



**LÍVIA VELOSO RODRIGUES  
MARCELLA PICELI LEITE**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO  
APROVEITAMENTO DOMICILIAR DE ÁGUAS PLUVIAIS EM  
MUNICÍPIOS DE REGIMES PLUVIOMÉTRICOS DISTINTOS**

**LAVRAS – MG  
2019**

**LÍVIA VELOSO RODRIGUES  
MARCELLA PICELI LEITE**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DOMICILIAR  
DE ÁGUAS PLUVIAIS EM MUNICÍPIOS DE REGIMES PLUVIOMÉTRICOS  
DISTINTOS**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Civil, para a  
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

**LÍVIA VELOSO RODRIGUES  
MARCELLA PICELI LEITE**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DOMICILIAR  
DE ÁGUAS PLUVIAIS EM MUNICÍPIOS DE REGIMES PLUVIOMÉTRICOS  
DISTINTOS**

**TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY FOR HARNESSING RAINWATER FOR  
HOMES IN COUNTIES OF DISTINCT PLUVIOMETRIC REGIMES**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Civil, para a  
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 01 de novembro de 2019.

Profa. Dra. Camila Silva Franco UFLA

Profa. Dra. Paula Peixoto Assemany UFLA

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

Resumo geral do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFLA como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DOMICILIAR  
DE ÁGUAS PLUVIAIS EM MUNICÍPIOS DE REGIMES PLUVIOMÉTRICOS  
DISTINTOS**

**Lívia Veloso Rodrigues  
Marcella Piceli Leite**

**Novembro, 2019.**

**RESUMO**

O objetivo deste estudo foi analisar a viabilidade técnica e econômica de reservatórios de aproveitamento de água de chuva, dimensionados para três municípios com climas distintos do estado de Minas Gerais, sendo eles: Lavras, Montes Claros e Uberlândia. Para análise da viabilidade técnica, foram utilizados os métodos de dimensionamento de reservatórios pluviais normatizados pela NBR 15527 (2007), a qual cita os seguintes métodos: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Alemão, Inglês e Australiano. Nesta análise, foram utilizadas as séries históricas pluviométricas de cada município para o período de 01/01/1988 a 31/12/2018. A área de captação adotada foi de 100 m<sup>2</sup>, e foram consideradas demandas de água potável de 100, 150 e 300 litros per capita, em residências ocupadas por três habitantes, sendo o percentual de substituição de água potável por pluvial equivalente a 30%. Para análise da viabilidade econômica, foram utilizadas as metodologias do *Payback* Descontado e Índice de Lucratividade. Estas foram embasadas nos valores das tarifas praticadas pelas companhias de abastecimento de água e nos custos de aquisição dos reservatórios dimensionados. Os resultados obtidos mostraram que os reservatórios dimensionados por meio do Método da Simulação apresentaram maiores viabilidades técnica e econômica em relação aos demais. Este simulou o comportamento dos reservatórios em todos os meses do ano, os quais se mostraram eficazes até mesmo nos meses de pouca chuva. Além disso, o tempo necessário para retorno do investimento realizado esteve dentro do horizonte de 30 anos adotado, variando de 4,31 a 25,98 anos. O investimento também foi considerado vantajoso quando analisados os Índices de Lucratividade, os quais foram todos superiores a um, com valores oscilando de 1,16 a 15,79.

**Palavras-chave:** Hidrologia Urbana. Instalações Prediais de Águas Pluviais. Sustentabilidade.

General abstract of the Course Conclusion Work presented to UFLA as part of the Civil Engineering Course requirements, to obtain a Bachelor's degree.

## **TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY FOR HARNESSING RAINWATER FOR HOMES IN COUNTIES OF DISTINCT PLUVIOMETRIC REGIMES**

**Lívia Veloso Rodrigues**  
**Marcella Piceli Leite**

**November, 2019.**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to analyze the technical and economic viability of rainwater reservoirs, projected for three cities in the state of Minas Gerais, which are: Lavras, Montes Claros and Uberlândia. For technical feasibility analysis, the methods standardized by NBR 15527 (2007) for designing rainwater reservoirs were used, which cites the following methods: Rippl, Simulation, Azevedo Neto, German, English and Australian. In this analysis, the historical rainfall series of each city were used for the period from 01/01/1988 to 12/31/2018. The adopted harvesting area was 100 m<sup>2</sup>, and drinking water demands of 100, 150 and 300 liters per capita were considered in houses occupied by three inhabitants, with the percentage of substitution of drinking water to rainwater equivalent to 30%. For economic viability analysis, Discounted Payback and Profitability Index methodologies were used. These were based on the fares charged by the water supply companies and on the acquisition costs of the dimensioned reservoirs. The results showed that the reservoirs dimensioned by the Simulation Method had better technical and economic viability compared to the others. This method simulated the behavior of reservoirs in every month of the year, which has been proved effective even in the months of low rainfall. In addition, the time required to return the investment was within the 30-year horizon adopted, varying from 4.31 to 25,98 years. The investment was also considered advantageous when analyzing the Profitability Indexes, which were all higher than one, with values oscillating from 1,16 to 15.79.

**Keywords:** Urban Hydrology. Rainwater Building Facilities. Sustainability.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivos Específicos.....	9
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
3.1 Problemática dos Recursos Hídricos Urbanos .....	10
3.2 Aproveitamento de Águas Pluviais para Fins Potáveis e Não Potáveis .....	11
3.3 Instalações Hidráulicas para o Aproveitamento de Águas Pluviais .....	12
3.4 Custos e Orçamentos na Engenharia Civil.....	14
3.5 Viabilidade Econômica de Investimentos .....	16
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>20</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
2.1 Cálculo das Demandas de Água .....	22
2.2 Método de Rippl .....	23
2.3 Método da Simulação .....	24
2.4 Método Azevedo Neto .....	25
2.5 Método Prático Alemão .....	25
2.6 Método Prático Inglês .....	26
2.7 Método Prático Australiano.....	26

2.8	Metodologia de Análise da Viabilidade Econômica.....	27
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
3.1	Séries Históricas de Precipitação.....	30
3.2	Análise da Viabilidade Técnica.....	31
3.2.1	Método de Rippl.....	31
3.2.2	Método da Simulação.....	33
3.2.3	Método Azevedo Neto.....	34
3.2.4	Método Prático Alemão.....	35
3.2.5	Método Prático Inglês.....	36
3.2.6	Método Prático Australiano.....	37
3.3	Análise da Viabilidade Econômica.....	38
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso, elaborado como artigo científico e segmentado em dois capítulos, trata da análise técnica e econômica da implantação de reservatórios de água pluvial em três municípios do estado de Minas Gerais, sendo eles: Lavras, Montes Claros e Uberlândia.

O primeiro capítulo, é constituído por: introdução, a qual expõe a forma no qual o artigo foi elaborado; objetivos a serem atingidos com a produção do trabalho; e referencial teórico, que abrange os assuntos tratados durante a pesquisa, discorrendo sobre recursos hídricos, sistema de aproveitamento de água pluvial, custos e orçamentos na engenharia civil e viabilidade econômica de investimentos.

O segundo capítulo trás o artigo em si e foi dividido em quatro tópicos. O primeiro tópico, trata-se de uma introdução sobre os assuntos abordados no trabalho, como a importância da utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial, seu dimensionamento e características, além das análises técnica e econômica a serem realizadas a cerca deste. No segundo tópico são abordados os materiais e métodos utilizados ao longo do estudo para a elaboração dos resultados, apontando dados característicos dos municípios estudados, a metodologia de dimensionamento presente na NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007), e também a metodologia de cálculo da análise econômica do investimento. O terceiro tópico consiste nos resultados obtidos a partir da realização dos métodos de pesquisa citados e discussões acerca destes. Finalmente, o quarto tópico é formado pela conclusão a respeito do método que melhor atende os critérios estabelecidos ao longo do trabalho, trazendo uma análise sobre a importância do tema em estudo.



## **2 OBJETIVO GERAL**

Analisar a viabilidade técnica e econômica da instalação de um reservatório de armazenamento de águas pluviais domiciliar em três municípios do estado de Minas Gerais de diferentes regimes pluviométricos, sendo estas de diferentes regiões: Lavras, Montes Claros e Uberlândia, utilizando diferentes métodos de dimensionamento e três demandas por água potável.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Determinar as médias mensais e anual de pluviosidade dos municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia, no estado de Minas Gerais;
- Dimensionar o volume de reservatórios de água pluvial utilizando os métodos normatizados pela NBR 15527 (2007) para os três municípios;
- Realizar a análise econômica da implantação dos reservatórios de forma simplificada, considerando apenas o custo de aquisição deste; e
- Verificar o método mais viável tecnicamente e economicamente para cada uma das situações estudadas.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Problemática dos Recursos Hídricos Urbanos**

O Brasil possui uma vasta diversificação climática devido a vários fatores como: a extensão territorial, a altitude, a disposição geográfica, a dinâmica das massas de ar e o relevo. Em decorrência, o país recebe uma numerosa pluviometria que varia, sobre mais de 90% do seu território, entre 1.000 e mais de 3.000 mm/ano. Porém, mesmo com este cenário favorável, as cidades enfrentam crises de abastecimento, em um dos países mais ricos em água doce do planeta (REBOUÇAS, 2003).

De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (SNIS, 2019), em 2017 o índice médio de perdas na rede de abastecimento e distribuição de água no país foi maior que 35%, sendo que a macrorregião que apresenta melhor resultado é a Centro-Oeste, com 34,1% de perdas. Essas se dão por meio de vazamentos, erros de medição, fraudes e roubos, além de espelhar os significativos problemas de gestão de recursos hídricos na maior parte das companhias de água e esgoto brasileiras.

Sabe-se que a crise de água não é consequência apenas de fatores ligados a perdas ou empresas de tratamento e distribuição, mas principalmente do uso irracional, pela população. Os dados do último censo (IBGE, 2010) constatam que, cerca de 161 milhões de brasileiros, de uma população perto de 195 milhões, vivem nas cidades. Esse crescimento populacional nos centros urbanos acarreta a exploração dos recursos naturais, particularmente dos recursos hídricos.

Neste sentido, o Programa de Uso Racional da Água (PURA), desenvolvido pela Sabesp em parceria com a USP, na Grade São Paulo, apresenta que os desperdícios da água usufruída atingem níveis inimagináveis. Podem ser citados exemplos rotineiros: lavar calçadas e carros com jato de mangueira, tomar banhos prolongados, usar bacias sanitárias que necessitam de maior volume de água por descarga, além de outros aparelhos sanitários antiquados, utilização de água potável em processos industriais, como torres de resfriamento e dessedentação, ou em atividades que não necessitam tal potabilidade, como irrigação (REBOUÇAS, 2003).

Em virtude da possível falta deste recurso é necessário pensar em meios de poupar e preservar a água potável. Como lembram Kobiyama, Ushiwata e Afonso (2002), dentre várias formas e estratégias utilizadas pelo ser humano, como forma de reduzir o consumo, uma delas é a

captação de água da chuva. Esse tipo de sistema além de apresentar baixa complexidade, reduz o escoamento superficial, reduz o risco de erosões e enchentes em áreas urbanas, e pode reduzir os custos associados às tarifas de água.

