
4.7	CRONOGRAMA .....	19
4.8	ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTO DA CONTA DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA E ESTIMATIVA DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	20
4.9	RESULTADOS DE PROJETOS IMPLANTADOS.....	21
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>23</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>24</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por água tem aumentado substancialmente nas últimas décadas, isso ocorre devido ao crescimento da população, industrialização, e necessidade da busca por recursos como ferro, cobre, bauxita entre outros.

A água é um importante recurso ambiental cuja alteração pode contribuir para a degradação da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos e terrestres. Esta deterioração pode afetar direta ou indiretamente a saúde, segurança e o bem-estar da população, atividades sociais e econômicas, a fauna e flora e a própria qualidade dos recursos hídricos essenciais para nosso meio.

De toda a água presente no mundo apenas 2,5% é doce, sendo que deste total 68,9% está congelada em calotas polares e em áreas montanhosas. Do volume de água doce do planeta 29,9% são de origem subterrânea e apenas 0,266% representa água oriunda de lagos, rios e reservatórios que são as principais fontes de abastecimento público (TOMAZ, 2011).

Com o intuito de economizar água os sistemas de captação e reaproveitamento das águas pluviais vem se tornando um grande aliado e se popularizando nos últimos anos. O sistema consiste em coletar a água resultante de precipitações em coberturas e telhados e reaproveita-las para fins não potáveis (águas que não atendem a portaria n° 518 do Ministério da Saúde) (ABNT, 2007).

A coleta de água pluvial promove a economia do uso de água da concessionária e também auxilia na redução de águas destinadas a drenagem pluvial urbana que vem se tornando um outro problema ambiental provocando enchentes e alagamentos. Atualmente as principais utilidades de águas pluviais são para descargas sanitárias, lavagem de pisos e irrigação de jardins (TOMAZ, 2011).

A área objeto do estudo está localizada na região sudeste de Minas Gerais no município de (2018).

Desde 2014 o município vem sofrendo frequentes problemas relacionados ao abastecimento público, sendo registrados nestes anos alertas referente a situação crítica dos reservatórios e a importância da economia de água o que motivou o estudo aqui apresentado.

## 2. OBJETIVOS

Os objetivos foram divididos em geral e específicos apresentados a seguir.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do estudo foi propor um sistema de aproveitamento de água pluvial levantando os custos para sua implantação e comparando com a economia prevista para estimativa do tempo de retorno do investimento.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.1.1 Levantamento de dados históricos de precipitações do Município de Poços de Caldas e a avaliação do ponto de captação com a simulação de volumes de captação de água.
- 2.1.2 Proposta de modelo do sistema de captação e orçamento previsto.
- 2.1.3 Estimativa de redução de custo no consumo de água da concessionária e estimativa do tempo de retorno do investimento.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo trata-se de uma Pousada localizada na zona oeste do município de Poços de Caldas que possui uma grande área descoberta e um terreno com declive que beneficiaria a distribuição de água por gravidade. O empreendimento possui 10 chalés, salão de jogos, recepção, refeitório e uma área de lazer sendo proposto utilizar o volume de águas pluviais para fins não potáveis como lavagem de pisos e irrigação da área verde localizada dentro da área de lazer.

Primariamente foram consultadas as estações com dados de precipitações mais próximas ao local do estudo sendo utilizado as disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Acessando o mapa de estações do instituto foi identificado a estação com dados meteorológicos e realizado o download referente aos últimos dez anos. Foram descartados aqueles que não possuíam medições/leituras superiores a 1 mês retroagindo os anos de consulta com o intuito de fazer uma média mais próxima de uma sequência de 10 anos e mais recente. De porte desses dados foi realizado uma média mensal de precipitação deste período que foi adotada como informação para cálculo de volume a serem captados pelo sistema.

Posteriormente foi realizada uma avaliação no local de estudo verificando os possíveis pontos de captação. Para avaliação foram analisados a área de captação, existência de calhas de drenagem pluvial, posição no terreno e possíveis sistemas a serem implantados no local. Para definição foram adotados como critérios o local que resultaria na maior área de captação, melhor aproveitamento do volume de água captado atrelado à possibilidade de um sistema mais simplificado de implantação e operação. Definida a área do projeto, foi realizada a medição do telhado através do projeto arquitetônico do empreendimento pelo software auto cad.

