

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOÃO PAULO CURVELO CABANAS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DO USO DE ÁGUA
PLUVIAL EM BAIRRO DE CLASSE ECONÔMICA BAIXA NA CIDADE DE
JOÃO MONLEVADE**

JOÃO MONLEVADE - MG
2019

JOÃO PAULO CURVELO CABANAS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DO USO DE ÁGUA
PLUVIAL EM BAIRRO DE CLASSE ECONÔMICA BAIXA NA CIDADE DE
JOÃO MONLEVADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP – Campus de João Monlevade, orientado pelo Prof. Dr. Jean Carlos Machado Alves, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

JOÃO MONLEVADE - MG
2019

C112a Cabanas, João Paulo Curvelo.
Análise de viabilidade e sustentabilidade do uso de água pluvial em bairro de classe econômica baixa na cidade de João Monlevade [manuscrito] / João Paulo Curvelo Cabanas. - 2019.

75f.: il.: color; grafs; tabs; Quadros.

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Machado Alves.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Água - Captação. 2. Sustentabilidade. 4. Abastecimento de água nas cidades - Águas pluviais - Estudos de viabilidade. I. Alves, Jean Carlos Machado. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 658.5

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ICEA

**FOLHA DE APROVAÇÃO****JOÃO PAULO CURVELO CABANAS****ANÁLISE DE VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DO USO DE ÁGUA PLUVIAL EM BAIRRO DE CLASSE ECONÔMICA BAIXA NA CIDADE DE JOÃO MONLEVADE**

Membros da banca

Jean Carlos Machado Alves - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto - Campus João Monlevade
Elisângela Fatima de Oliveira - Mestre - Universidade Federal de Ouro Preto - Campus João Monlevade
Aline Mara Alves Soares - Graduada - Universidade Federal de Ouro Preto - Campus João Monlevade

Versão final

Aprovado em 02 de Dezembro de 2019

De acordo

Professor Orientador: Jean Carlos Machado Alves



Documento assinado eletronicamente por **Jean Carlos Machado Alves, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/12/2019, às 15:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0027901** e o código CRC **233772DB**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.203937/2019-41

SEI nº 0027901

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade, proteção e força para seguir em frente até a conclusão dessa etapa.

Dedico à minha família, em especial à minha mãe Eliana, ao meu pai Roberto e às minhas irmãs Caroline e Maria Eduarda, por todo o apoio e motivação ao longo da graduação. Agradeço à minha namorada Bruna, pelo suporte e carinho em todos os momentos e aos grandes amigos Tales Martuchello e toda sua família, ao Alex e à família Passos e ao Leonardo Siqueira pelo companheirismo e ajuda nesses anos de estudos e amizade. Deixo meu “muito obrigado!” aos grandes amigos do Diretório Acadêmico RenovaD.A. e aos compadres das repúblicas Boate Azul, Toca do Lobo e Cabrobró pelos muitos momentos de alegria e aprendizado.

Agradeço imensamente ao Professor Dr. Jean Carlos Machado Alves pela orientação e ajuda na conclusão desta etapa, ao Professor Me. Rafael Lucas Machado Pinto pelas orientações em artigos e congressos e à Professora Dra. Anliy Natsuyo Nashimoto Sargeant pelas oportunidades extracurriculares ao longo da graduação.

RESUMO

A preocupação acerca da escassez de água tem gerado notável inquietação na população mundial, fomentando análises de formas eficazes para racionalização deste recurso pelo consumo consciente ou pela reutilização da água. No entanto, deve-se utilizar de métodos eficientes para garantir um consumo consciente, como por sistemas de captação e manejo de água pluvial que permitem o acompanhamento, pelos usuários, dos níveis de utilização da água, assim como sua qualidade. O principal objetivo do estudo é analisar a viabilidade de se utilizar água proveniente da chuva para suprir demandas de água não potável em um bairro de classe econômica baixa na cidade de João Monlevade a partir de fatores da sustentabilidade. O bairro analisado foi o Cruzeiro Celeste por integrar uma região de vulnerabilidade econômica na cidade. A metodologia empregada foi de natureza aplicada, com objetivo exploratório, abordagem combinada por mesclar aspectos da pesquisa quantitativa e qualitativa em todo o processo de pesquisa, ou em partes de sua execução e sob um método de experimento. O projeto de um sistema de captação pluvial embasado nas análises pluviométricas e de dimensionamento de reservatórios de armazenamento de água permitiram a conclusão sobre a viabilidade do uso de água da chuva em situações de não potabilidade no local. Assim, o estudo foi importante para embasar tomadas de decisão futuras sobre implantação de métodos semelhantes em bairros de classe econômica baixa na cidade de João Monlevade.

Palavras chave: Captação de Água Pluvial; Fatores da Sustentabilidade; Estudo de Viabilidade.

ABSTRACT

Concern about water scarcity has generated considerable concern in the world population, promoting analyzes of effective ways to rationalize this resource by conscious consumption or reuse of water. However, efficient methods must be used to ensure conscious consumption, such as rainwater harvesting and management systems that allow users to monitor water use levels as well as its quality. The main objective of the study is to analyze the feasibility of using rainwater to meet non-potable water demands in a low-income neighborhood in the city of João Monlevade based on sustainability factors. The neighborhood analyzed was Cruzeiro Celeste for integrating a region of economic vulnerability in the city. The methodology employed was of an applied nature, with exploratory objective, combined approach for mixing aspects of quantitative and qualitative research in the whole research process, or in parts of its execution and under an experiment method. The design of a rainwater catchment system based on rainfall analysis and sizing of water storage reservoirs allowed the conclusion on the feasibility of using rainwater in non-potable situations on site. Thus, the study was important to support future decision making about the implementation of similar methods in low-income neighborhoods in the city of João Monlevade.