### **3.2 Aproveitamento de Águas Pluviais para Fins Potáveis e Não Potáveis**

Historicamente, a água proveniente da chuva tem sido aproveitada pela humanidade há milhares de anos. Segundo Tomaz (2003), a utilização de águas pluviais iniciou-se no Oriente Médio por volta de 3.000 anos a.C. Em Israel, por exemplo, se encontra a conhecida fortaleza de Masada, que conta com cerca de dez reservatórios escavados na própria rocha, e juntos possuem capacidade de aproximadamente 40 milhões de litros.

Segundo Anecchini (2005), diversos benefícios podem ser observados por meio do aproveitamento de água da chuva como: a redução do escoamento superficial e diminuição da dependência de recursos hídricos superficiais para abastecimento.

Em países Asiáticos e Europeus, órgãos governamentais oferecem subsídios para a elaboração e utilização de formas de captação de água da chuva, que vem sendo amplamente difundidas. O Japão se destaca como um dos países que mais desenvolvem estudos e que mais utilizam sistemas de utilização de águas pluviais, sendo que, em Tóquio, o governo tornou obrigatório que todas as edificações com área construída superior a 30.000 metros quadrados e que façam uso de água para fins não potáveis em quantidade maior que 100 metros cúbicos por dia, reciclem água proveniente da chuva e água servida (água oriunda de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas) (CARVALHO, 2010).

No Brasil existe a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, cuja responsabilidade é divulgar pesquisas e estudos, reunir instrumentos, equipamentos e alguns serviços sobre este assunto (ABCMAC, 2010).

O reuso de água pode ser classificado em dois grandes grupos, segundo apresentado por Mancuso (2003), que são: uso potável e uso não potável. O primeiro requer plano de tratamento composto por filtração, desinfecção e cloração, como forma de garantir a eliminação de agentes prejudiciais à saúde humana e animal e assim certificar a reutilização no sistema de água potável, em finalidades como: preparação de alimentos e bebidas e higiene pessoal.

Já o uso não potável requer tratamento de água para finalidades menos restritivas, como usos domésticos (descargas sanitárias, irrigação de jardins e parques públicos), agrícolas (pastagens, por exemplo), industriais, entre outros. De acordo com Anecchini (2005), considerando-se uma residência padrão, por exemplo, a água tratada (potável) proveniente da rede pública de abastecimento, pode ser substituída pela água da chuva em várias finalidades, tais como: vasos sanitários, lavagens de carros, limpeza de piscinas e pisos, representando cerca de 50% do consumo real, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Valores referentes ao consumo real médio de água potável em edificações residenciais.

<b>Uso interno</b>	<b>% do Consumo</b>	<b>Água de Chuva</b>
Descargas da bacia sanitária	20 a 25%	Sim
Chuveiros e banheiras	15 a 20%	Não
Máquinas de lavar roupas	10 a 15%	Sim
Máquinas de lavar pratos	2 a 5%	Não
Torneiras internas	5 a 10%	Não
<b>Uso externo</b>	<b>% do Consumo</b>	<b>Água de Chuva</b>
Jardim	25 a 30%	Sim
Piscina	0 a 5%	Sim
Lavagem de carro	0 a 5%	Sim
Lavagem de área externa	0 a 2%	Sim

Fonte: Adaptado de Engeplas (2010).

### 3.3 Instalações Hidráulicas para o Aproveitamento de Águas Pluviais

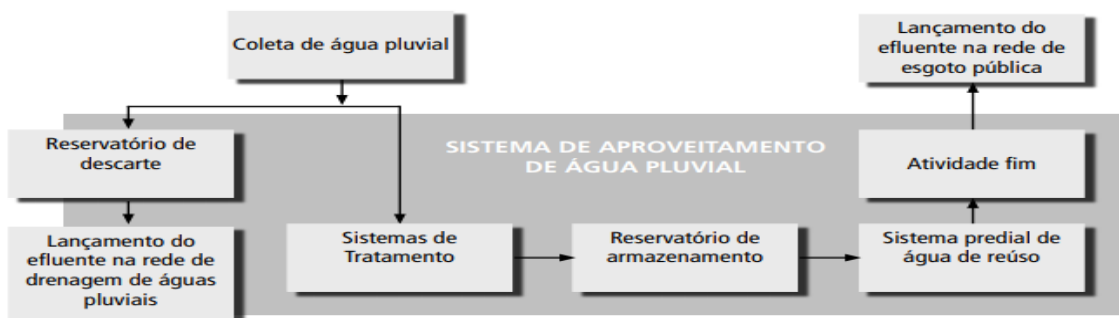
O aproveitamento de águas pluviais para fins potáveis e não potáveis, é feito por meio de um método alternativo que está diretamente ligado a sustentabilidade e uso racional do recurso hídrico. Como previsto no Manual de Conservação e Reuso de Águas em Edificações (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005), a estrutura básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve as seguintes etapas:

- determinação da precipitação média local (mm/mês);
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- caracterização da qualidade da água pluvial;

- projeto do reservatório de descarte;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- estabelecimento do sistema de tratamento necessário; e
- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, entre outros.).

O fluxograma das etapas necessárias para este aproveitamento é mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do sistema de aproveitamento de água pluvial.

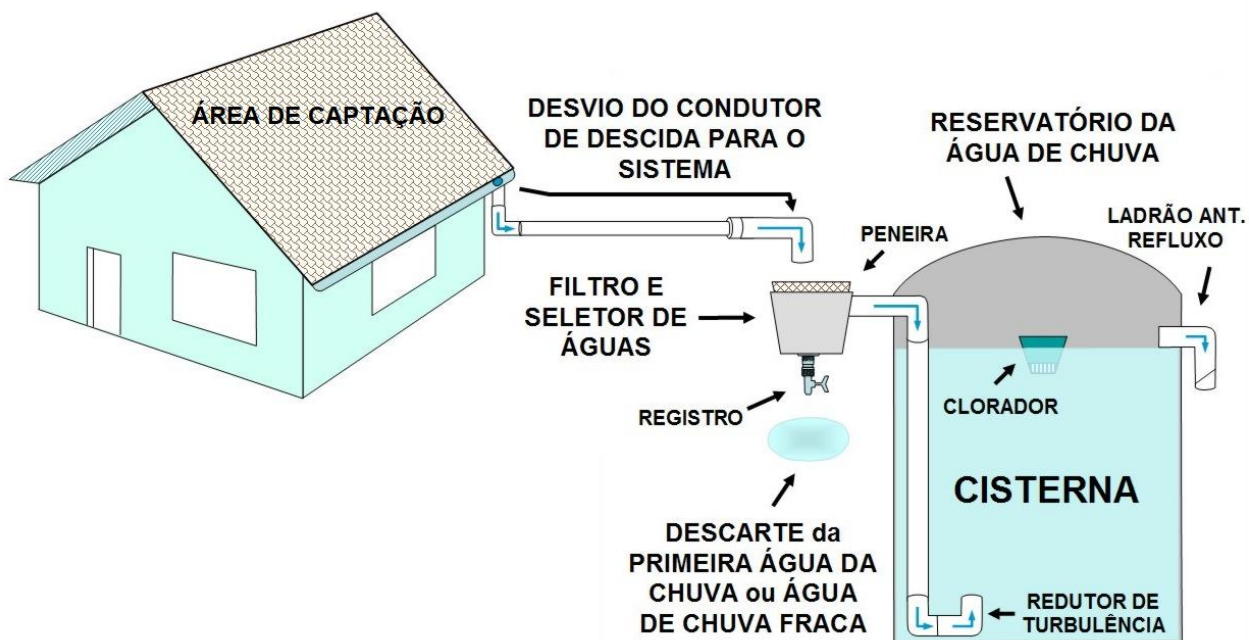


Fonte: Manual de Conservação e Reuso de Águas em Edificações (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005).

A NBR 10844 (ABNT, 1989) apresenta as exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando sempre garantir níveis de aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. O projeto e o dimensionamento devem sempre estar em conformidade com a normatização.

Basicamente, o sistema é composto por: área impermeabilizada de captação, calhas, condutores verticais, filtro autolimpante, reservatório de água de descarte, chamada de água de primeira chuva, reservatório de tratamento e armazenamento da água. Pode ainda ser necessário uma tubulação de recalque, reservatório superior (caixa d'água) e rede de distribuição dessa água (PETERS, 2006). Os demais materiais e recomendações técnicas, além de instalações prediais e componentes são estabelecidos conforme normas técnicas NBR 15527 (ABNT, 2007) que vigora sobre armazenamento de água de chuva, requisitos do aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis e NBR 5626 (ABNT, 1998) que esclarece a cerca de instalações prediais de água fria. A Figura 2 apresenta um exemplo de instalação domiciliar.

Figura 2 - Exemplo de sistema de aproveitamento de água pluvial domiciliar.



Fonte: Sempre Sustentável ([www.sempresustentavel.com.br](http://www.sempresustentavel.com.br)).

### 3.4 Custos e Orçamentos na Engenharia Civil

Orçamento nada mais é do que uma antecipação de custos que pode ser elaborado e entendido de diversas formas por especialistas distintos da área, buscando sempre em sua concepção uma probabilidade próxima de 100% de precisão dos custos (SILVA et. al., 2015). A elaboração do orçamento de uma obra possui papel muito importante, uma vez que é a partir dele que se mensura o lucro ou a viabilidade econômica de um empreendimento (TISAKA, 2006).

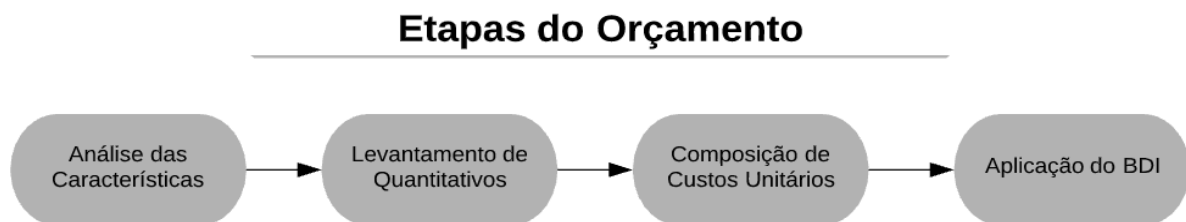
Existem diversos tipos de orçamento, e segundo Silva et. al. (2015) é possível destacar alguns deles como:

- Estimativa de Custos: Se trata de um orçamento simplificado para obtenção de informações a um curto prazo, que tem como objetivo obter o custo do projeto levando em conta apenas dados técnicos. Basicamente considera-se apenas a área de construção e custo unitário por metro quadrado.
- Orçamento Preliminar: Mais detalhado que o anterior, apresenta menor grau de incerteza. Requer levantamento de quantidades e pesquisa de preços.

- Orçamento Analítico ou Detalhado: Apresenta pequena margem de incerteza e busca sempre a proximidade com o valor “real”. Executado com composição de custos e vasta pesquisa de valores de matérias-primas.
- Orçamento Sintético: Considerado um subproduto do orçamento analítico, apresenta resumidamente apenas o preço dos serviços e o preço total.

Ainda segundo Silva et. al. (2015), um orçamento é composto pelas seguintes etapas, expressas na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma das etapas de um orçamento.