Com os dados de precipitações médias levantadas e área de captação, foram estimados os volumes de água a serem utilizados pelo sistema e definidos os volumes de captação através da proposta de três reservatórios com diferentes volumes. Para o cálculo de volumes de captações foi utilizado o tradicional método de Rippl desenvolvido pelo engenheiro austríaco W. Rippl, comumente utilizado para esses cálculos devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação, cujo o princípio é a regularização de vazão aplicado conforme formula a seguir (CARVALHO et al, 2008):

$$Q_t = C \times \text{precipitação da chuva}_t \times \text{área de captação}$$

$$S_t = D_t - Q_t$$

$$V = \Sigma S_t, \text{somente para valores } S_t, > 0$$

*Sendo:*

$S_t$  - *É o volume de água no reservatório*

$Q_t$  - *É o volume de chuva aproveitável no tempo t*

$D_t$  - *É a demanda ou consumo no tempo t*

$V$  - *É o volume de água no reservatório*

$C$  - *É o coeficiente de escoamento superficial*

A fórmula foi aplicada em uma planilha de excel multiplicando a precipitação (médias mensais de precipitações) pela área de captação (área calculada do telhado) multiplicado pelo coeficiente de runoff (adotado 0,8) e dividido por 1000 para que o resultado obtido seja em metros cúbicos. De porte do volume a ser captado no telhado proposto foi subtraído a demanda do empreendimento. Com o intuito de uma análise anual o resultado da subtração do volume de captação e demanda foi utilizado como volume inicial do reservatório para o próximo mês, por exemplo, podendo ser cheio caso o volume seja superior ao reservatório onde o excedente será extravasado para as galerias pluviais ou vazio caso o resultado seja negativo.

Com revisão na literatura, foram analisados os componentes comuns para Sistema de Captação de Águas Pluviais para proposta do modelo a ser utilizado no projeto e realizado uma busca no mercado de modelos que atendessem ao sistema proposto. Para escolha do modelo no mercado foi adotado como critério aquele que atendessem todos os componentes obtidos na literatura consorciado ao menor valor de investimento. A partir do modelo a ser utilizado e ponto de captação foram cotados três orçamentos com hidráulicos do município para aquisição de materiais, implantação e manutenção do sistema e adotado o de menor custo.

Posterior foi realizado a estimativa de redução da conta da concessionária multiplicando o volume de águas pluviais a ser utilizado pelo empreendimento no ano pelo valor unitário cobrado pela concessionária.

Com os valores de redução de conta de água, investimento para implantação e manutenção do sistema foi calculado o tempo de retorno do investimento dividindo a economia calculada pelo valor de investimento para cada reservatório.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir é apresentado em tópicos os principais resultados obtidos através do estudo.

### 4.1 DADOS HISTÓRICOS DE PRECIPITAÇÕES DO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS

A estimativa de precipitações obtida através do banco de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET mais próximo ao município do estudo foi de Caldas, sendo levantados os históricos de 2005 até 2018, estando disponíveis neste intervalo os anos de 2005 até 2015 (INMET, 2018). Foram descartados os registros que verificados com ausência de mais de uma leitura (descartado o ano de 2015).

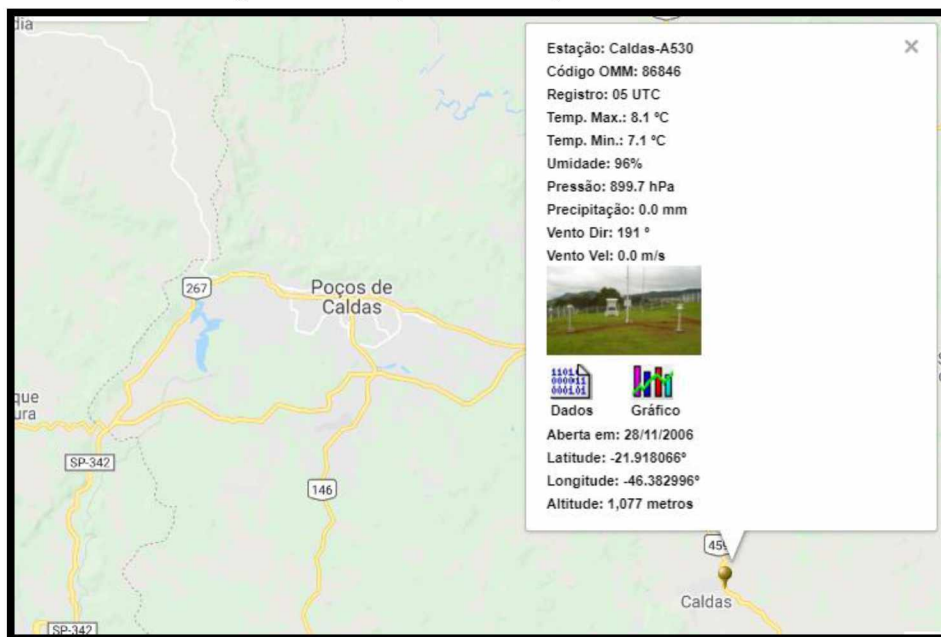
*Tabela 1 Dados de Precipitação disponíveis da estação de Caldas-A530.*