Keywords: Rainwater Catchment; Sustainability Factors; Viability study.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Dosagem do cloro para desinfecção da água	25
Tabela 02 – Coeficiente de Runoff	32
Tabela 03 – Tarifas para o fornecimento de água e esgoto em João Monlevade	39
Tabela 04 – Valores da tarifa mínima para a conta de água em João Monlevade	40
Tabela 05 – Consumo médio de água no bairro Cruzeiro Celeste	41
Tabela 06 – Percentual de consumo de água	43
Tabela 07 – Percentual de consumo de água no bairro Cruzeiro Celeste	43
Tabela 08 – Medidas das áreas de telhados de cerâmica, cimento e metal	44
Tabela 09 – Diâmetros de condutos verticais por área de telhado	53
Tabela 10 – Análise da economia para cada tipo de telhado	56
Tabela 11 – Orçamento para sistema de captação no bairro Cruzeiro Celeste	56
Tabela 12 – Prazo de retorno do investimento	59
Tabela 13 – Prazo de retorno do investimento com Tarifa Social	59
Tabela 14 – Valores finais das contas de água para cada tipo de telhado	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso de garrafas PET como calhas verticais e horizontais	22
Figura 2 – Filtro auto-limpante	23
Figura 3 – Sistema básico de aproveitamento de água da chuva	25
Figura 4 – Localização do bairro Cruzeiro Celeste	31
Figura 5 – Método de Rippl para dimensionamento de reservatório	33
Figura 6 – Método da Simulação para dimensionamento de reservatório	34
Figura 7 – Localização do município de João Monlevade – MG	36
Figura 8 – Método de Rippl para telha cerâmica no bairro Cruzeiro Celeste	46
Figura 9 – Método de Rippl para telha de cimento no bairro Cruzeiro Celeste	47
Figura 10 – Método de Rippl para telha metálica no bairro Cruzeiro Celeste	48
Figura 11 – Método da Simulação para telha cerâmica no bairro Cruzeiro Celeste	49
Figura 12 – Método da Simulação para telha de cimento no bairro Cruzeiro Celeste	50
Figura 13 – Método da Simulação para telha metálica no bairro Cruzeiro Celeste	51
Figura 14 – Condutores horizontais direcionados à rua	54
Figura 15 – Casa construída sobre encosta no bairro Cruzeiro Celeste	62
Figura 16 – Casa construída sobre encosta com entulho acumulado	62
Figura 17 – Entulho e lixo acumulados sobre o passeio no bairro Cruzeiro Celeste	63
Figura 18 – Esgoto canalizado para rio no bairro Cruzeiro Celeste	63
Figura 19 – Água pluvial sendo armazenada em bombona plástica	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Tipos de Instrumentos de Gestão Socioambiental	16
Quadro 02 – Classificação de perigos naturais	19
Quadro 03 – Condições para isenção pela Tarifa Social	41
Quadro 04 – Volumes de reservatório pelos métodos de Rippl e da Simulação	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Volume médio de chuva precipitado por ano em João Monlevade 37

Gráfico 2 – N° de precipitações maiores ou iguais a 1 milímetro em João Monlevade .. 38

LISTA DE SIGLAS

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DAE – Departamento Municipal de Águas e Esgotos
SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto
DMAES – Departamento Municipal de Água, Esgoto e Saneamento
CESAMA – Companhia de Saneamento Municipal
SEMAE – Serviço Municipal de Água e Esgoto
CRAS – Centro de Referência de Assistência Social
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso
CEC – Comando e Controle
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
PVC – Policloreto de Vinila
PET – Politereftalato de Etileno
CISAB-RC – Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico - Região Central
UTM – Universal Transversa de Mercator
WGS – *World Geodetic System*
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR – Norma Brasileira
ARISB-MG – Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo Geral	13
1.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Justificativa	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Gestão Socioambiental	15
2.2 Clima e Meio Ambiente	17
2.3 Gestão e Captação de Água da Chuva	20
2.3.1 Análise econômica sobre o sistema de captação pluvial	26
2.4 Sustentabilidade e Desenvolvimento Social	28
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
4 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	36
4.1 Tarifas e Ações do Departamento Municipal de Águas e Esgotos.....	39
4.2 Análise Econômica, Social e Ambiental	55
4.2.1 Prazo de retorno do investimento	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
6 REFERÊNCIAS	67
ANEXO A – ARTIGOS DA RESOLUÇÃO CISAB	74

1. INTRODUÇÃO

A crescente difusão de ideias e discussões acerca da escassez de água tem gerado notável inquietação na população mundial (KUMMU *et al.*, 2016). Esta preocupação fomenta análises de formas eficazes para racionalização deste recurso seja pelo próprio consumo consciente, seja pela reutilização da água. No entanto, deve-se investigar maneiras eficientes de se realizar tal controle de consumo, como por sistemas de captação e armazenamento que permitem o acompanhamento, pelos usuários, dos níveis de utilização da água, assim como sua qualidade.

A captação e o armazenamento de água não potável passam pela necessidade de valorização do uso de sua versão potável, uma vez que existem maneiras alternativas e gratuitas de se obter este recurso, como é o caso da captação e tratamento de água pluvial. A água obtida por este meio não é recomendada para consumo, mas permite formas de tratamento caseiras e eficientes através de sistemas de captação devidamente projetados.

A instalação de um sistema de captação e manejo pluvial impacta principalmente em fatores econômicos, ambientais e sociais. Esses fatores, formam segundo Elkington (2004), o tripé da sustentabilidade. Contudo, embora abranja os principais quesitos que influenciam um projeto sustentável, o tripé não relaciona fatores subjetivos mais específicos, como a cultura da população atingida, ou ainda, políticas sociais e ambientais regulamentadoras que atuam sobre os envolvidos.

No entanto, é possível esmiuçar alguns destes fatores de maneira particular como o quesito ambiental que, para a captação e manejo de água da chuva, deve levar em consideração condições climáticas regionais. Ou o fator econômico, que impacta na adesão deste sistema pela população.

Martins e Marques (2017), explicam que a instalação de sistemas para captação de água da chuva traz vantagens econômicas e ambientais, uma vez que reduz o consumo indevido deste recurso em sua forma potável, além de minimizar os gastos com a obtenção da água nestas condições.

Essas vantagens econômicas e ambientais vão de encontro às necessidades sociais de moradores de regiões carentes no município em estudo, uma vez que permite a utilização mais consciente dos recursos hídricos. O consumo consciente, como consequência desse sistema, diminui a demanda pela água oriunda de setores responsáveis pela captação e distribuição em determinadas localidades ao passo que pode se tornar uma solução viável à maioria dos moradores dos bairros analisados.

O estado de Minas Gerais dispõe de diversos departamentos municipais e regionais ligados ao saneamento básico. Dentre as várias siglas, tais como: a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), o Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DAE), o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), o Departamento Municipal de Água, Esgoto e Saneamento (DMAES), a Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA), o Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE), etc. A maioria se resume em um mesmo propósito, representarem autarquias responsáveis pela captação, tratamento e distribuição de águas e esgotos em todos os 853 municípios do estado mineiro.

Segundo a Agência Nacional de Águas (2010), no último levantamento de consumo urbano de água, o estado de Minas Gerais apresentaria 430 municípios com abastecimento hídrico satisfatório até 2015, dentre os quais 407 municípios poderiam requisitar investimentos em ampliação de sistemas e 16 requisitariam novos mananciais de abastecimento. Ainda segundo os autores, até 2025 o número de municípios mineiros que necessitarão de investimentos em seus sistemas de abastecimento subirá para 424, além de um aumento de demanda equivalente a 5.1m^3 de água/segundo.

Dentre os municípios mineiros tem-se a cidade de João Monlevade, essa que é abastecida pelo manancial Rio Santa Bárbara, abrangido pela sub-bacia hidrográfica Piracicaba e com uma demanda prevista em 2015, por Agência Nacional de Águas (2010) de 210 litros/segundo. No entanto, nem toda a extensão territorial do município tem abastecimento satisfatório, levando à necessidade de investimentos, segundo DAE (2019) de João Monlevade, nos bairros periféricos, como a Região do Cruzeiro Celeste, que segundo o próprio departamento teve um aumento de 62% no abastecimento, sendo equivalente a mais de 3 milhões de litros de água por dia em benefício de 22 bairros.

Como forma alternativa de captação de água, visando inclusive minimizar essa necessidade de aumento de fornecimento em nível municipal, pode-se levar em consideração o comportamento meteorológico da região. Pereira *et al* (2018) e Silva e Reboita (2013), demonstram que o estado de Minas Gerais apresenta precipitação meteorológica bem definida, com altos índices de chuva no verão e baixos índices no inverno. Ainda segundo Pereira *et al* (2018), a cidade de João Monlevade encontra-se em uma região com maior incidência de chuva entre os meses de novembro e março, e baixa incidência entre os meses de junho e agosto.