Fonte: Dos Autores, adaptado de Silva et al. (2015).

A “Análise das Características” é feita por meio do estudo dos itens e divergências nas especificações pertinentes ao projeto executivo; o “Levantamento de Quantitativos” das atividades, serviços e insumos necessários à realização do empreendimento; a “Composição dos Custos Unitários” que equivale ao custo de cada serviço, atividade ou insumo por uma unidade básica, levando sempre em conta os índices de produtividade de mão de obra para cada serviço; a “Aplicação do BDI”, que significa Bonificação e Despesas Indiretas, é uma taxa equivalente à despesas indiretas e lucro, taxa esta que pode ser inserida na composição de custos unitários ou aplicada ao final do orçamento, sobre o custo total (SILVA et al., 2015).

Segundo a TCPO - Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos (2008), a orçamentação é responsável por listar as etapas da obra e os serviços que deverão ser executados, e utiliza como base os projetos e detalhamentos realizados previamente pelo profissional no encargo. É a partir desses quantitativos e se baseando nas Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos que são feitos os levantamentos da quantidade de mão de obra e de material utilizados para finalizar determinada tarefa. Após realizado o levantamento o quantitativo, obtém-se os custos dos materiais e mão de obra empregados no empreendimento, retirados, por exemplo, da versão

mais recente da “SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil” (TISAKA, 2006).

Ainda de acordo com Tisaka (2006), os custos representam o valor da soma dos insumos (mão de obra, equipamentos, impostos) que são necessários para a realização da obra ou empreendimento. Estes podem ser divididos em direto ou indireto. O Custo Direto de uma obra é composto pela soma de todos os custos com equipamentos e materiais utilizados, além do custo da mão de obra empregada na realização do serviço. O Custo Indireto é aquele proveniente da administração da obra, despesas com taxas e documentações, impostos, entre outros.

### **3.5 Viabilidade Econômica de Investimentos**

Para uma análise correta da viabilidade econômica de investimentos é necessário o conhecimento de alguns indicadores de viabilidade e alguns conceitos. Dentre os conceitos importantes, podem ser citados os seguintes: Taxa Mínima de Atratividade, Tempo de Retorno do Investimento, Fluxo de Caixa, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) corresponde ao máximo que o investidor se dispõe a investir em um projeto, ou seja, ao mínimo que este mesmo investidor se propõe em ganhar (CAMARGO, 2017). Como exemplo, tem-se o seguinte: considere que uma pessoa aplicou seu dinheiro em certo investimento e teve como rendimento 10% ao ano. Dessa forma, se esta pessoa optar por uma nova forma de investir, provavelmente aceitará apenas investimentos com retorno superior a estes 10% ao ano. Assim, pode-se dizer que a TMA para este investidor é de 10% ao ano.

O Tempo de Retorno do Investimento (TRI), segundo o Sebrae (2018), é “um indicador de atratividade do negócio, pois mostra o tempo necessário para que o empreendedor recupere tudo o que investiu.”. Por exemplo, considerando-se que uma empresa tenha um TRI de 2,5 anos, significa que em dois anos e seis meses após o início do investimento esta empresa terá recuperado, sob a forma de lucro, tudo o que gastou no empreendimento. Para o cálculo do TRI basta fazer a divisão do Investimento Total pelo Lucro Líquido. Este indicador possui unidade de tempo.

Já o Fluxo de Caixa é uma ferramenta importante que tem como principal finalidade contabilizar o saldo disponível de uma empresa, de forma que sempre haja capital de giro no negócio, que pode ser utilizada em eventuais gastos no futuro. O relatório do fluxo de caixa, em



planilha, deve registrar todas as receitas e todas as despesas previstos para o tempo determinado (SEBRAE, 2018).

Conforme o definido por Bruni et al. (1998), o Valor Presente Líquido (VPL) se trata da diferença entre os Fluxos de Caixa futuros trazidos a valor presente, pelo custo de oportunidade do capital e o investimento inicial. Se o valor é positivo, significa que o valor inicial investido será recuperado. Uma das vantagens de se usar este indicador é que o mesmo leva em consideração o valor do dinheiro no tempo. Ainda segundo Bruni et al. (1998) a Taxa Interna de retorno (TIR) “representa o valor do custo de capital que torna o VPL nulo, sendo uma taxa que remunera o valor investido no projeto”. A vantagem de utilizar este indicador é que tem como resultado uma taxa de juros, fácil de ser comunicado. Assim, a partir destes conceitos é possível analisar se o empreendimento será viável para seus investidores e o tempo em que o retorno financeiro ocorrerá.

## REFERÊNCIAS

ABCMAC. **Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva**. Disponível em:<<http://www.abcmac.org.br>> Acesso em: 23 ago. 2019.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT, 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.

ANA, Agência Nacional das Águas; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; SINDUSCON-SP, Sindicato das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Vitória-ES, 2005.

BRUNI, A. L.; FAMÁ R.; SIQUEIRA, J. de O. **Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo**. São Paulo, 1998.

CAMARGO, R. F. de. **Entenda sobre a taxa mínima de atratividade: o que é, quando usar e por que pensar em TMA na hora de investir**. Treasy. 2017. Disponível em:<<https://www.treasy.com.br/blog/taxa-minima-de-atratividade-tma/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

CARVALHO, R. S. de. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina**. Apucarana-PR, 2010.

IBGE. **Censo 2010: população do Brasil é de 190.732.694 pessoas**. Disponível em:<<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=3&idnoticia=1766&t=censo-2010-populacao-brasil-190-732-694-pessoas&view=noticia>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; AFONSO, M. A. **Aproveitamento da Água da Chuva, dessalinização e reuso da água**. Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba/PR, 2002.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

REBOUÇAS, A. C. da. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003

SCAZUFCA, P. et al. **Desafios para a Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico**. Perda de Água, 2018.

SEBRAE NACIONAL. **Investimento**. 2018. Disponível em:  
<<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/prazo-de-retorno-do-investimento-pri,90da5415e6433410VgnVCM1000003b74010aRCRD>> Acesso em: 16 ago. 2019.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. **Aproveitamento de Água de Chuva de Baixo Custo para Residências Urbanas**. Disponível em:  
<<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>> Acesso em: 18 nov. 2019.

SILVA, K. et al. **Orçamento: A composição de custos na construção civil**. Revista Pensar Engenharia, Belo Horizonte, v.3, n. 1, jan. 2015.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. 2019. Disponível em:  
<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>> Acesso em: 18 nov. 2019.

TCPO, **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13. ed. São Paulo: Pini, 2008.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. 1ª. ed. São Paulo: Ed. Pini, 2006.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**. ed. 2º. São Paulo: Navegar. 2003.

## CAPÍTULO 2

### 1 INTRODUÇÃO

A utilização da água em atividades antrópicas deve ser feita de forma consciente e racional, a fim de evitar que as reservas atualmente disponíveis se esgotem, em qualidade e disponibilidade. Assim é evidenciada a necessidade do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, de maneira a proporcionar melhor gestão dos recursos hídricos.

Sistemas de captação de água pluvial já são utilizados em maior escala nos países da Europa e Ásia (CARVALHO, 2010). No Brasil, a Região Norte, habitada por 8% da população brasileira, é contemplada por 69% da água doce disponível, proveniente principalmente da Bacia Amazônica, enquanto a Região Sudeste, que possui 43% do total de habitantes do país, dispõe de 6% desse recurso, gerando problemas no abastecimento de água potável (GHISI, 2006). Ainda segundo Carvalho (2010), os estados do Nordeste, por sofrerem com a falta de chuva em algumas épocas do ano, são os que vêm utilizando mais comumente as águas pluviais para fins não potáveis, dos quais se destacam: lavagem de carros, irrigação de jardins, descargas sanitárias e lavagem de áreas impermeabilizadas.

De acordo com Cosentino e Borges (2016) a captação de água pluvial pode ser feita utilizando diferentes meios de captação, como coberturas de telhado, lajes e pisos. No armazenamento podem ser utilizados reservatórios subterrâneos, internos ou externos, e até mesmo a combinação destes.

Lucas (2016) destaca ainda que, para a implantação do reservatório de coleta e aproveitamento de águas de chuva, deve ser feita uma revisão normativa a respeito da instalação do sistema como um todo, como quais os materiais, acessórios e sistemas de tratamento de água pluvial para diferentes usos, assim como outros parâmetros para a realização do projeto hidráulico, fatores esses que podem acarretar alterações nos custos do investimento.

Neste âmbito, a NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007) estabelece metodologia para dimensionamento de reservatórios de águas pluviais para fins não potáveis, utilizando coberturas. No total, esta apresenta seis métodos de cálculo, sendo que dentre estes, três são métodos empíricos e três são baseados em simulações.

A metodologia adotada neste trabalho foi baseada nesta norma, visando dimensionar reservatórios de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia, todos localizados no estado de Minas Gerais.

Por fim, foram feitas análises técnica e econômica, a fim de se obter o melhor dimensionamento que obedeceu aos critérios de viabilidade estabelecidos. Deste modo, foi possível constatar qual o melhor método de dimensionamento para as situações analisadas e comprovar se este retornava resultados que pudessem ser considerados tecnicamente e economicamente aplicáveis.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os municípios estudados estão localizados no estado de Minas Gerais e fazem parte de três diferentes macrorregiões. De acordo com dados obtidos por meio do portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) as características dos municípios são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados característicos dos municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.

<b>Município</b>	<b>Loc.</b>	<b>Clima</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Pop. (hab.)</b>	<b>PPC(R\$)</b>
Lavras	Sudoeste	Subtropical úmido e verão temperado	564,74	103.773	22.428,25
Montes Claros	Norte	Tropical com verão seco	3.568,94	409.341	21.943,89
Uberlândia	Oeste	Tropical com inverno seco	4.115,21	691.305	48.585,36

Loc. = localização no estado; Pop. = população (habitantes); e PPC = PIB per capita (R\$).

Fonte: Adaptado de IBGE (2017) e Alvares et al. (2013).

Os dados pluviométricos mensais e anual de precipitação dos municípios foram obtidos por meio de séries históricas com 30 anos, de dados no período de 01/01/1988 a 31/12/2018. As séries para Lavras, Montes Claros e Uberlândia foram encontradas a partir das estações Usina Couro do Cervo (2145007), São João da Vereda (1644028) e Fazenda Letreiro (1948006), respectivamente. Em seguida, utilizando o *software* Excel®, versão 2016, foi feita a média aritmética dos valores, obtendo a precipitação média mensal de todos os meses do ano, para cada município. E para o cálculo da média anual, somou-se as médias mensais. Esses dados foram coletados por meio do

portal HidroWeb, que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2018).

A área de captação considerada foi de 100 m<sup>2</sup>, valor médio entre os padrões de residências brasileiras, sendo realizadas simulações para as seguintes condições:

- Demanda diária de água potável de 100, 150 e 300 litros per capita; em residências ocupadas por três moradores;
- Porcentagem de substituição de água potável por pluvial de 30%, determinado pela análise dos valores apresentados na Tabela 1; e
- Coeficiente de escoamento superficial igual a 0,80.

Os nove diferentes cenários para o dimensionamento, considerando as condições citadas anteriormente, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Cenários para dimensionamento dos reservatórios.