MÊS	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	MÉDIA
JANEIRO	276,7	565,1	367,1	277,5	219,6	312	293,1	379,9	42,5	<b>303,72</b>
FEVEREIRO	334,2	S/L	128,5	365,7	151,4	83,3	107,3	225,2	69,9	<b>183,19</b>
MARÇO	172,7	77,2	335,6	81,6	164,3	182,1	132,9	318,7	124,7	<b>176,64</b>
ABRIL	57,5	57	225,3	72,5	57,3	129,5	71,1	103,4	104,9	<b>97,61</b>
MAIO	10,5	59,1	54,4	74	26,3	30,2	77,2	93,2	34,2	<b>51,01</b>
JUNHO	15,5	10,7	20,3	65,3	18,6	25,3	65,8	33,9	6,3	<b>29,08</b>
JULHO	14,2	110,2	0	27,9	13,6	0	34,5	40,6	33,6	<b>30,51</b>
AGOSTO	15,7	0	47,7	94,4	0	9,9	0	6,6	3,6	<b>19,77</b>
SETEMBRO	46,5	8	74,4	164,7	70,5	25,8	32	76,5	54,6	<b>61,44</b>
OUTUBRO	159,8	8,7	186,3	296,4	120,1	173,6	50,1	124,5	49,7	<b>129,91</b>
NOVEMBRO	287,4	224,5	160,8	209,4	191,4	54,1	168,7	231	211,9	<b>193,24</b>
DEZEMBRO	358,2	170	123,9	358,2	401,1	194,8	210,9	173,2	365,6	<b>261,77</b>

*Fonte: Banco de dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET*

Os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro registraram precipitações médias abaixo de 100 mm/mês sendo a menor para o mês de agosto de apenas 19,77 mm. A maior média de precipitação foi do mês de janeiro com 303,72 mm e em sequência dezembro de 261,77 mm por mês.

Figura 1 - Mapa de estações automáticas



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

Na imagem acima é demonstrado a estação do município de Caldas – MG, mais próxima encontrada do local de estudo a aproximadamente 33 km.

#### 4.2 AVALIAÇÃO DO PONTO DE CAPTAÇÃO E SIMULAÇÃO DE VOLUMES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA.

Os possíveis pontos de captação identificados no empreendimento foram os telhados dos chalés e o telhado do salão de jogos do empreendimento sendo avaliados seus principais aspectos positivos e negativos apresentados a seguir.

Quanto a análise dos telhados dos chalés foi observada que os mesmos não possuem calhas para coletas de águas pluviais e possuem uma pequena área de telhado. Devido menor área de captação poderia ser necessário implantar o sistema em dois ou mais chalés, podendo acarretar em um custo mais elevado de projeto. Outra situação identificada seria a maior dificuldade de utilizar a água por gravidade em todo o terreno devido os mesmos não estarem no ponto mais elevado do terreno. Um fator positivo seria a maior facilidade para a manutenção e limpeza do sistema visto que as calhas seriam instaladas a uma altura aproximada de 3,0 metros.

Quanto a análise do telhado do salão de jogos foi verificada que o mesmo possui uma grande área de captação e já conta com sistema de captação pluvial por

calhas que destinam hoje para as galerias pluviais da prefeitura. A área está localizada na posição mais elevada no terreno permitindo o uso e distribuição de água por gravidade em toda a propriedade. O ponto negativo deste local seria a maior dificuldade de manutenção e limpeza visto que o telhado está a uma altura aproximada de 5,60 metros.