Desta forma, segundo os autores supracitados, com quase metade do ano com níveis significativos de chuva, a cidade de João Monlevade pode apresentar potencial

sobre os métodos de captação e tratamento de água pluvial, principalmente se atrelados às necessidades de bairros carentes.

Ainda segundo DAE (2019), alguns hábitos diários podem significar expressivos valores de consumo de água. Destaca-se para este estudo as medidas de consumo para práticas que utilizam água não potável, tais como, o uso da descarga sanitária que chega a 20 litros de água por uso, a lavagem do carro com mangueira, que pode consumir até 560 litros de água em 30 minutos, ou ainda, a regadura de plantas que chega a demandar 186 litros de água limpa em meia hora.

Uma vez identificada a possibilidade de uso de água da chuva e da constatação, segundo Pereira *et al* (2018), de um representativo período de precipitação atmosférica com duração de 5 meses na região que abrange a cidade de João Monlevade, torna-se evidente a necessidade de se explorar os métodos de captação e tratamento deste recurso para uso doméstico.

Segundo Tamiosso *et al* (2007), a água pluvial pode ter utilidade em diversos meios, tais como industriais, domésticos e agrícolas e o primeiro passo para viabilizar sua utilização é o armazenamento via sistema de captação, utilizando-se calhas em telhados. Martins e Marques (2017), explicam que estas calhas podem ser instaladas para captar e limpar, por processos específicos, a água da chuva, deixando-a própria para usos domésticos não-potáveis.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é analisar a viabilidade de uso não-potável de água pluvial, a partir de fatores atrelados a projetos sustentáveis, em um bairro de classe econômica baixa da cidade de João Monlevade em Minas Gerais, segundo normas técnicas da ABNT (NBR 15527, NBR 5626) e regulação municipal.

1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um diagnóstico com dados específicos sobre o comportamento climático, meteorológico e da precipitação na cidade de João Monlevade em Minas Gerais;
- Elencar normas de reaproveitamento de água da chuva (sanitárias e ambientais);

- Definir formas de conservação e aproveitamento;
- Definição de técnicas de captação de água da chuva e de limpeza caseira de águas pluviais;
- Dimensionamentos de captadores/volume de água;
- Proposta de um sistema viável de captação e manejo de água pluvial no bairro em análise.

1.3 Justificativa

Embora os métodos de utilização de água pluvial não sejam recentes, os meios para otimizar os processos de captação, armazenamento e manejo se renovam continuamente e são formalizados nas esferas federal, estadual e municipal por meio de normas regulamentadoras.

Essa prática pode ser auxiliada pela engenharia de produção a partir de análises de projeto quantitativas acerca dos cálculos sobre volumes de armazenamento e viabilidade financeira e qualitativas quando levados em consideração os impactos sobre a sociedade e o meio ambiente afetados.

Regiões em situação de vulnerabilidade econômica se tornam maiores alvos de sistemas como esse pelas oportunidades de economia financeira, diminuição de enchentes e inundações, além de maior identificação na comunidade pela participação ativa nas cobranças aos órgãos do poder executivo sobre políticas de investimentos em infraestrutura e valorização locais.

De acordo com a Prefeitura Municipal de João Monlevade, no ano de 2019, regiões periféricas podem ser consideradas de maior vulnerabilidade socioeconômica, como a Região do Cruzeiro Celeste que abrange bairros denominados carentes e que são foco de ações do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) no município.

As vantagens econômicas da implantação de sistemas de captação e tratamento de água pluvial para uso não potável pode fortalecer as possibilidades de economia de recursos para os moradores desta região. Além de contribuir, segundo Martins e Marques (2017), para a diminuição do lançamento de água da chuva em galerias de esgoto da cidade e, conseqüentemente, a diminuição das áreas de inundação decorrentes de longos períodos chuvosos.

Além da análise econômica, as visitas à região permitiram identificar elementos presentes na realidade local que expõem os moradores a fatores de risco ambiental, como casas construídas sobre encostas, entulhos acumulados no passeio, e canalização de esgotos diretamente em rios.

O trabalho teve grande motivação pelo estudo de formas eficientes acerca da implantação desses sistemas, assim como das realidades enfrentadas pelos moradores de regiões periféricas do município acerca do consumo de recursos hídricos e do acesso ao saneamento básico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão Socioambiental

O conjunto de questões acerca da gestão socioambiental incorpora, individual e coletivamente, tópicos sobre bem-estar e qualidade de vida humano que atrelados ao metabolismo social do capital, se articulam com consumo e crescimento econômico (LEANDRO *et al*, 2015).

De acordo com Melo *et al* (2017) e Leal (2013), as gestões ambiental e social integraram-se formando um tipo de gestão socioambiental estratégica, cuja atuação exprime-se como uma gestão empresarial que relaciona os objetivos organizacionais com questões socioambientais nas estratégias de negócios das empresas.

Costa e Pereira (2018), ressaltam que a eficiência da gestão socioambiental está diretamente relacionada ao estreitamento de cooperações entre todos os indivíduos responsáveis pelo uso direto ou indireto de recursos naturais das regiões ambientais analisadas. Enquanto Costa e Passos (2017), evidenciam, ainda, que este tipo de gestão colabora com a preservação e monitoramento de atributos culturais e históricos além das riquezas naturais envolvidas.

Leandro *et al* (2015), chamam atenção para uma crise ambiental, visível por fatores como concentração fundiária, monocultivo, produção de alimentos transgênicos, diminuição de espécies da fauna, contaminação de lençóis freáticos e, não menos importante, o fator que embasa a análise desse estudo, a escassez de água potável.

O mesmo autor ressalta, ainda, que as autoridades responsáveis por encontrar soluções para os problemas socioambientais mundiais, nos âmbitos técnico e político, têm

esbarrado em dificuldades para identificar uma única maneira de atender aos interesses de todas as esferas envolvidas.

Melo *et al* (2017) e Puppim de Oliveira (2008), afirmam que existem instrumentos capazes de auxiliar a gestão socioambiental mensurando e divulgando projetos e programas socioambientais realizados pelas atividades cotidianas da organização. O quadro 01 elenca, segundo Puppim de Oliveira (2008) alguns desses instrumentos exemplificados.