Cidade	Cenário	D <sub>dia</sub> (L/hab.dia)
Lavras	1	100
	2	150
	3	300
Montes Claros	4	100
	5	150
	6	300
Uberlândia	7	100
	8	150
	9	300

A = área de captação (m<sup>2</sup>); N = quantidade de moradores (habitantes); % Sub. = substituição de água potável por pluvial (%); e D<sub>dia</sub> = demanda per capita potável (L/habitante.dia).

Fonte: dos Autores (2019).

## 2.1 Cálculo das Demandas de Água

A demanda mensal potável para cada consumo per capita estipulado foi calculada a partir da Equação 1.

$$D_{(t)} = \frac{D_{dia} \cdot N \cdot d}{1000} \quad (1)$$

onde:

D<sub>(t)</sub> = demanda mensal potável (m<sup>3</sup>);

$D_{\text{dia}}$  = demanda per capita potável (L/habitante.dia);

$N$  = quantidade de moradores (habitantes); e

$d$  = número de dias (adotado 30).

Para o cálculo da demanda mensal de água não potável foi considerado um valor de 30% de  $D_{(t)}$ , conforme estabelecido anteriormente.

A demanda anual de água não potável, para cada consumo per capita estipulado, foi calculada a partir da Equação 2, na qual o valor 12 representa o número de meses contidos em um ano.

$$D_{\text{anual,NP}} = D_{\text{mensal,NP}} \cdot 12 \cdot 1000 \quad (2)$$

na qual:

$D_{\text{anual,NP}}$  = demanda anual de água não potável (L); e

$D_{\text{mensal,NP}}$  = demanda mensal de água não potável (L).

Os resultados foram apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Demandas de água.

$D_{\text{dia}}$ (L)	N (habitantes)	$D_{(t)}$ (m <sup>3</sup> )	$D_{\text{mensal,NP}}$ (m <sup>3</sup> )	$D_{\text{anual,NP}}$ (L)
<b>100</b>	3	9,00	2,70	32.400
<b>150</b>	3	13,50	4,05	48.600
<b>300</b>	3	27,00	8,10	97.200

Fonte: dos Autores (2019).

A partir destes, foi possível dimensionar o volume dos reservatórios de águas pluviais com base nos métodos mostrados em sequência, em conformidade com a NBR 15527- Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007).

## 2.2 Método de Rippl

De acordo com Tomaz (2003) este método faz uso de séries históricas extensas de precipitações para realizar o cálculo da vazão pluvial coletada. Como neste método são utilizadas séries mensais ou diárias, neste trabalho os cálculos para o dimensionamento foram feitos empregando-se séries históricas de precipitação com base mensal.

Para a obtenção do volume do reservatório de água pluvial (Equação 3), foi necessário obter o volume mensal de água no reservatório (Equação 4), que depende da demanda mensal de água não potável e do volume mensal de água pluvial (Equação 5):

$$V = \sum S_{(t)} , \text{ somente para valores de } S_{(t)} > 0 \quad (3)$$

$$S_{(t)} = D_{\text{mensal,NP}} - Q_{(t)}, \quad \text{sendo } \sum D_{\text{mensal,NP}} < \sum Q_{(t)} \quad (4)$$

$$Q_{(t)} = C.P.A \quad (5)$$

em que:

V = volume do reservatório de água pluvial (L);

$S_{(t)}$  = volume mensal de água no reservatório (L);

$D_{\text{mensal,NP}}$  = demanda mensal de água não potável (L);

$Q_{(t)}$  = volume mensal de água pluvial (L);

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

P = precipitação média mensal (mm); e

A = área de captação ( $m^2$ ).

### 2.3 Método da Simulação

Também conhecido como Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta, este é fundamentado na fixação de um valor para o volume do reservatório, e a conferência com relação ao consumo percentual atendido (Amorim e Pereira, 2006).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), a evaporação da água não deve ser considerada. O valor para o volume mensal de água pluvial foi calculado por meio da Equação 5, enquanto o volume mensal de água no reservatório foi encontrado a partir da Equação 6.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{\text{mensal,NP}} \quad (6)$$

onde:

$S_{(t)}$  = volume mensal de água no reservatório (L);

$Q_{(t)}$  = volume mensal de água pluvial (L);

$S_{(t-1)}$  = volume de água pluvial no reservatório no mês anterior (L); e

$D_{\text{mensal,NP}}$  = demanda mensal de água não potável (L).



Por fim, foi observado se a condição  $V \geq S_{(t)} \geq 0$  se satisfez para todos os meses do ano. onde:

$V$  = valor fixado para o volume do reservatório (L).

Se confirmada, este valor de volume previamente fixado era o volume do reservatório. Se o valor não satisfizesse a condição, se tornava necessário estabelecer um novo volume para o reservatório, até que este pudesse ser verificado para todos os meses.

Ainda como previsto pela NBR 15527 (ABNT, 2007), duas hipóteses foram feitas, a primeira de que o reservatório estivesse cheio no primeiro mês, janeiro, e a segunda de que os dados históricos fossem representativos para as condições futuras.

## 2.4 Método Azevedo Neto

Este método, também conhecido como Método Prático Brasileiro, é baseado em uma equação empírica para obtenção do volume do reservatório de água pluvial, em litros, conforme a Equação 7:

$$V = 0,042.P.A.T \quad (7)$$

onde:

$V$  = volume do reservatório de água pluvial (L);

$P$  = precipitação média anual (mm);

$A$  = área de captação ( $m^2$ ); e

$T$  = quantidade de meses de pouca chuva ou seca.

## 2.5 Método Prático Alemão

Neste método, também de forma empírica, o volume do reservatório de água pluvial, em litros, foi encontrado adotando o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável, de acordo com a Equação 8, proveniente da NBR 15527 (ABNT, 2007):

$$V = \min(V_{anual}; D_{anual,NP}) \cdot 0,06 \quad (8)$$

na qual:

$V$  = volume do reservatório de água pluvial (L);

$V_{\text{anual}}$  = volume de água pluvial anual (L); e

$D_{\text{anual,NP}}$  = demanda anual de água não potável (L).

## 2.6 Método Prático Inglês

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) o cálculo do volume do reservatório de água pluvial, em litros, foi feito utilizando a Equação 9:

$$V = 0,05.P.A \quad (9)$$

em que:

$V$  = volume do reservatório de água pluvial (L);

$P$  = precipitação média anual (mm); e

$A$  = área de captação ( $\text{m}^2$ ).

## 2.7 Método Prático Australiano

Trata-se de um método de simulação apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007), onde o volume mensal de água pluvial, foi calculado a partir da Equação 10:

$$Q_{(t)} = A.C.(P - I) \quad (10)$$

na qual:

$Q_{(t)}$  = volume mensal de água pluvial (L);

$A$  = área de captação ( $\text{m}^2$ );

$C$  = coeficiente de escoamento superficial (geralmente 0,80);

$P$  = precipitação média mensal (mm); e

$I$  = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (geralmente 2 mm).

A partir da consideração do reservatório vazio no primeiro mês, ou seja,  $V_{(t-1)} = 0$  para janeiro, calculou-se o balanço hídrico entre os valores de  $Q_{(t)}$  e  $D_{\text{mensal,NP}}$  para o mês em questão. Esse valor foi somado ao  $V_{(t-1)}$  para determinar o volume do reservatório, como mostra a Equação 11.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{\text{mensal,NP}} \quad (11)$$

onde:

$V$  = volume do reservatório de água pluvial (L);

$Q_{(t)}$  = volume mensal produzido pela chuva em um mês  $t$  (L);

$V_{(t-1)}$  = volume de água no reservatório no início do mês  $t$  (L); e

$D_{\text{mensal,NP}}$  = demanda mensal de água não potável.

Sendo que, quando  $V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{\text{mensal,NP}} < 0$ ,  $V_{(t)} = 0$

Para o mês seguinte, o valor de  $V_{(t)}$  foi calculado somando-se o valor do balanço do mês anterior ao balanço do mês de análise, e assim consecutivamente para os demais meses. As tentativas foram cessadas quando foi atingido um valor de confiança entre 0,90 e 1, calculado por meio da Equação 12.

$$\text{Confiança} = 1 - \frac{N_r}{N} \quad (12)$$

na qual:

$N_r$  = número de meses em que o reservatório não satisfaz a demanda ( $V_{(t)}=0$ ); e

$N$  = número de meses considerados.

O volume final do reservatório foi definido a partir do máximo valor de  $V_{(t)}$  calculado para todos os meses. Esses procedimentos foram realizados para todos os cenários.

## 2.8 Metodologia de Análise da Viabilidade Econômica

Após calculados os volumes dos reservatórios para os três municípios, considerando três demandas de água potável, foi possível realizar a análise econômica da implantação destes reservatórios.

Para o cálculo do valor a ser pago na fatura de água de cada residência considerada, foram consultadas as tarifas vigentes das companhias de abastecimento de água de cada município. A COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) é a companhia responsável pelo abastecimento de Lavras e Montes Claros e o DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto) o órgão encarregado da distribuição de água em Uberlândia. A Tabela 5 apresenta os valores das tarifas por  $m^3$  de água para cada cidade.

Tabela 5 - Tarifas de abastecimento de água e esgoto dos municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.

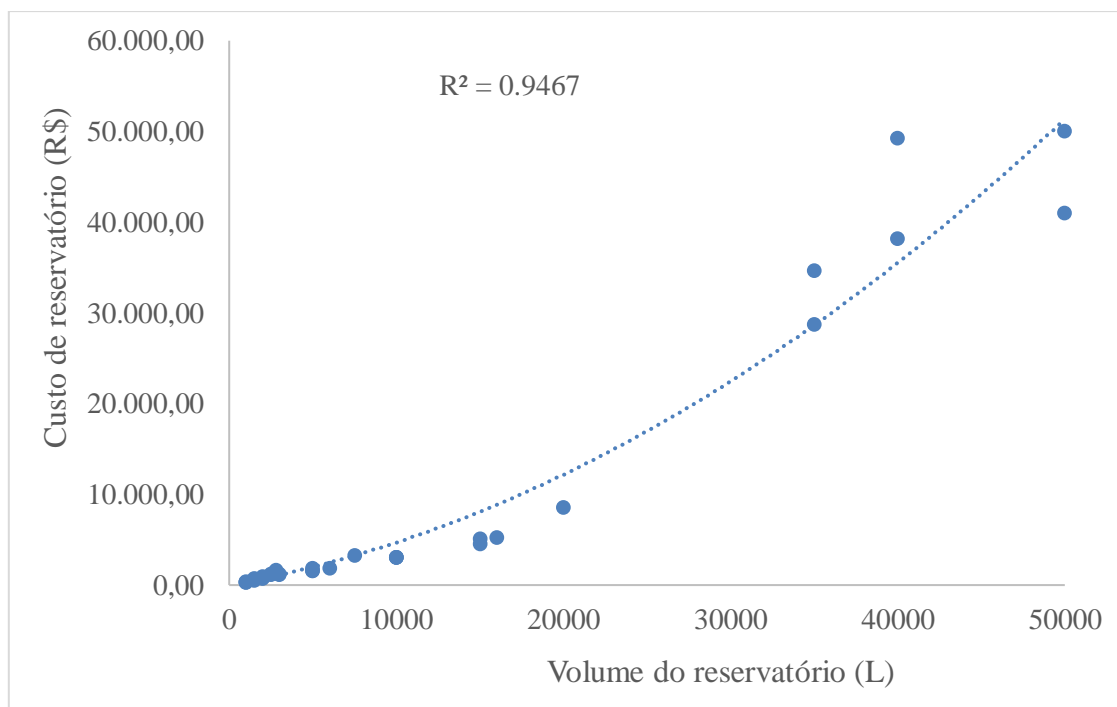
Cidade	CIA	CAT (R\$/m <sup>3</sup> )	Taxa (R\$/m <sup>3</sup> )	CT (R\$/m <sup>3</sup> )
Lavras	Copasa	3,165	3,007	6,172
Montes Claros	Copasa	3,165	3,007	6,172
Uberlândia	DMAE	1,65	0	1,65

CIA = companhia de abastecimento de água; CAT = custo da água tratada (R\$/m<sup>3</sup>); Taxa = taxa de esgoto (R\$/m<sup>3</sup>); e CT = custo total (R\$/m<sup>3</sup>).