*Figura 2 Primeiro ponto avaliado*



*Figura 3 Segundo Ponto Avaliado.*



Levando em conta os critérios definidos, foi escolhido o telhado do salão de jogos para o estudo que resultaria em uma grande área de captação e simplicidade de projeto proporcionado um menor custo de implantação.

Para a implantação do sistema o reservatório ficaria logo ao lado das calhas da drenagem pluvial do telhado. O uso da água seria através de uma tubulação já existente que passa dentro do muro localizado no lado oposto dos chalés que puxa água direta da rua e destina para três torneiras distribuídas na extensão do terreno. Para implantação seria necessário realizar o corte da parede onde seria instalado um tubo em T e um registro que teria a função de destinar o volume de água do reservatório de águas pluviais para as torneiras. Nos meses de seca com o volume do reservatório se exaurindo seria liberado o registro da rua para que não prejudique o pleno funcionamento e não ocorra a interrupção de fornecimento de água no empreendimento.

#### 4.3 CÁLCULO DE VOLUME DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Foram estimados os volumes a serem utilizados pelo sistema de captação de águas pluviais para lavagem de pisos do empreendimento e irrigação de uma área



verde através de análise junto ao proprietário. A lavagem de pisos seria de uma área total de 330 m<sup>2</sup> por dia (limpeza de cinco chalés) com estimativa de consumo de 10.230 litros de água por mês. Para irrigação da área verde de 13 m<sup>2</sup> foi estimado um consumo de 260 litros por mês (irrigação de duas vezes por semana) totalizando um consumo mensal de 10.490 litros.

Para a estimativa de volumes de captação e volumes reservados foi utilizado o método de Rippl projetando 3 volumes de reservatório diferentes sendo de 1.000 litros, 3.000 litros e 5.000 litros conforme tabelas a seguir:

*Tabela 2 Simulação Volumes de Captação de chuva para reservatório de 1.000 litros*

SIMULAÇÃO DE COLETA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
Coeficiente de runoff (CR) = 0,8						
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> ) = 1						
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Extravasão (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água (m <sup>3</sup> ) da Concessionária
Janeiro	303,72	10,49	81,25	20	8,51	0
Fevereiro	183,19	10,49	81,25	12	1,51	0
Março	176,64	10,49	81,25	11	0,51	0
Abril	97,61	10,49	81,25	6	0	3,49
Mai	51,01	10,49	81,25	3	0	7,49
Junho	29,08	10,49	81,25	2	0	8,49
Julho	30,51	10,49	81,25	2	0	8,49
Agosto	19,77	10,49	81,25	1	0	9,49
Setembro	61,44	10,49	81,25	4	0	6,49
Outubro	129,91	10,49	81,25	8	0	2,49
Novembro	193,24	10,49	81,25	13	1,51	0
Dezembro	261,77	10,49	81,25	17	6,51	0
<b>Total</b>	1537,89	125,88		99	18,55	<b>46,43</b>
Suprimento de Águas Pluviais: <b>79,45</b>						

*Fonte: Médias de precipitações obtida na tabela 1 com aplicação do método de Rippl.*

No cálculo de volume de captação para um reservatório de 1.000 litros o sistema foi autossuficiente nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro não sendo necessário utilizar água da concessionária. O mês com maior consumo de água da concessionária foi de agosto devido a menor precipitação neste mês durante o ano.

Tabela 3 Simulação Volumes de Captação de chuva para reservatório de 3.000 litros

SIMULAÇÃO DE COLETA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
Coeficiente de runoff (CR) = 0,8						
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> ) = 3						
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Extravasão (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água (m <sup>3</sup> ) da Concessionária
Janeiro	303,72	10,49	81,25	20	6,51	0
Fevereiro	183,19	10,49	81,25	12	1,51	0
Março	176,64	10,49	81,25	11	0,51	0
Abril	97,61	10,49	81,25	6	0	1,49
Mai	51,01	10,49	81,25	3	0	7,49
Junho	29,08	10,49	81,25	2	0	8,49
Julho	30,51	10,49	81,25	2	0	8,49
Agosto	19,77	10,49	81,25	1	0	9,49
Setembro	61,44	10,49	81,25	4	0	6,49
Outubro	129,91	10,49	81,25	8	0	2,49
Novembro	193,24	10,49	81,25	13	0	0
Dezembro	261,77	10,49	81,25	17	6,02	0
<b>Total</b>	<b>1537,89</b>	<b>125,88</b>		<b>99</b>	<b>14,55</b>	<b>44,43</b>
Uso de Águas Pluviais: <b>81,45</b>						

Fonte: Médias de precipitações obtida na tabela 1 com aplicação do método de Rippl.