Quadro 01 – Tipos de Instrumentos de Gestão Socioambiental

Tipo de Instrumento	Exemplos
Informação, pesquisa, educação e comunicação de riscos	Informações sobre cigarro, condições das praias, educação socioambiental, financiamento de pesquisas
Comando e controle (CEC), padrões socioambientais, limite de emissão, banimento restrições de uso	Proibições, controle de poluidores de recursos hídricos, disposição de resíduos sólidos
Instrumentos Econômicos I: Incentivos econômicos, taxas de poluição, taxas de uso, depósito, reembolso	Leis trabalhistas, cobrança por água, taxa na gasolina, depósito por cascos, condições de saúde e segurança
Instrumentos Econômicos II: Mecanismos de mercado, mercado de licenças, alavancagem de mercados limpos	Mercado de licenças do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Tratado de Quioto, compra de reciclados pelo governo
Negociação e mediação, soluções negociadas, fóruns de discussões	Termos de ajustamento de conduto (TAC), negociação de contratos para tradicional, difuso sobre a biodiversidade com comunidades tradicionais
Auto-regulação, regulação voluntária, pouca interferência do Estado	Certificação ISO 14001, FSC, Auditorias

Fonte: Puppim de Oliveira (2008, p.48)

Costa e Pereira (2018), elucidam que é necessário averiguar e analisar a gestão socioambiental através de políticas de proteção, monitoramento e planejamento desenvolvidas e instauradas pelo Estado na busca pelo equilíbrio natural e humano. Além disso, os autores ressaltam que um processo gestionário como esse deve ter como base uma gestão participativa a fim de contribuir para o fortalecimento do desenvolvimento local.

Leal (2013), avalia que essa gestão participativa pode se inter-relacionar com a gestão por *stakeholders*, formando um relacionamento que promove a geração de valor dentro de uma gestão socioambiental estratégica. O autor evidencia, ainda, que esse tipo

de gestão delinea um caminho que as organizações percorrem em direção à sustentabilidade dos ambientes e indivíduos envolvidos, permitindo a geração de impactos positivos para organizações e sociedade.

Esse tipo de gestão surgiu de um processo de aumento da maturidade sobre as ações no embate de conflitos e desafios socioambientais. A evolução para uma preocupação sustentável, social e ambiental emergiu de pressões externas e levou organizações a desenvolverem ações de responsabilidade social que evoluiu desde a filantropia, passando pelo investimento social privado e se consolidando em uma responsabilidade social empresarial (LEAL, 2013).

À luz de Leandro *et al* (2015), a integração entre os anseios civis acerca de questões socioambientais e a legislação ambiental vigente, pressiona empresas a produzir com base nas premissas sustentáveis requeridas, com menor custo e agregando valor maior ao bem produzido. Essa relação entre diminuição dos custos e aumento do valor agregado rende um diferencial competitivo, de forma a valorizar a marca em termos de *marketing* verde junto ao consumidor.

Os autores supracitados validam, que a gestão socioambiental pode assumir um caráter emancipatório ao pretender subordinar a lógica capitalista às necessidades de conservação social e ambiental a partir das reflexões que perpassam pela ecologia política, economia ecológica e justiça ambiental, cujos fundamentos transcendem o crescimento econômico.

2.2 Clima e Meio Ambiente

O clima de determinada região não é formado por um único fator, normalmente deve-se levar em consideração diversos fatores como topografia, influência oceânica, altitude, dentre outras condições que formam um complexo e instável sistema, no qual estes diversos componentes se relacionam e produzem um impacto final (JARDIM E SILVA, 2016).

Reboita *et al* (2018), ressaltam que além dos fatores naturais existem influências antrópicas sobre o clima como, por exemplo, as mudanças induzidas pelo ser humano na composição química atmosférica. Esse fato pode ser notadamente ilustrado pelo agravamento do efeito estufa no planeta, devido ao aumento de gases como o dióxido de

carbono, metano e óxido nitroso que retém a radiação terrestre e aumentam a temperatura do planeta.

Já Silva e Jardim (2016), alertam para a atribuição de responsabilidades ao homem por mudanças climáticas quando analisadas em microescala. Os autores acentuam que existem outros fatores naturais mais expressivos, em macroescala, do que as atividades antrópicas que podem ser os reais responsáveis pelas variações climáticas, como as massas de ar e correntes oceânicas de dimensões continentais e/ou subcontinentais.

Dentre os responsáveis pelas variações climáticas em determinada região pode-se notar, segundo Pereira *et al* (2018), a influência da variabilidade espacial da precipitação que causa impactos não somente no clima, mas no ciclo hidrológico e atividades econômicas locais.

Já Silva e Jardim (2016), alertam para a dificuldade de se garantir previsões climáticas com elevado grau de confiabilidade no médio e longo prazos, uma vez que o clima agrupa um somatório de fatores influenciadores, tais como ações humanas, temperatura, umidade, altitude, uso da terra, atividade solar, dentre outros motivadores.

Segundo Souza *et al* (2016), o ambientalismo vem sendo discutido desde o fim do século XIX e, desde então, segue ganhando força entre adeptos das preocupações ambientais ao passo que guia os indivíduos rumo à sustentabilidade. Os autores chamam atenção para os impactos que alguns fenômenos podem trazer ao meio ambiente, tais como as influências do *El Niño* e *La Niña*.

Molion (2017), define o *El Niño* como uma anomalia positiva da temperatura da superfície do mar, sendo mais especificamente a ocorrência de águas mais quentes do que o normal no Oceano Pacífico Tropical Centro-Oriental. Quando esse fenômeno atinge a atmosfera podendo, portanto, alterar o clima regional ou global, diz-se que se trata do *El Niño-Oscilação Sul* (ENOS).

Ainda segundo o autor, se essa variação de temperatura se manifesta negativamente, ou seja, com temperaturas mais baixas do que o normal, trata-se do fenômeno intitulado de *La Niña*.

No Brasil, ocorrem períodos de secas nas regiões Norte e Nordeste e excesso de chuvas nas regiões Sul e Sudeste sob ventos *El Niño*. Em condições de *La Niña*, ocorre o comportamento meteorológico oposto (MOLION, 2017).

Rodrigues *et al* (2017), alarmam para o impacto dos fatores influenciadores do clima sobre as regiões em macro ou microescala. Os autores alertam para a imprescindibilidade de se conhecer sobre o comportamento da precipitação

meteorológica, uma vez que extremos, que podem ser agravados por fenômenos como o *El Niño* e *La Niña*, podem causar secas ou enchentes.

Tominaga, Santoro e Amaral (2009), classificam as enchentes e demais desastres relacionados a perigos naturais em três grandes categorias, a saber: Hidrometeorológicos, geológicos e biológicos. O quadro 02 traz exemplos de fenômenos para cada um desses tipos.

Quadro 02 – Classificação de perigos naturais

Origem	Exemplos de Fenômenos
<p>Perigos Geológicos: Processos ou fenômenos naturais que podem ser de origem endógena ou exógena.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Terremotos, tsunamis; • Atividade e emissões vulcânicas; • Movimentos de massa, escorregamentos, queda de blocos rochosos, liquefação; • Colapso superficial, atividade de falha geológica.
<p>Perigos hidrometeorológicos: Processos ou fenômenos naturais de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inundações/enchentes, corridas de lama/detritos; • Ciclone tropicais, tempestades marinhas, ventanias, chuvas de tempestades, nevasca, relâmpagos; • Secas, desertificação, fogo, temperaturas extremas, tempestade de areias; • <i>Permafrost</i>, avalanches de neve.
<p>Perigo biológico: Processo de origem biológica ou aqueles transmitidos por vetores biológicos, incluindo exposição aos microorganismos patogênicos, tóxicos e substâncias bioativas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eclosão de doenças epidêmicas, contágios de plantas ou de animais e de infestações extensivas.