Fonte: adaptado de Copasa (2019) e DMAE – Uberlândia (2018).

Em seguida, foram realizadas estimativas de custos de aquisição de reservatórios para armazenamento de água pluvial por meio de pesquisas em oito lojas online, visando quatro fornecedores distintos e sendo estes fabricados em três materiais, polietileno, filamento contínuo de poliéster e polipropileno. Após obtidos os preços, foi ajustada a curva de regressão que relacionava o custo de aquisição do reservatório em função do volume, Figura 4, assim como a Equação 13, considerando um modelo matemático potencial de segundo grau.

Figura 4 - Curva representativa do custo médio de reservatórios em função do volume.



Fonte: dos Autores (2019).

$$C = 10^{-5} \cdot V^2 + 0,3299 \cdot V \quad (13)$$

onde:

C = custo de aquisição do reservatório (R\$); e

V = volume do reservatório de água pluvial (L).

A partir da Equação 13 foram calculados os custos de aquisição dos reservatórios de águas pluviais de acordo com os volumes selecionados.

Finalmente, a viabilidade econômica de implantação do sistema foi analisada a partir de dois métodos, Payback Descontado e Índice de Lucratividade, considerando um período de 30 anos, tempo médio de vida útil de tubulações. De acordo com Reis (2019), o primeiro método, resume-se em descontar os fluxos de caixa, ou seja, considerando o valor presente líquido, que foi possível ser calculado a partir da Equação 14.

$$VPL = \frac{FC}{(1 + TMA)^n} \quad (14)$$

na qual:

VPL = valor presente líquido;

FC = fluxo de caixa;

TMA = taxa mínima de atratividade. Foi adotado 6,25%, correspondente ao valor médio da taxa Selic no ano de 2019, de acordo com dados disponibilizados pelo Banco Central (2019); e

n = anos analisados.

O fluxo de caixa foi calculado considerando o valor do investimento inicial no ano 0. Nos anos subsequentes, os valores foram relativos à economia na conta de água para cada ano analisado, por exemplo: no ano 1 o fluxo de caixa era igual a economia na conta referente a um ano de aproveitamento de água pluvial; no ano 2 o valor do fluxo representava a soma do fluxo no ano anterior mais a economia de água referente a um ano de aproveitamento de água pluvial; e assim consecutivamente.

O retorno de investimento, R, para o ano 1, foi calculado por meio da soma do investimento inicial e VPL referente a esse ano. Para o ano 2, foi somado o VPL deste ano ao valor de R referente ao ano anterior, e assim sucessivamente até o ano 30.

Posteriormente, o período de retorno do investimento realizado pôde ser calculado a partir da Equação 15.

$$PB_{descontado} = n_{neg} - \frac{R_{neg}}{VPL_{(n_{neg}+1)}} \quad (15)$$

onde:

$PB_{\text{descontado}}$  = tempo para pagar o investimento inicial (anos);

$R_{\text{neg}}$  = último valor de  $R < 0$  na série analisada (R\$);

$n_{\text{neg}}$  = ano referente a  $R_{\text{neg}}$ ; e

$VPL_{(n_{\text{neg}}+1)}$  = valor presente líquido referente ao primeiro valor de  $R > 0$  (R\$).

O segundo método consiste em analisar a relação entre o somatório de VPL do período analisado, e o investimento inicial, e assim mensurar a capacidade do empreendimento de gerar lucro. Se  $IL > 1$ , o investimento é considerado vantajoso, sendo que quanto maior, mais rentável este se prova (GUIMARÃES, 2018). Por meio da Equação 16 calculou-se o Índice de Lucratividade.

$$IL = \frac{\sum VPL}{I_{\text{inicial}}} \quad (16)$$

onde:

$IL$  = índice de lucratividade;

$VPL$  = valor presente líquido (R\$); e

$I_{\text{inicial}}$  = investimento inicial (R\$).

Neste trabalho, para cada cenário, foi feito o somatório do valor presente líquido referente a um período de 30 anos, e o investimento inicial foi o valor equivalente ao custo de aquisição do reservatório.

A partir dos resultados, foi possível comparar economicamente e tecnicamente cada uma das situações consideradas e então identificar o método mais eficiente para cada município observado, ou seja, o que tivesse sua viabilidade assegurada conforme os parâmetros definidos. Foi utilizado o *software* Excel®, versão 2016, para a realização dos cálculos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Séries Históricas de Precipitação

Os dados pluviométricos para cada município são expostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Precipitações médias mensais e anual dos municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia para as séries históricas de 01/01/1988 a 31/12/2018.

Mês	Precipitação média (mm)		
	Lavras	Montes Claros	Uberlândia
Janeiro	290	159	266
Fevereiro	170	113	205
Março	182	129	195
Abril	52	43	86
Maiο	40	9	45
Junho	24	3	16
Julho	11	3	10
Agosto	13	4	12
Setembro	54	19	43
Outubro	104	64	107
Novembro	172	191	199
Dezembro	242	219	280
<b>Média Anual</b>	<b>1.353</b>	<b>955</b>	<b>1.466</b>

Fonte: dos Autores (2019).

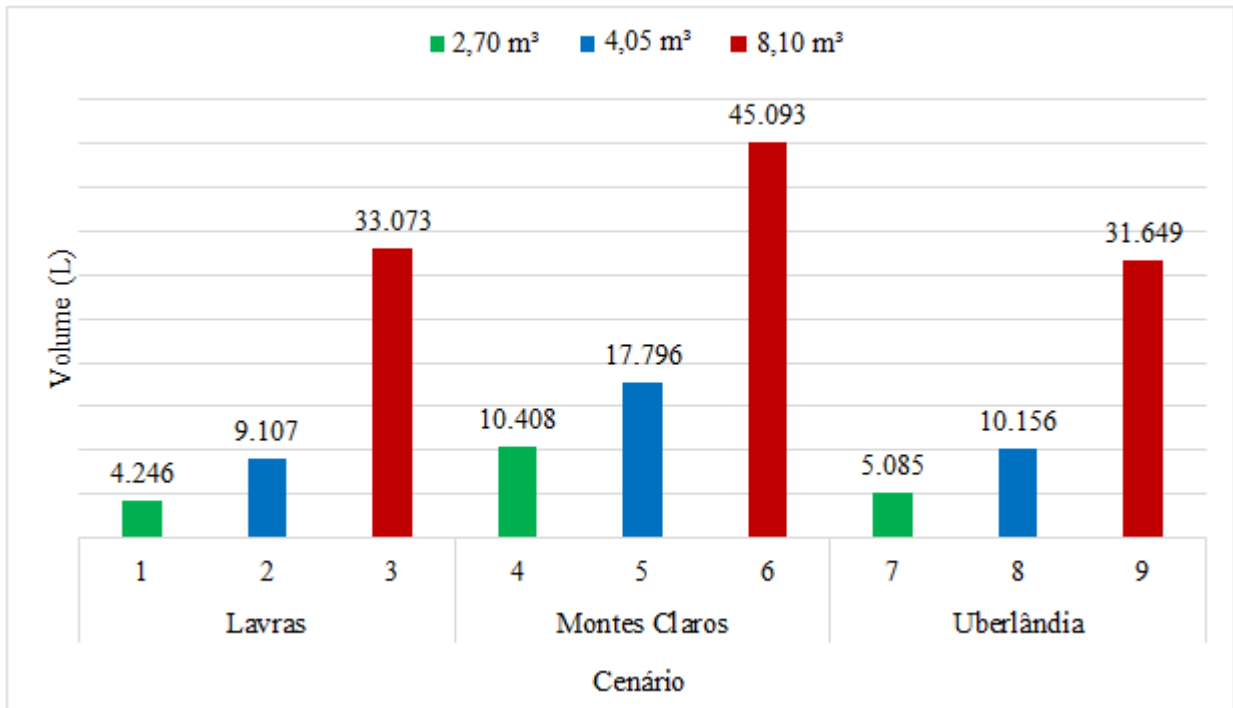
Os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro apresentaram as menores precipitações, para os três municípios estudados, sendo que Montes Claros apontou os valores mais baixos. Dentre estes, o município de Uberlândia foi o que apresentou maior média anual de precipitação e pior distribuição de chuva entre os meses, enquanto Lavras expôs melhor distribuição pluviométrica.

### 3.2 Análise da Viabilidade Técnica

#### 3.2.1 Método de Rippl

Para o cálculo dos volumes dos reservatórios de cada cenário, foram utilizadas as médias mensais de precipitação, as demandas mensais de água não potável e a área de captação, cujos valores foram estabelecidos anteriormente. Dessa forma, os valores obtidos de volumes dos reservatórios de água pluvial com o uso do método de Rippl, são mostrados na Figura 5.

Figura 5 - Volumes para os reservatórios obtidos por meio do Método de Rippl para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.



Fonte: dos Autores (2019).

A partir dos resultados obtidos, pôde ser observado que com o aumento da demanda e consequentemente do balanço hídrico entre  $D_{\text{mensal,NP}}$  e  $Q_{(t)}$ , o volume do reservatório também aumentou.

Para a maioria dos cenários de demandas iguais, a cidade de Lavras apresentou os reservatórios com menores volumes, com exceção do cenário 3. Isso deve ao fato de a cidade ter apresentado menor quantidade de meses em que o volume de chuva não foi capaz de suprir a demanda, ou seja, quando o balanço hídrico assumiu valor positivo. Além disso, o somatório dos balanços desses meses também foi menor. Esse comportamento não pôde ser observado para o cenário 9, quando a cidade de Uberlândia retratou a mesma quantidade de meses com pouca chuva que Lavras, mas menor somatório dos balanços.