No cálculo de volume de captação para um reservatório de 3.000 litros o sistema foi autossuficiente no mesmo período do reservatório de 1.000 litros. Com ampliação do volume de reservatório foi revertido a uma adição ao volume de captação no mês de abril e conseqüentemente uma redução ao uso de água da concessionária neste mês.

Tabela 4 Simulação Volumes de Captação de chuva para reservatório de 5.000 litros

SIMULAÇÃO DE COLETA DE ÁGUAS PLUVIAIS						
Coeficiente de runoff (CR) = 0,8						
Volume do reservatório (m <sup>3</sup> ) = 5						
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Extravasão (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água (m <sup>3</sup> ) da Concessionária
Janeiro	303,72	10,49	81,25	20	4,51	0
Fevereiro	183,19	10,49	81,25	12	1,51	0
Março	176,64	10,49	81,25	11	0,51	0
Abril	97,61	10,49	81,25	6	0	0
Mai	51,01	10,49	81,25	3	0	6,98
Junho	29,08	10,49	81,25	2	0	8,49
Julho	30,51	10,49	81,25	2	0	8,49
Agosto	19,77	10,49	81,25	1	0	9,49
Setembro	61,44	10,49	81,25	4	0	6,49
Outubro	129,91	10,49	81,25	8	0	2,49
Novembro	193,24	10,49	81,25	13	0	0
Dezembro	261,77	10,49	81,25	17	4,02	0
<b>Total</b>	<b>1537,89</b>	<b>125,88</b>		<b>99</b>	<b>10,55</b>	<b>42,43</b>
Suprimento de Águas Pluviais: <b>83,45</b>						

Fonte: Médias de precipitações obtida na tabela 1 com aplicação do método de Rippl.

No cálculo de volume de captação para um reservatório de 5.000 litros foi verificado uma ampliação de volume de captação no mês de maio além de promover a adição de 1 mês de autossuficiência do sistema resultando em 6 meses durante o ano. A diferença de volume de captação entre o maior reservatório e o menor chegou a 4.000 litros de água por ano.

#### 4.4 PROPOSTA DE MODELO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

Para realizar a captação de águas pluviais será aproveitado o sistema de drenagem pluvial instalado no empreendimento sendo realizado o desvio da galeria de águas pluviais para uma caixa de reservação.

Os principais componentes para um sistema de captação de águas pluviais foram levantados por Plínio Tomaz (2011, p. 17) sendo também explanados na ABNT (2007) sendo descritos a seguir:

- I. Área de captação das águas pluviais (telhado)
- II. Drenagem Pluvial – Calhas e Condutores
- III. Filtro Seletor de Águas (by pass). Filtro com o objetivo de descartar o volume inicial da chuva que será aquele que realizará a limpeza e remoção de sujeiras que estavam impregnados nos telhados.
- IV. Peneira. Tem o objetivo de remover as sujeiras mais grossas como folhas secas de árvores, pequenos galhos e insetos.
- V. Armazenamento e distribuição. Caixa d'água que acumulará as águas pluviais e distribuirá para os usos.
- VI. Extravasor. Sistema para descarte do volume de água excedente que deverá ser ligado às galerias de águas pluviais da prefeitura.

Foram levantados no mercado os modelos existentes para sistema de captação de águas pluviais de acordo com as especificações acima com menor preço de aquisição. O escolhido para a cotação foi o chove chuva da hidrologia, que consiste em um equipamento automático e prático para áreas de captação de até 150 m<sup>2</sup>, demonstrado na figura a seguir.



*Figura 4 Equipamento Chove chuva para tratamento das águas pluviais*



*Fonte: Chove Chuva – Hidráulica (2018)*

Vale salientar a existência de alguns modelos de sistemas de coletas de águas pluviais alternativos e caseiros que executam as mesmas atividades do modelo citado anteriormente e que podem ser confeccionados pelo próprio empreendedor.