Fonte: Adaptado de Tominaga, Santoro e Amaral (2009)

Nota-se, segundo o quadro 02, que os perigos atrelados às precipitações, como enchentes, inundações e corridas de lama e detritos se enquadram como hidrometeorológicos e podem ter impacto direto sobre a população local.

2.3 Gestão e Captação de Água da Chuva

Tugoz, Bertolini e Brandalise (2017) e Martins e Marques (2017), esclarecem que a crise hídrica enfrentada no Brasil acentua-se a partir de uma notável cultura de desperdício de água potável.

Fontes de água não potável, como o meio pluvial podem fornecer abastecimento para uso em diversas finalidades, como vasos sanitários, torneiras de jardim e limpeza de pisos. Este tipo de recurso pode ir ao encontro das necessidades brasileiras, principalmente no âmbito industrial, uma vez que este é um dos segmentos que mais consome água no país (MARTINS e MARQUES, 2017).

Alves *et al* (2016), delineiam que para a captação de águas pluviais são necessárias superfícies coletoras de coberturas que direcionarão a água através de calhas e condutores até locais apropriados de armazenamento. Já Ribeiro *et al* (2018), especificam que anteriormente ao armazenamento é necessário um reservatório de autolimpeza e, posteriormente, um extravasor a fim de se evitar inundações quando os tanques de armazenamento atingem seu nível máximo.

Rosário *et al* (2017), ressaltam a necessidade de se fazer um dimensionamento correto dos reservatórios de água pluvial com base em critérios técnicos, ambientais e econômicos. Atentando-se, ainda, à necessidade de limpeza e desinfecção destes armazenadores com solução de hipoclorito de sódio ao menos uma vez por ano.

Esses elementos, segundo Martins e Marques (2017), são componentes das formas de captação e manejo de água pluvial e podem ser agrupados em seis componentes fundamentais que compõem um sistema com essa finalidade, todos relacionados às fases de captação, filtragem, armazenamento e distribuição. Os componentes são evidenciados a seguir.

a) Área de captação: Normalmente são telhados residenciais, ou industriais, feitos de diversos materiais, como cerâmica, fibrocimento, ferro galvanizado, zinco, concreto armado e plástico. Porém, essa área não se restringe a telhados, podendo abranger pátios, áreas de concreto ou demais superfícies que dificultem ou impeçam a penetração da água,

com ou sem inclinação para queda (MARTINS E MARQUES, 2017 e MATTOS *et al*, 2015).

b) Calhas e condutores: Oliveira e Rosa (2018), elucidam que estes são instrumentos utilizados para conduzir a água da chuva e compõem-se, normalmente, de materiais metálicos e plásticos (PVC). No entanto, essas peças podem ter custo representativo no valor final do projeto, podendo representar, ainda segundo os autores, até 25% do investimento.

Neves (2008), propõe uma estrutura alternativa para fabricação das calhas, de forma a reduzir significativamente o custo do projeto. O autor define a utilização de garrafas PET para a condução horizontal e vertical da água pluvial, conforme visto na figura 1, auxiliando para o aproveitamento desse tipo de água, enquanto contribui para a redução das quantidades de lixo e melhora a qualidade de vida da população.

Podem ser utilizadas garrafas PET de quinhentos mililitros ou de dois litros, recomendando-se o uso das garrafas transparentes e uma proporção de dezesseis garrafas para cada metro de calha, no caso dos frascos de quinhentos mililitros. A montagem deve envolver a sobreposição de parte de uma garrafa à outra, pelas extremidades e a junção, no caso da calha horizontal pode ser feita por pregos antiferrugem, grampos de aço ou cola à base de silicone, enquanto as calhas verticais podem ser unidas por fita adesiva do tipo “*silver tape*” ou cola de silicone (NEVES, 2008, 2009).

c) Descarte das primeiras águas: Ribeiro *et al* (2018), ressaltam que o descarte das primeiras águas pode ser feito diretamente sobre um reservatório de autolimpeza e atrela a necessidade dessa separação de águas às sujidades trazidas pelos primeiros minutos de chuva que envolvem poluentes atmosféricos, impurezas do telhado, das calhas e das tubulações. Ainda segundo os autores, esse reservatório poderá ser dimensionado pelo produto entre a área do telhado e o volume de um litro de chuva. Desta forma, os volumes para as caixas de autolimpeza serão de 112,08 litros, 95,26 litros e 100,08 para os telhados de telha cerâmica, cimento e metal, respectivamente.

Como esse estudo leva em consideração a média entre áreas de telhado, devendo ser adaptado a áreas específicas de cobertura, será utilizado um reservatório com cem litros de volume para o sistema proposto.



Figura 1 – Uso de garrafas PET como calhas verticais e horizontais

Fonte: Neves (2008)

d) Peneira: Martins e Marques (2017), esclarecem que após a passagem da água da chuva pelo telhado, calhas e demais condutores é necessário que ocorra um processo simples de filtração para evitar que sujeiras maiores, como folhas e galhos entrem nos reservatórios.

Um exemplo de filtro simples com capacidade auto-limpante, por expulsar sozinho as sujeiras mais pesadas enquanto permite a passagem da água, é exposto por Sempre Sustentável (2018), que além de ilustrar seu funcionamento elucidada que esse modelo pode ser feito em casa, diminuindo custos de montagem do sistema. A figura 2 demonstra o filtro supracitado.



Figura 2 – Filtro auto-limpante
Fonte: Sempre Sustentável (2018)

e) Reservatório: O armazenamento da água captada pela chuva, segundo a NBR 5626, deve seguir as normas e técnicas que regem instalações prediais das chamadas “águas frias”, ou seja, a captação, transporte e armazenamento da água em temperatura ambiente ao longo das instalações prediais. Para tanto, deve-se atentar que, no caso da captação de água não encanada, como a água pluvial, torna-se necessário o cumprimento de normas específicas para o armazenamento a fim de se evitar uma prática proibida denominada de conexão cruzada, que ocorre quando se mistura água potável com água de qualidade desconhecida. Para se armazenar a água pluvial de forma adequada deve-se dispor de um reservatório inerte, vedado e que garanta tanto a higienização correta quanto uma pressão estática mínima para o que os equipamentos hidráulicos, como extravasor, torneira e demais tubulações operem corretamente (ABNT, 1998).

Quanto ao dimensionamento deste reservatório, deve-se levar em conta os métodos expressos na NBR 15527 que elenca, segundo ABNT (2007), diversas variáveis para o cálculo do volume necessário de armazenamento, além de todos os componentes necessários para a instalação de um sistema de captação pluvial.

ABNT (2007) e Tomaz (2007) elucidam que um dos métodos para se calcular o volume necessário do reservatório que armazenará a água pluvial nos períodos de seca é o chamado Método de Rippl. Apesar de supervalorizar a dimensão do captador, esse método auxilia na determinação de um limite superior, ou seja, define o volume máximo que, de acordo com as médias de precipitação, área do telhado e coeficiente de Runoff

garantiria o abastecimento de toda a demanda residencial durante o ano. Tomaz (2007) alerta, ainda, para a necessidade de se considerar o reservatório cheio, antes do preenchimento das tabelas.