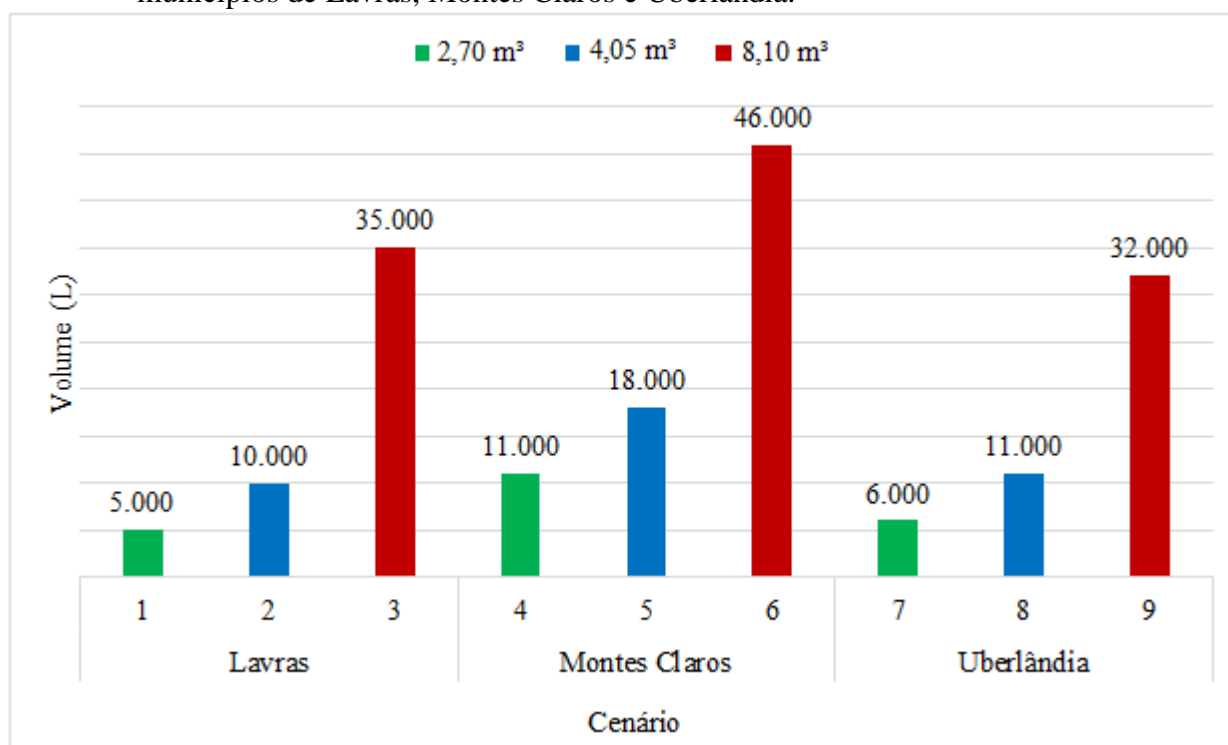
De acordo com Brandão e Marcon (2018) a vazão é regularizada através do sistema de acúmulo, no intuito de suprir a demanda de água nos meses com baixo índice de precipitação.



### 3.2.2 Método da Simulação

As variáveis utilizadas neste método foram as mesmas citadas no método de Rippl, com a diferença que o volume do reservatório, neste cálculo, também foi considerado como uma variável. Os resultados se encontram expostos na Figura 6.

Figura 6 - Volumes para os reservatórios obtidos por meio do Método da Simulação para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.



Fonte: dos Autores (2019).

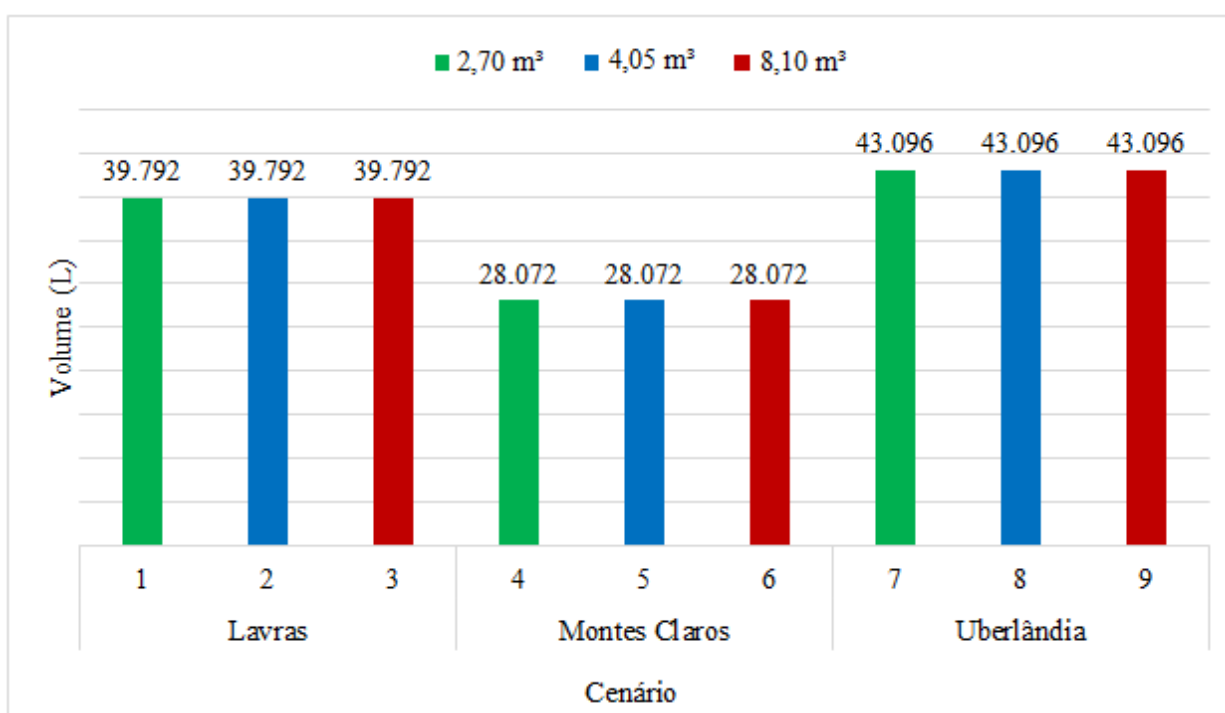
Neste método foi observado um comportamento semelhante ao Método de Rippl. O município de Montes Claros requer reservatórios com volumes superiores, seguido por Uberlândia, cujo volume de reservatório é inferior apenas para a demanda mensal de 8,1 m³, quando comparado ao município de Lavras. Neste, o mês de setembro, quando adotado volume de reservatório menor que 35.000 L, necessitou de suprimento de água extra.

Segundo Lopes e Miranda (2016), o Método da Simulação baseia-se em fator pluviométrico, visando um volume ideal de armazenamento que seja capaz de suprir os meses em que há déficit de chuva. Essa é uma das diferenças deste método, quando comparado ao método anterior.

### 3.2.3 Método Azevedo Neto

Para o cálculo dos volumes dos reservatórios de cada cenário, foram utilizadas as médias anuais de precipitação, a área de captação e o número de meses de pouca chuva (T) de cada município estudado, que foram os meses que apresentaram precipitação abaixo do valor médio das precipitações mensais. Os resultados são indicados na Figura 7.

Figura 7 - Volumes para os reservatórios obtidos por meio do Método de Azevedo Neto para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.



Fonte: dos Autores (2019).

Neste método, para todos os valores de  $D_{\text{mensal,NP}}$  foi obtido resultado único para o volume do reservatório pluvial de cada município, já que se considerou apenas as médias anuais de precipitação e a quantidade de meses com pouca chuva.

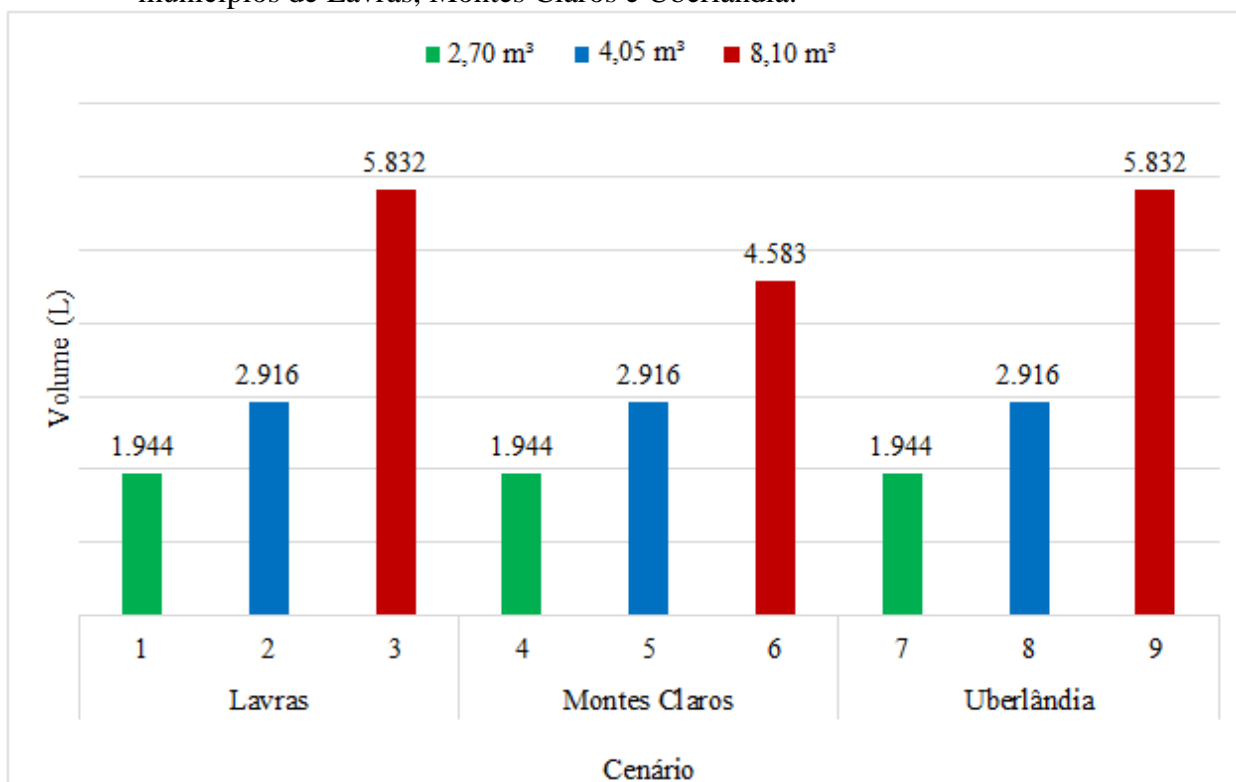
Garcia et. al (2018) citam que este método dimensiona o reservatório visando o armazenamento de água para utilização durante os meses em que o índice de precipitação é menor, fato que resulta em valores altos de volumes em comparação a outros métodos práticos, devido à quantidade de meses em que a água será armazenada de forma contínua.

A cidade de Montes Claros apresentou o menor volume entre os municípios estudados, seguida por Lavras, e posteriormente, Uberlândia, que exigiu o maior reservatório. Este comportamento é proporcional ao volume de chuva anual observado para cada cidade, ou seja, quanto maior a média de precipitação anual, maior também o volume do reservatório.

### 3.2.4 Método Prático Alemão

Este método utilizou das mesmas variáveis apresentadas no método anterior para o cálculo do volume de água pluvial anual ( $V_{\text{anual}}$ ), que foi comparado ao valor da demanda anual de água não potável ( $D_{\text{anual,NP}}$ ), e então foi calculado o volume do reservatório, conforme Equação 8. Para cada cenário, os resultados são apresentados na Figura 8 a seguir.