#### 4.5 MEDIDAS DE SEGURANÇA E MANUTENÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E TUBULAÇÕES

De acordo com a NBR 15527 para o correto funcionamento do sistema de captação de águas pluviais devem-se observar os seguintes procedimentos:

- Não instalar o reservatório em local com incidência direta de luz
- Instalar em local com não existência de animais ou instalar proteção para evitar que entrem dentro dos reservatórios ou tubulações.
- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com hipoclorito de sódio anualmente de acordo com a NBR 5626 conforme cronograma a seguir:

*Tabela 5 Frequência de Limpeza e manutenção dos componentes do sistema.*

Componente	Frequência de Manutenção
Limpeza do dispositivo de descarte de detritos	Trimestral

Limpeza do dispositivo de descarte do escoamento inicial	Mensal
Limpeza das calhas e condutores	Semestral
Limpeza dos dispositivos de desinfecção	Mensal
Reservatório	Anual

Para as estimativas de custos o item manutenção do reservatório foi cotado por empresa especializada e os outros itens seriam realizados pelos empregados do estabelecimento.

#### 4.6 ORÇAMENTO

As cotações foram realizadas com hidráulicos no município de Poços de Caldas sendo dividida em três uma para cada tipo de reservatório sendo adotados os menores valores obtidos. Os materiais necessários para a execução do projeto demonstrados na cotação foram os seguintes:

*Tabela 6 Lista de materiais cotados para implantação do sistema*

Reservatórios	
Reservatório de 1.000 litros	R\$ 280,00
Reservatório de 3.000 litros	R\$ 910,00
Reservatório de 5.000 litros	R\$ 1.320,00
Outros Materiais/serviços	
1 saco de cimento	R\$ 22,30
2 saco de areia	R\$ 6,10
1 pacote de argamassa	R\$ 16,00
2 registros	R\$ 56,00
Tubulação de PVC (3/4") - 5 metros	R\$ 31,50
Tubulação de PVC (4") - 5 metros	R\$ 33,50
Cotovelos, joelhos e tubo em T	R\$ 50,00
Cola, lixa, madeirite e outros	R\$ 84,60

*Tabela 7 Cotação para implantação do sistema conforme volume de reservatório*

COTAÇÃO	RESERVATÓRIO	MATERIAL	HIDRÁULICO E PEDREIRO	FILTRO CHOVE CHUVA	TOTAL
Reservatório de 1.000 l.	R\$ 280,00	R\$ 300,00	R\$ 1.041,00	R\$ 890,00	R\$ 2.511,00
Reservatório de 3.000 l.	R\$ 910,00	R\$ 300,00	R\$ 1.041,00	R\$ 890,00	R\$ 3.141,00
Reservatório de 5.000 l.	R\$ 1.320,00	R\$ 300,00	R\$ 1.041,00	R\$ 890,00	R\$ 3.551,00

De acordo com Carvalho et al (2008) o reservatório representa o maior investimento em um sistema de coleta de águas pluviais sendo seu dimensionamento um fator que pode alterar a viabilidade do projeto. Nas consultas realizadas foi verificado uma grande disparidade dos custos referente ao reservatório de 1.000 litros em comparação aos outros. Outra situação observada que pode fomentar essa diferença de valores foi a maior disponibilidade de reservatórios encontrados de 1.000 litros, sendo que os outros reservatórios resultaram em maior dificuldade de cotação, devido à dificuldade de encontrar nas lojas e existindo normalmente apenas uma opção.

#### 4.7 CRONOGRAMA

Para a implantação do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais e proposto o seguinte cronograma

*Tabela 8 Cronograma de implantação do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais.*

1 a 15 dias	Aquisição e recebimento dos materiais e equipamentos necessários para implantação.
16º dia	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Limpeza/preparo do local e instalação do reservatório.</li> <li>2- Instalação e fixação do equipamento chove chuva</li> <li>3- Corte e desvio da tubulação da drenagem do telhado e ligação ao Chove Chuva.</li> <li>4- Ligação da saída de água do Chove Chuva ao reservatório.</li> <li>5- Instalação do ladrão no reservatório e ligação para a drenagem pluvial junto ao tubo de descarte da chuva inicial do chove chuva.</li> </ol>

	6- Instalação da tubulação e registro que destinará a água para o uso.
17º dia	1- Corte da parede 2- Instalação de uma caixa de inspeção 3- Implantação do Registro e do tubo em T na caixa de inspeção 4- Ligação da tubulação do reservatório ao tubo em T 5- Fechamento e acabamento da parede.