A NBR 15527 de ABNT (2007), define em seu anexo 'A', seis métodos para o dimensionamento do reservatório final de água da chuva, sendo o Método de Rippl, da simulação, Azevedo Neto, alemão, inglês e australiano. Nota-se que não é necessário o uso de todos os métodos para o cálculo do volume do reservatório, nem o uso estritamente desses meios, contanto que a forma utilizada realce, ainda segundo a norma: “critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, ser utilizados os métodos contidos no Anexo A ou outro, desde que devidamente justificado”.

f) Extravasor: À luz de Martins e Marques (2017), os reservatórios devem ter um extravasor, também conhecido como ladrão, a fim de permitir a saída da água quando o volume total do tanque de armazenamento pluvial for atingido. Os autores ressaltam, ainda, a necessidade de se instalar uma tela de proteção no orifício do extravasor a fim de evitar a entrada de pequenos animais.

Pereira, Pasqualetto e Minami (2008), propõem a utilização de uma bomba d'água para enviar a água captada pelo reservatório a uma caixa d'água acima da casa, de forma a liga-la às tubulações residenciais e, de maneira independente, fornecer a água não potável às ligações que a utilizarem, como vasos sanitários. Porém, como este estudo se embasa em casas de classe econômica baixa, o projeto do sistema se aterá a um único reservatório que, para garantir uma pressão hidráulica suficiente, se encontrará, de acordo com Sempre Sustentável (2018), sobre uma base de pelo menos quarenta e cinco centímetros de altura. Essa posição garantirá o acesso necessário à torneira do reservatório, na parte inferior e à tampa, na parte superior, para permitir manutenções e limpeza. A base poderá ser feita de madeira, metal ou alvenaria, no entanto, a opção de madeira torna-se interessante, uma vez que o uso de *pallets* suportaria o peso do reservatório e pode ser adquirido sem custo em distribuidoras.

Desta forma, o projeto proposto por este estudo assemelha-se à disposição de elementos de Sempre Sustentável (2018), para um sistema de captação de água pluvial, conforme a imagem 3, sem a necessidade de bombeamento elétrico a outro reservatório superior.



Figura 3 – Sistema básico de aproveitamento de água da chuva
Fonte: Sempre Sustentável (2018)

A partir da captação e o armazenamento torna-se necessário o tratamento da água pluvial, cuja desinfecção, segundo Fundação Nacional de Saúde (2014) é de suma importância antes do consumo humano. Essa etapa busca evitar qualquer tipo de contaminação pelos chamados microorganismos patogênicos, que são os tipos de bactérias, vírus, fungos e protozoários que causam doenças aos seres humanos.

O autor afirma, que dentre as várias técnicas empregadas na desinfecção da água, como o uso de cloro, ozônio, radiação ultravioleta, sais de prata, etc. O mais indicado para esse processo é o cloro, devido à fácil acessibilidade aos produtos que o contém e suas fórmulas à sua alta capacidade oxidante de matéria orgânica e inorgânica, além ter efeito residual e agir como um germicida de amplo espectro.

A Fundação Nacional de Saúde (2014) e Meyer (1994), recomendam o uso do cloro obtido através do Hipoclorito de Sódio com 65% em massa, também conhecido como cloro de piscina, cujas proporções para tratamento da água são demonstradas na Tabela 01.

Tabela 01 – Dosagem do cloro para desinfecção da água

Volume (litros)	Dosagem (mg/L)	Peso de Cloro (gramas)	Volume de água (litros)
5.000	1,0	8	1,5
10.000	1,0	16	1,5
15.000	1,0	24	1,5

Volume (litros)	Dosagem (mg/L)	Peso de Cloro (gramas)	Volume de água (litros)
20.000	1,0	32	1,5

Fonte: Fundação Nacional de Saúde (2014)

Embora o cloro possua significativo poder desinfetante sobre a amostra de água, Tomaz (2007), não recomenda, em qualquer hipótese, a transformação de água pluvial em potável em áreas urbanas.

2.3.1 Análise econômica sobre o sistema de captação pluvial

A partir da instalação de um sistema de captação e armazenamento pluvial, Favretto (2016), sugere a análise da economia gerada por meio de equações que avaliam os níveis de consumo antes e após os métodos empregados. As equações propostas pela autora são elucidadas a seguir.

a) Custo de água e esgoto antes da instalação do sistema de captação pluvial

Favretto (2016), estabelece duas equações para a análise do cenário antes da instalação de um sistema de captação de água da chuva. A equação 1 avalia o volume médio mensal necessário para as demandas de água não potável, enquanto a equação 2 orça o custo médio de uma conta de água a partir do volume previamente calculado na primeira equação.

$$V_{AC} = (V_{DB} + V_{LR} + V_{OT}) \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

V_{AC} : Volume médio mensal de água consumida ($m^3.mês^{-1}$);

V_{DB} : Volume médio mensal de água utilizada para descarga de banheiros ($m^3.mês^{-1}$);

V_{LR} : Volume médio mensal de água utilizada na lavagem de roupas ($m^3.mês^{-1}$);

V_{OT} : Volume médio mensal de água utilizado em outras tarefas (lavar carro etc) ($m^3.mês^{-1}$).

$$C_{Ab} = (T_{VAC} * V_{AC}) + (V_{AC} * P_{EG} * T_{VAC}) \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

C_{Ab} : Custo médio mensal de água para o abastecimento (R\$. $mês^{-1}$);

T_{VAC} : Taxa do volume médio de água consumido (R\$. m^{-3});

V_{AC} : Volume médio mensal de água consumida ($m^3.mês^{-1}$);

P_{EG} : Percentual de esgoto gerado de acordo com a distribuição da rede de esgoto do município (R\$. m^{-3}).

b) Custo de água e esgoto após a instalação do sistema de captação pluvial

A autora supracitada ainda adverte para o fato de que, nos meses em que o volume precipitado de água da chuva não suprir a demanda residencial de água não potável, será necessário utilizar-se do fornecimento externo de água potável para suprir todas as necessidades desse recurso na forma não potável. A equação 3 computa esse custo necessário de água potável para suprir a demanda não potável, cujos valores, em volume, estão expressos nas colunas dez do método da simulação.

$$C_B = (T_{VAC} * V_{AS}) + (V_{AC} * P_{EG} * T_{VAC}) \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

C_B : Custo médio mensal de água potável para o suprimento da demanda (R\$. $mês^{-1}$);

T_{VAC} : Taxa do volume médio de água consumido (R\$. m^{-3}).

V_{AS} : Volume médio mensal de água necessário para o suprimento da demanda ($m^3.mês^{-1}$);

P_{EG} : Percentual de esgoto gerado de acordo com a distribuição da rede de esgoto do município (R\$. m^{-3}).

c) Economia alcançada após a instalação do sistema de captação pluvial

Marinoski e Ghisi (2008), ressaltam que a economia gerada por um sistema de captação de água da chuva pode ser medida pela diferença entre: Custo médio mensal para o abastecimento, custo médio mensal para o suprimento da demanda e o custo com energia elétrica para o bombeamento da água armazenada.

Porém, como este é um estudo focado em um bairro de classe econômica baixa, o bombeamento elétrico não será incluído no projeto.