Figura 8 - Volumes para os reservatórios obtidos por meio do Método prático Alemão para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.



Fonte: dos Autores.

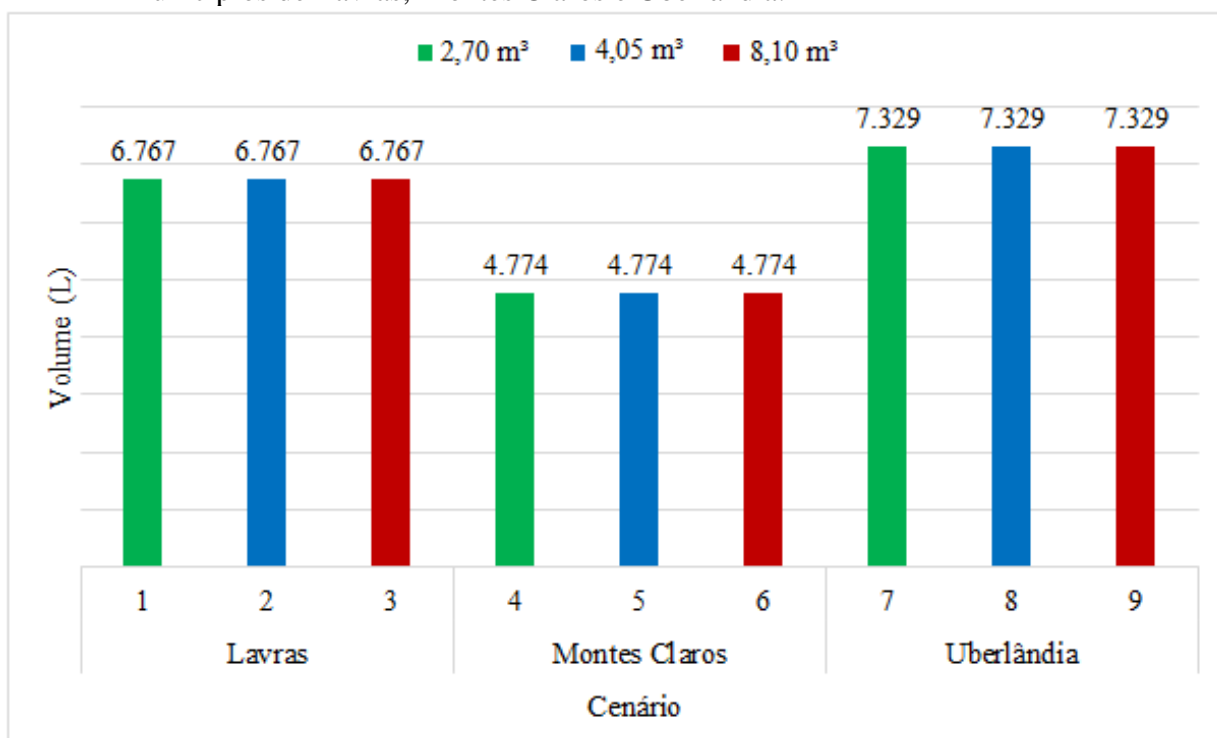
Como este método leva em consideração o menor valor entre  $V_{\text{anual}}$  e  $D_{\text{mensal,NP}}$ , foram obtidos os mesmos volumes para os cenários que apresentavam as mesmas  $D_{\text{mensal,NP}}$ , exceto para a demanda de 8,1  $\text{m}^3$  do município de Montes Claros (Cenário 6), único em que o  $V_{\text{anual}}$  foi menor

que  $D_{\text{mensal,NP}}$ , devido à baixa precipitação neste município em comparação aos demais. Neste dimensionamento, não se considerou o balanço hídrico entre volume de captação e demanda de água pluvial, o que gerou reservatórios de volumes menores do que as demandas mensais de água não potável. Devido a isto, segundo Souza (2015), reservatórios dimensionados por este método necessitam de suprimento de água externa, de forma a suprir a demanda.

### 3.2.5 Método Prático Inglês

Utilizando os valores de precipitação média anual e área de captação foi possível dimensionar os volumes dos reservatórios para cada cenário, conforme Equação 9. Os valores são exibidos na Figura 9.

Figura 9 - Volumes para os reservatórios obtidos por meio do Método Prático Inglês para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.



Fonte: dos Autores (2019).

Como no Método de Azevedo Neto, este também apresentou apenas um valor de volume de reservatório para cada município, e foi possível observar a proporcionalidade entre a média

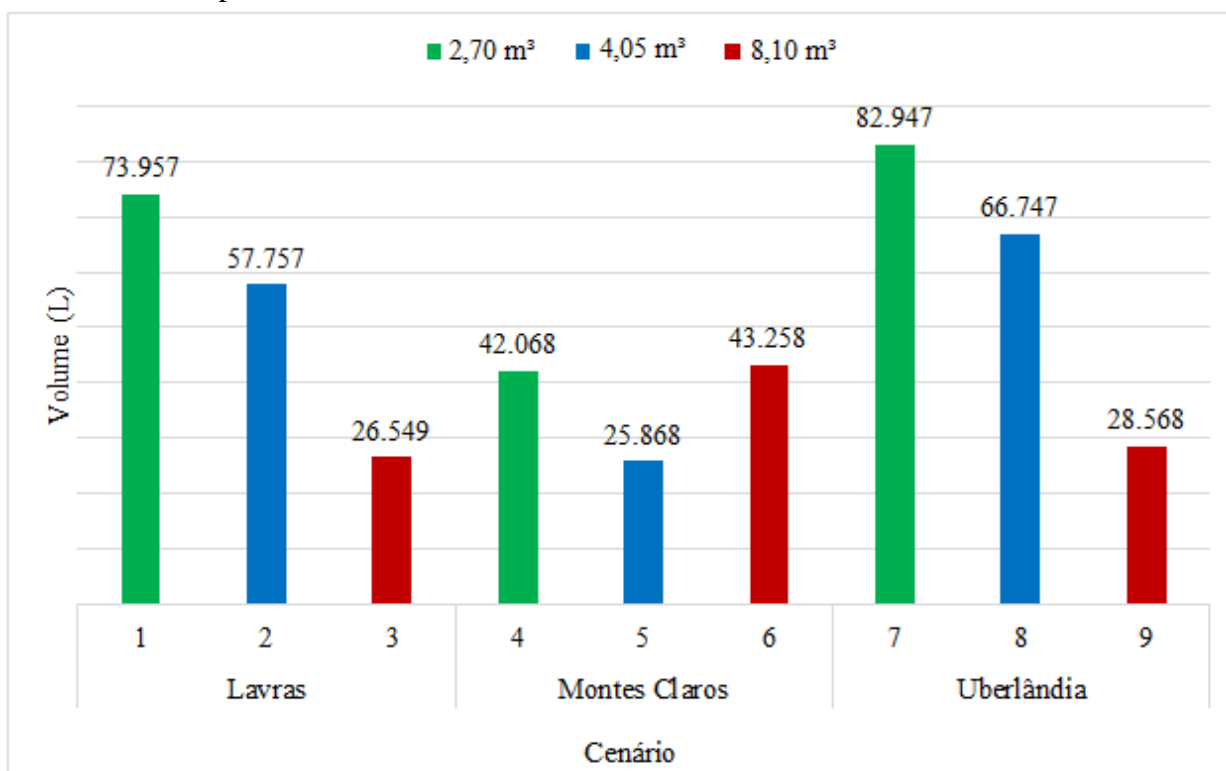
anual de precipitação e o volume do reservatório, ou seja, quanto maior o valor de precipitação anual para um município, maior será o volume encontrado (LOPES e MIRANDA, 2016).

A cidade de Montes Claros apresentou o menor volume entre as cidades estudadas, seguida por Lavras, e depois Uberlândia, que exigiu o maior reservatório. Nesta situação, segundo Brandão e Marcon (2018), o aumento da demanda de água pluvial gera a diminuição da garantia de abastecimento do reservatório.

### 3.2.6 Método Prático Australiano

Os valores para os reservatórios obtidos por meio do Método Prático Australiano para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia são expostos na Figura 10.

Figura 10 - Volumes para os reservatórios obtidos por meio do Método prático Australiano para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.



Fonte: dos Autores (2019).

O município de Uberlândia exigiu maiores reservatórios, seguido por Lavras, e posteriormente, Montes Claros. Os reservatórios de maiores volumes foram obtidos nos cenários

de menor demanda, devido ao maior valor do balanço hídrico obtido. No cenário 6, não foi possível considerar o reservatório vazio no primeiro mês, já que o nível de confiança prescrito em norma não foi satisfatório, sendo assim necessário o suprimento com água potável, causando aumento no volume do reservatório.

Para este método verifica-se um armazenamento de toda a água de chuva disponível no mês, e, então, subtrai-se a demanda requerida. Segundo Costa (2016), esse método não garante economia no tamanho do reservatório, pois outros métodos geram como resultado reservatórios de menor volume. De fato, na maioria dos cenários analisados, este foi o método que obteve os maiores volumes.

A partir dos resultados encontrados, foi visualizada grande divergência entre os volumes dimensionados por meio de cada método utilizado. Estas também ocorreram em razão dos cenários estudados, os quais tinham como variáveis a demanda de água não potável e o volume de água pluvial, uma vez que foram feitas as análises para três cidades distintas.

Em aproximadamente 56% dos cenários, o Método Australiano obteve como resultado os maiores volumes para os reservatórios, e em 100% dos cenários o Método Alemão trouxe os menores valores. Os métodos de Rippl e Simulação apontaram valores próximos entre si, enquanto os métodos de Azevedo Neto e Inglês, por considerarem nos cálculos apenas as precipitações médias anuais em detrimento às demandas, trouxeram os mesmos volumes para cada município. Assim, na maioria dos cenários, os métodos Australiano e Azevedo Neto superdimensionaram os reservatórios e os métodos Alemão e Inglês subdimensionaram, não atendendo a viabilidade técnica.

Os métodos de Simulação e Rippl trouxeram valores intermediários e razoáveis comparados aos outros métodos. O Método da Simulação simulou o comportamento do volume de água armazenado no reservatório ao longo da série histórica estudada, verificando os meses nos quais o reservatório pré-estabelecido atendeu ou não à demanda de água pluvial. Por este motivo, este foi o método que atendeu o conceito de viabilidade técnica.

### **3.3 Análise da Viabilidade Econômica**

A viabilidade econômica foi realizada considerando o Método da Simulação, o qual foi selecionado na análise de viabilidade técnica.

Após encontradas as tarifas de água aplicadas pelas Companhias de Abastecimento de cada cidade, foram calculados: o valor mensal total a ser pago pelo fornecimento e uso de água correspondente à cada demanda mensal de água potável; a economia mensal que foi obtida na conta, se implantado o aproveitamento da água pluvial; e o valor com reservatório, que representa o valor real a ser pago por meio da utilização do reservatório de águas pluviais. Os resultados são expostos na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores a serem pagos por mês pelo fornecimento e uso de água potável após a instalação do reservatório de águas pluviais nos municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.