#### 4.8 ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTO DA CONTA DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA E ESTIMATIVA DO TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.

Para estimativa da redução de custos da conta da concessionária foram utilizados o volume de águas pluviais captadas multiplicados pelo valor pago atualmente adotando os três modelos de reservatórios apresentados a seguir:

*Tabela 9 Estimativa de redução de custo anual pelo volume do reservatório*

VOLUME RESERVATÓRIO	VOLUME CAPTADO	CUSTO UNITÁRIO (CONCESSIONÁRIA)	TOTAL
Reservatório de 1.000 l.	79,45	R\$ 14,64	R\$ 1.163,15
Reservatório de 3.000 l.	81,45	R\$ 14,64	R\$ 1.192,43
Reservatório de 5.000 l.	83,45	R\$ 14,64	R\$ 1.221,71

O empreendimento possui um custo unitário da concessionária mais elevado devido a atividade comercial realizada. A implantação do menor reservatório resultaria em uma economia anual na conta de água de R\$ 1.163,15 além de economizar um volume de 79,45 m<sup>3</sup>. O maior reservatório resultou em uma economia adicional de 4.000 litros e de R\$ 58,56 por ano em relação ao menor.

Na tabela abaixo é calculado o tempo de retorno do investimento a ser realizado levando em consideração os custos de implantação e manutenção em relação a economia estimada na conta de água. Posteriormente foi estimado o valor economizado após 20 anos de existência do sistema.

*Tabela 10 Estimativa do tempo de retorno do investimento a ser realizado*

VOLUME RESERVATÓRIO	INVESTIMENTO REALIZADO	ECONOMIA PREVISTA	MANUTENÇÃO	TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO	APÓS 20 ANOS
Reservatório de 1.000 l.	R\$ 2.511,00	R\$ 1.163,15	280,00	2 anos e 11 meses	R\$ 15.151,96
Reservatório de 3.000 l.	R\$ 3.141,00	R\$ 1.192,43	280,00	3 anos e 6 meses	R\$ 15.107,56
Reservatório de 5.000 l.	R\$ 3.551,00	R\$ 1.221,71	280,00	3 anos e 10 meses	R\$ 15.283,16

O menor tempo de retorno obtido foi com a implantação de um reservatório de 1.000 litros. Isso ocorreu devido ao custo do reservatório na implantação do sistema e também a pequena diferença de volume de água economizados quando comparado este em relação aos maiores reservatórios. Quando analisado o sistema a longo prazo o maior reservatório resultou em uma pequena margem de economia superior aos outros. O pior resultado a longo prazo obtido foi do reservatório intermediário (3.000 litros) que obteve um retorno financeiro inferior ao reservatório de 1.000 litros, maior tempo de retorno do investimento além de custo mais elevado de implantação.

#### 4.9 RESULTADOS DE PROJETOS IMPLANTADOS

Uma empresa de lava-jato implantou um sistema de reaproveitamento de águas pluviais no município de São Sebastião do Paraíso – MG, onde o mesmo armazena o volume captado em galões que totalizam 1.200 litros de água da chuva. O sistema se encontrava em funcionamento a 8 anos e chega a uma economia de 50% na conta de água. No empreendimento o custo era de R\$ 350,00 por mês e posterior a implantação do sistema o valor da conta alterna de R\$ 160,00 a R\$ 190,00 gerando uma economia aproximada de R\$ 2.100,00 por ano. O empreendedor informou que só não aumenta o volume de captação devido à falta de espaço no empreendimento (G1 – GLOBO, 2014).

Um edifício localizado no município do Rio de Janeiro – RJ implantou um sistema de reaproveitamento de águas pluviais com reservatórios capazes de armazenar até 6.000 litros. O sistema foi implantado pelos próprios funcionários do condomínio e foi estudado de modo que não impactasse na estrutura hidráulica do prédio. O sistema foi através da interligação do ponto de captação a pontos secundários que são utilizados para o uso de água. O projeto foi executado em 12

meses e resultou em um investimento de R\$ 3.200,00. Com o projeto em funcionamento o consumo de água foi reduzido em 10% gerando uma economia anual de R\$ 14.400,00 (CONDOMÍNIOS VERDES, 2013).