A equação 4 delinea o cálculo da economia gerada pela instalação do sistema de captação pluvial.

$$E = C_{Ab} - C_B \quad \text{Equação 4}$$

Sendo:

E: Economia, em unidades monetárias, de água fornecida pelo DAE após a instalação do sistema de captação pluvial (R\$. $mês^{-1}$);

C_{Ab} : Custo médio mensal de água para o abastecimento (R\$. $mês^{-1}$);

C_B : Custo médio mensal de água potável para o suprimento da demanda (R\$. $mês^{-1}$).

d) Prazo de retorno do investimento

Pereira, Pasqualetto e Minami (2008), definem o prazo de retorno do investimento como a razão entre o valor total investido no sistema e a economia anual gerada pela captação pluvial.

$$PrI = \text{valor investido} / \text{economia anual} \quad \text{Equação 4}$$

Os valores de economia e prazo de retorno podem variar conforme os índices de precipitação local, políticas de cobrança de tarifas, hábitos comportamentais dos usuários e tipos de sistemas de captação utilizados.

2.4 Sustentabilidade e Desenvolvimento Social

À luz de Brito, Cunha e Siveres (2018) e Feil e Schreiber (2017), pode-se definir sustentabilidade como um termo que integraliza conjuntos de fatores humanos e ambientais, avaliando suas características ao passo que abrange aspectos ambientais, sociais e econômicos, na perspectiva da continuidade, ao invés da efemeridade.

A partir desta análise, elucida-se o conceito de desenvolvimento sustentável que traz consigo um parecer crítico quanto ao capitalismo globalizado e desregulamentado. Estando intimamente ligado à existência de um capital humano e social adequado em termos quantitativos e qualitativos, preconizando a relativa diminuição do consumo de

energia e matéria ao passo que estimula a eficiência das tecnologias aplicadas (DELUIZ e NOVICKI, 2017; ROCHA e BURSZTYN, 2005).

Acerca do capital social como recurso de desenvolvimento, Mendonça e Holanda (2016), exaltam que o desenvolvimento social não acompanha de forma paralela o crescimento econômico, tornando-se notável uma lacuna entre estes aspectos. Além da identificação de um comportamento inadequado do mercado, uma vez que correlaciona garantias individuais e do próprio mercado, em busca de um equilíbrio.

Alves (2018), ressalta que a sustentabilidade abrange mais fatores do que, apenas, os da esfera ambiental ou econômica, devendo ser clara a percepção de que a viabilidade econômica de um projeto não pode justificar, definitivamente, seu caráter sustentável sem que sejam levados em consideração o principal gerador dessa condição, as pessoas envolvidas no processo.

Sachs (2002), a fim de abranger as variáveis relacionadas à sustentabilidade desdobra oito dimensões diretamente relacionadas a projetos sustentáveis, a saber: a dimensão social que visa a distribuição de renda de forma mais equitativa, incrementando a qualidade de vida e garantindo a equivalência social; a cultural que privilegia a variedade de soluções que respeitem ecossistemas próprios e locais; a ecológica que se pauta na preservação dos recursos naturais, com foco nas destinações racionais desses meios; a ambiental que garante a consideração e o respeito aos ecossistemas locais; a territorial que reitera o equilíbrio entre as disposições territoriais urbanas e rurais com foco no incremento do desenvolvimento de regiões; a econômica que diz respeito à alocação e gerenciamento mais eficiente dos recursos, a segurança alimentar, além de englobar a modernização de meios produtivos, desenvolvimento de pesquisas científico-tecnológicas e a inserção na economia mundial; a política nacional que relaciona-se à democracia aos direitos humanos e à cooperação entre empreendedores e projetos nacionais; por fim, a política internacional que visa garantir a paz, cooperação, controle financeiro, gerenciamento da diversidade natural, cultural e da colaboração científica a níveis internacionais.

Rocha e Bursztyn (2005), asseveram que o conceito de desenvolver algo sustentavelmente pressupõe o atendimento das necessidades básicas a níveis imediato e futuro. Essa preocupação, ao longo dos anos vem se mostrando nas organizações das áreas de desenvolvimento em forma de inclusão da participação social como base para seus processos. Os autores ainda ressaltam que a comunidade esteja motivada e engajada para que o desenvolvimento local seja fruto da participação ativa de todos. Formas de manter

a comunidade engajada se exemplificam em debates, reuniões, audiências públicas, grupos de trabalho, dentre outros.

Mendonça e Holanda (2016), alertam para o papel dos governantes na garantia do desenvolvimento social a partir de políticas de entrelaçamento entre garantias individuais e de mercado, de tal forma que municípios devem ter uma atuação, na economia, não somente com papel de dever, mas um direito dos administrados. Esse direito deve ser guiado para que o desenvolvimento local crie condições de crescimento econômico e social.

Caso a comunidade não esteja exercendo sua cidadania ativa na cobrança pela efetivação das políticas sociais, medidas por parte dos governantes, como diálogo, transparência e cooperação entre cidadãos e instituições mostram-se fundamentais (ROCHA e BURSZTYN, 2005).

Por fim, Brito, Cunha e Siveres (2018), reforçam que o desenvolvimento sustentável exige participação social baseada em um sentimento de pertencimento às causas requeridas como fundamento para a participação dos cidadãos. Esse sentimento gera a valorização do coletivo por meio de conexões afetivas e ligações históricas fundadas na comunidade.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo, segundo Turrioni e Mello (2012), classifica-se como de natureza aplicada dado seu caráter prático que visa à utilização imediata dos resultados para solucionar transtornos reais.

Ainda segundo os autores, essa pesquisa pode ser dita de objetivo exploratório ao buscar de forma mais profunda o conhecimento do problema a partir de levantamentos. Além de usar uma abordagem combinada, por mesclar aspectos da pesquisa quantitativa e qualitativa em todo o processo de pesquisa, ou em partes de sua execução, sob um método de experimento, que delimita o objeto de estudo, investigando-se variáveis e definindo maneiras de controlar seus efeitos sobre o agente estudado.

Inicialmente, foi realizada uma análise sobre a precipitação atmosférica no município de João Monlevade e o conjunto de dados sobre as quantidades de chuva que

atingem a cidade foram obtidos através da base histórica das Normais Climatológicas do Brasil na edição de 1981 a 2010.

Após o agrupamento dos dados sobre precipitações na cidade de João Monlevade, realizou-se um levantamento, no site da prefeitura municipal, das leis que regulamentam o despejo de águas pluviais, assim como as tarifas aplicadas sobre o consumo de água potável e canalização de esgotos realizado pelo DAE.

A partir da verificação da legislação municipal que incide sobre um sistema de captação e manejo de água pluvial, levantou-se junto ao Centro de Referência de Assistência Social (CRAS), de forma presencial e via mensagens eletrônicas quais áreas estavam qualificadas como sendo de classe econômica baixa, pela prefeitura do município.

Segundo informado presencialmente, por assistentes sociais, a Região do Cruzeiro Celeste encontra-se na área de interesse para o desenvolvimento da pesquisa devido à sua caracterização como região de vulnerabilidade econômica. O estudo, então, delimitou a análise do bairro, de mesmo nome, Cruzeiro Celeste, visto que a região como um todo, segundo DAE (2019) abrange vinte e dois bairros, de um total de sessenta e nove que compõem o município e, portanto, se mostrou muito abrangente geograficamente para os recursos dispostos no desenvolvimento desse trabalho.