Cidade	Cenário	$D_{(t)}$ (m <sup>3</sup> )	$D_{\text{mensal,NP}}$ (m <sup>3</sup> )	VMT (R\$)	E (R\$)	VCR (R\$)
Lavras	1	9,0	2,70	55,55	16,66	38,88
	2	13,5	4,05	83,32	25,00	58,33
	3	27,0	8,10	166,64	49,99	116,65
Montes Claros	4	9,0	2,70	55,55	16,66	38,88
	5	13,5	4,05	83,32	25,00	58,33
	6	27,0	8,10	166,64	49,99	116,65
Uberlândia	7	9,0	2,70	14,85	4,46	10,40
	8	13,5	4,05	22,28	6,68	15,59
	9	27,0	8,10	44,55	13,37	31,19

$D_{(t)}$  = demanda mensal potável;  $D_{\text{mensal,NP}}$  = demanda mensal de água não potável; VMT = valor mensal total; E = economia mensal na conta; e VCR = valor com reservatório.

Fonte: dos Autores (2019).

As tarifas praticadas pela Copasa são superiores às praticadas pelo DMAE. Deste modo, foi observado que a economia no valor da conta de água se fez maior para os municípios de Lavras e Montes Claros, sendo também proporcional ao valor de  $D_{\text{mensal,NP}}$  em todos os casos analisados.

Além das tarifas, a partir da Equação 13, que relaciona o custo médio dos reservatórios em função do seu volume, foram calculados os custos de aquisição dos reservatórios de águas pluviais, cujos volumes foram definidos pelo Método da Simulação. Os resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Custo do reservatório em função do volume dado pelo Método da Simulação para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.

<b>Cidade</b>	<b>Cenário</b>	<b>V (L)</b>	<b>C (R\$)</b>
Lavras	1	5.000	1.899,50
	2	10.000	4.299,00
	3	35.000	23.796,50
Montes Claros	4	11.000	4.838,90
	5	18.000	9.178,20
	6	46.000	36.335,40
Uberlândia	7	6.000	2.339,40
	8	11.000	4.838,90
	9	32.000	20.796,80

Fonte: dos Autores (2019).

Foi observado, a partir dos resultados apresentados anteriormente, que os custos dos reservatórios são diretamente proporcionais aos volumes. Porém, esta não é uma relação linear, ou seja, custo e volume não variam à uma taxa constante.

Os resultados calculados pelo Método do Payback descontado, de cada cenário, são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Tempo necessário, em anos, para pagar o investimento inicial realizado nos municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.

<b>Cidade</b>	<b>Cenário</b>	<b>V (L)</b>	<b>n<sub>neg</sub></b>	<b>R<sub>neg</sub> (R\$)</b>	<b>VPL<sub>(n<sub>neg</sub>+1)</sub> (R\$)</b>	<b>PB<sub>descontado</sub> (anos)</b>
Lavras	1	5.000	4	-229,21	738,41	4,31
	2	10.000	5	-685,95	1.250,95	5,55
	3	35.000	10	-1.965,68	3.387,40	10,58
Montes Claros	4	11.000	7	-680,51	984,98	7,69
	5	18.000	8	-1.463,14	1.564,39	8,94
	6	46.000	14	-498,73	3.624,51	14,14
Uberlândia	7	6.000	11	-92,15	309,93	11,30
	8	11.000	14	-48,68	484,48	14,10
	9	32.000	25	-848,77	862,13	25,98

Fonte: dos Autores (2019).



De forma geral, os cenários inerentes ao município de Lavras apresentaram menores tempos de retorno necessários para pagar o investimento, e Uberlândia apresentou os maiores tempos. Isso se deve ao fato de que esse método considera as tarifas aplicadas pelas companhias de abastecimento para calcular o valor presente líquido. As tarifas aplicadas pelo DMAE, órgão responsável pelo abastecimento deste município, são menores do que as tarifas empregadas pela COPASA, companhia de abastecimento das cidades de Lavras e Montes Claros. Estas últimas, apesar da companhia vigente ser a mesma, apresentaram divergência entre valores. Isso ocorreu devido aos volumes de reservatórios encontrados para cada uma serem diferentes, o que gera variação nos custos de investimento inicial.

Pode-se observar ainda que o sistema se mostra com uma maior viabilidade econômica quando as tarifas cobradas são mais caras. De acordo com Guimarães (2018), o preço dos serviços de água e esgoto têm grande influência sobre a viabilidade econômica de implantação de reservatório de aproveitamento de água pluvial, como mostrado neste trabalho.

Utilizando o Método do Índice de Lucratividade, para cada cenário, foram obtidos os resultados expostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Índice de lucratividade do investimento realizado para os municípios de Lavras, Montes Claros e Uberlândia.

<b>Cidade</b>	<b>Cenário</b>	<b>V (L)</b>	<b><math>\sum</math>VPL (R\$)</b>	<b>I<sub>inicial</sub> (R\$)</b>	<b>IL</b>
Lavras	1	5.000	29.996,49	1.899,50	15,79
	2	10.000	44.994,74	4.299,00	10,47
	3	35.000	89.989,47	23.796,50	3,78
Montes Claros	4	11.000	29.996,49	4.838,90	6,20
	5	18.000	44.994,74	9.178,20	4,90
	6	46.000	89.989,47	36.335,40	2,48
Uberlândia	7	6.000	8.019,15	2.339,40	3,43
	8	11.000	12.028,73	4.838,90	2,49
	9	32.000	24.057,46	20.796,80	1,16

Fonte: dos Autores (2019).

Neste método foi observado um Índice de Lucratividade maior para o município de Lavras, seguido de Montes Claros e, posteriormente, Uberlândia. Isso ocorreu porque os valores de investimento inicial para a cidade de Lavras foram menores, quando comparados a Montes Claros.

Ao relacionar Uberlândia a Lavras, este comportamento não pode ser observado para a maior demanda, uma vez que Lavras necessitou de um reservatório de custo maior. Neste caso, o Índice de Lucratividade maior se deve ao fato da tarifa de abastecimento em Lavras ser maior, gerando maior economia e maior VPL, grandeza diretamente proporcional a esse índice. Conseqüentemente, este investimento, se realizado em Lavras, se mostra mais vantajoso.

Neste trabalho, assim como no elaborado por Dias et al. (2007), foi observado que o valor de VPL tende a aumentar com o aumento do volume do reservatório, independentemente do valor da tarifa.

A viabilidade econômica, para o horizonte de projeto adotado de 30 anos, pôde ser verificada para todos os cenários analisados. Contudo, o empreendimento, se implantado no município de Lavras, apresenta melhor viabilidade técnica e econômica quando comparado aos outros dois municípios, mesmo envolvendo custo inicial elevado no caso de maior demanda.

#### **4 CONCLUSÃO**

Por meio da elaboração deste trabalho, foi observado que o município de Uberlândia apresenta maior disponibilidade hídrica via precipitação. Lavras possui o segundo maior índice pluviométrico, e Montes Claros exibe o pior regime de chuvas dentre os municípios estudados.

Diante dos métodos de dimensionamento avaliados, o Método da Simulação foi o que melhor atendeu à viabilidade técnica, devido à sua capacidade de simular o comportamento do volume de água reservado ao longo de todos os meses da série histórica adotada, garantindo o suprimento de água não potável até mesmo para os meses de pouca chuva.

Por este motivo, este também foi o método utilizado na análise da viabilidade econômica. De acordo com os critérios de avaliação estabelecidos, os reservatórios dimensionados por meio deste também tiveram sua viabilidade econômica asseguradas. Logo, esta aplicação se mostrou eficaz na economia do consumo de água potável para todos os cenários analisados, sendo aliada ao combate à escassez de recursos hídricos.

Portanto, se torna válido conferir maior notoriedade a utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, uma vez que somente por meio da conscientização e informação este uso será amplamente difundido, o que pode acarretar a economia de um bem tão importante como a água potável.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. **Köppel's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, janeiro de 2022.

AMORIM, S. V. de; PEREIRA, D. J. de A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.8, n. 2, abr./jun. 2008.

Banco Central do Brasil. **Taxa de Juros Básica – Histórico**. Disponível em <<https://www.bcb.gov.br/controlainflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 12 set. 2019.

BRANDÃO, J. L. B.; MARCON, P. **Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária**, v.23, n.6, nov./dez. 2018.

COPASA. **Tabela de Tarifa**. Disponível em: <[http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/ff53fd67-db13-4d21-992f-716d7aa5fecc/Tb\\_de\\_tarifa-2018.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ff53fd67-db13-4d21-992f-716d7aa5fecc](http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/ff53fd67-db13-4d21-992f-716d7aa5fecc/Tb_de_tarifa-2018.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ff53fd67-db13-4d21-992f-716d7aa5fecc)>. Acesso em: 26 set. 2019.

COSENTINO, L. T.; BORGES, M. M. **Benefícios da captação de água pluvial para a gestão urbana de recursos hídricos**. SBE16 Brazil & Portugal. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

COSTA, L. C. da. **Dimensionamento de reservatórios para sistemas de abastecimento de água da chuva para a região dos campos gerais tendo em vista cenários de mudanças climáticas**. Ponta Grossa, 2016.

DIAS, I. C. S.; JUNIOR, G. B. A.; GADELHA, C. L. M. **Análises da Viabilidade Econômica de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para Fins Não-Potáveis em Residências na Cidade de João Pessoa – PB**. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, 2007.

DMAE. **Tarifa de Água**. Disponível em: <[http://servicos.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms\\_b\\_arquivos/19809.pdf](http://servicos.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/19809.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2019.

ENGEPLAS. **Aproveitamento de água de chuva**. 2010. Disponível em: <<https://www.engeplas.com.br/>> Acesso em: 26 ago. 2019.

GARCIA, J. dos S.; ANJOS, N. A. B. dos.; SILVA, M. J. M. da. **Determinação do volume de armazenamento de águas pluviais utilizando os Métodos de Azevedo Netto e Prático Inglês**. Rev. Eletrônica Organ. Soc., Iturama (MG), jul./dez., 2018.

GHISI, E. A. **Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares.** Florianópolis, 2006.

GUIMARÃES, C. **Índice de Lucratividade: o que é e como calcular.** Voitto, 2018. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/indice-de-lucratividade>> Acesso em: 10 set. 2019.

GUIMARÃES, D. A. **Viabilidade econômica para implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em residência unifamiliar.** Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

LOPES, A. P. de G.; MIRANDA, D. A. **Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (Mg), Recife (Pe) e Rio Branco (Ac).** Scientia Cum Industria (SCI. CUM IND.), v. 4, n. 2, 2016.

LUCAS, F. V. **Sistema de Captação e Aproveitamento de Águas Pluviais em Indústria de Alimentos.** Universidade de Brasília, 2016.

REIS, T. **Payback descontado: saiba como funciona esse indicador de retorno.** Suno, 2019. Disponível em: <<https://www.sunoresearch.com.br/artigos/payback-descontado/>> Acesso em: 10 set. 2019.

SNIRH - **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.** Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf) > Acesso em: 10 set. 2019.

SOUZA, R. L. **Análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais: estudo de caso Hospital Federal do Andaraí/RJ.** Rio de Janeiro, 2015.