A empresa Esalflores localizada no município de Curitiba – PR implantou um sistema de coleta e reaproveitamento de águas pluviais capaz de armazenar 15.000 litros de água captados por um telhado de aproximadamente 200 m<sup>2</sup>. O reservatório de volume especial foi escolhido devido à alta demanda da empresa por água e o volume captado é utilizado nos vasos sanitários, regas de plantas da loja e lavagem de pisos. O sistema resultou em um investimento aproximado de R\$ 40.000, porém a empresa conseguiu uma economia de 30% em períodos de seca até 60% nos períodos chuvosos de água da concessionária. Após captação a água passa por dois filtros sendo um de gradeamento grosseiro e segundo por uma tela de poeira e em seguida destinada para a cisterna (ESTADO DE MINAS GERAIS – LUGAR CERTO, 2015).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que com sistema de captação de águas pluviais proposto em funcionamento mesmo que com o menor volume de reservatório projetado, resultaria em uma economia anual de 79.450 litros de água da concessionária além da redução do mesmo volume na drenagem pluvial municipal.

Outra situação observada para o empreendimento proposto foi que os reservatórios com maior volume não resultaram em uma economia mais significativa em relação menor volume (1.000 litros) sendo de 2,51% para reservatório de 3.000 litros e 5,03% para reservatório de 5.000 litros.

Não foi possível obter total autossuficiência de água para o empreendimento sendo o melhor resultado obtido foi de 6 meses de autossuficiência durante o ano para o reservatório de 5.000 litros. Porém isso não afetará o empreendimento visto que durante o período de seca poderá ser utilizada água da concessionária através de registro a ser instalado. Isso ocorre provavelmente devido o município possuir as estações climáticas bem definidas e possuir baixos índices de precipitação nos meses de junho a setembro não ocorrendo captação sendo que para obter autossuficiência seria necessário uma reserva superior a demanda neste período, ou seja, superior a 40.000 litros.

O menor tempo de retorno do investimento calculado foi de aproximadamente 35 meses para o sistema com reservatório de 1.000 litros. Posterior ao prazo de retorno do investimento esse sistema resultaria em uma economia anual de R\$ 883,15 e após 20 anos resultaria em uma economia total de R\$ 15.151,96.

Com estes dados podemos concluir que o sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais se trata de um investimento que resulta em um retorno financeiro ao empreendimento além de ser uma alternativa para os problemas de abastecimento público e drenagem urbana.

## 6. REFERÊNCIAS

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.

CARVALHO, G. S; OLIVEIRA, S. C.; MORUZZI, R. B. **Volume do reservatório de aproveitamento de água pluvial baseado no conceito do balanço de vazões para uma residência unifamiliar**. SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 10., 2007, São Carlos Brasil. São Carlos: ANTAC, 2008.

Chove Chuva. **Filtro Chova Chuva**. 2018. Disponível em: <<https://www.chovechuva.com.br/>>. Acesso em: 08 de set de 2018.

CONDOMÍNIOS VERDES. **Síndico cria sistema para reutilizar água de chuva**, 2013 em: < <http://www.condominiosverdes.com.br/sindico-cria-sistema-para-captacao-e-reutilizacao-de-agua-de-chuva/>>. Acesso: 30 dez. 2018.

ESTADO DE MINAS GERAIS – LUGAR CERTO. **Captação de água das chuvas gera até 60% de economia**, 2015 em: < [https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2015/02/20/interna\\_noticias,48612/captacao-de-agua-das-chuvas-gera-ate-60-de-economia.shtml](https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2015/02/20/interna_noticias,48612/captacao-de-agua-das-chuvas-gera-ate-60-de-economia.shtml)>. Acesso: 28 dez. 2018.

G1 - GLOBO. EPTV Sul de Minas. **Dono de lava-rápido usa água da chuva e economiza 50% na conta**, 2014 em: <<http://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2014/03/dono-de-lava-rapido-usa-agua-da-chuva-e-economiza-50-na-conta.html>>. Acesso: 28 dez. 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. s.d. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 20 de jul de 2018.

PREFEITURA DE POÇOS DE CALDAS. **Clima**. 2018. Disponível em: <[http://www.pocosdecaldas.mg.gov.br/site/?page\\_id=9355](http://www.pocosdecaldas.mg.gov.br/site/?page_id=9355)>. Acesso em: 07 de jul de 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2011.