A figura 4 demarca, pela linha em vermelho, o bairro Cruzeiro Celeste no município de João Monlevade.

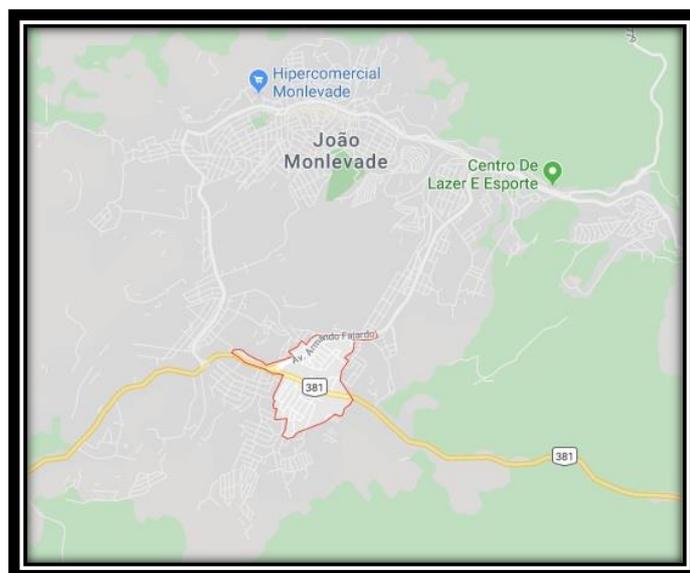


Figura 4 – Localização do bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: João Monlevade (2019)

Uma vez levantados estes dados, buscou-se esclarecer, junto ao Departamento Municipal de Águas e Esgotos a normalidade de consumo do bairro Cruzeiro Celeste em forma de dois parâmetros: A média em unidades monetárias (R\$) de uma conta de água neste bairro e a média em volume (metros cúbicos) de uma casa padrão na referida região de estudo.

A partir das médias de consumo do bairro em estudo, tornou-se necessário elucidar *in loco* o perfil das residências que poderiam se beneficiar com um sistema de captação de água pluvial. Para isso, foram feitas duas visitas ao bairro Cruzeiro Celeste a fim de avaliar os tipos de telhados, condições de encanamento de esgotos e galerias pluviais, além de características sociais como perfil das residências, tamanho das casas, quantidade de comércios, e infraestrutura local, como pavimentação.

Como a captação da água da chuva se dará a partir dos telhados das casas observou-se, em visitas ao local, que esses são constituídos de quatro tipos de materiais, sendo: Telhas cerâmicas, de cimento amianto, corrugadas de metal e lajes. Para cada um desses tipos de cobertura residencial, a água da chuva pode se comportar de determinada maneira, quando analisada com relação a escoamento e capacidade de absorção da área de captação.

Esse comportamento da superfície quanto ao potencial de escoamento real da água precipitada é denotado Coeficiente de Runoff (C) e traz seus valores expressos na tabela 02.

Tabela 02 – Coeficiente de Runoff

Material do telhado	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, PVC	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2007)

A fim de se definir uma média da área coberta de residências com cada um destes tipos de cobertura, elegeu-se um quarteirão no bairro Cruzeiro Celeste e, a partir da ferramenta de medição de áreas incorporada à João Monlevade (2019) aferiram-se as áreas de todas as casas dessa quadra.

Por fim, tendo sido calculada uma média das áreas de cada tipo de telhado, se torna necessário o dimensionamento de cada tipo de reservatório que supriria as demandas específicas de casas com cobertura cerâmica, de metal ou cimento.

Este trabalho utilizou os métodos de Rippl e da Simulação para dimensionar o reservatório de armazenamento da água.

- Método de Rippl: Método utilizado para dimensionar o volume máximo do reservatório buscando, segundo Oliveira e Rosa (2018), assegurar que a água pluvial garanta o fornecimento hídrico, ao local de instalação do sistema de captação de água da chuva, tanto em períodos secos quanto de chuva.

Tomaz (2007), define uma forma de se fazer os cálculos para esse método através de uma tabela, ilustrada na figura 5.

Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área da captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre os volumes da demanda – vol. de chuva Col.3 – col. 5	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
<i>Janeiro</i>							
Fevereiro							
Março							
Abril							
Mai							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							
Total							

Figura 5 – Método de Rippl para dimensionamento de reservatório

Fonte: Tomaz (2007)

Ainda segundo este autor, as colunas dessa tabela podem ser explicadas da seguinte forma:

Coluna 1: Indica o período de tempo de janeiro a dezembro.

Coluna 2: Elenca os volumes mensais de chuva.

Coluna 3: Define a demanda mensal de água em metros cúbicos.

Coluna 4: Traz a área de captação da superfície, em metros quadrados, e é uma projeção do telhado sobre o terreno.

Coluna 5: Traz os volumes disponíveis de água a ser captada e pode ser calculada pelo produto entre as colunas 2, 4 e o coeficiente de *Runoff* referente ao material do telhado. O somatório dessa coluna deve ser maior ou igual ao somatório da coluna 3.

Coluna 6: Define as diferenças entre os volumes da demanda e de chuva mensais. Pode ser calculada pela diferença entre as colunas 3 e 5. O sinal negativo indica excesso de água e o sinal positivo indica que a demanda supera o volume disponível de água.

Coluna 7: Parte da hipótese de que o reservatório está cheio no início da análise e traz as diferenças acumuladas, de valores positivos, da coluna 6.

Coluna 8: Classifica o reservatório de três formas, sendo a identificação pela letra E uma indicação de que a água está escoando pelo extravasor. Letra D, se o nível de água está baixando e letra S se estiver subindo.

- Método da Simulação: Martins e Marques (2017), definem esse método como uma análise para se determinar a capacidade do reservatório, além de avaliar os volumes de excesso e falta da água armazenada. Tomaz (2007), também determina um formato de tabela para os cálculos envolvidos nesse método, conforme mostrado na figura 6.

Mês	Chuva média (mm)	Demanda mensal constante (m ³)	Area de captação (m ²)	Volume de chuva C=0,80 (m ³)	Volume da reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m ³)	Volume do reservatório no tempo t. (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Jan									
fev									
Mar									
Abr									
Mai									
Jun									
Jul									
Ago									
Set									
Out									
Nov									
Dez									
Total=									

Figura 6 – Método da Simulação para dimensionamento de reservatório

Fonte: Tomaz (2007)

O autor explana o preenchimento das colunas dessa tabela da seguinte maneira.

Coluna 1: Indica o período de tempo de janeiro a dezembro.

Coluna 2: Elenca os volumes mensais de chuva.

Coluna 3: Define a demanda mensal de água em metros cúbicos.

Coluna 4: Traz a área de captação da superfície, em metros quadrados, e é uma projeção do telhado sobre o terreno.

Coluna 5: Traz os volumes disponíveis de água a ser captada e pode ser calculada pelo produto entre as colunas 2, 4 e o coeficiente de *Runoff* referente ao material do telhado. O somatório dessa coluna deve ser maior ou igual ao somatório da coluna 3.

Coluna 6: Volume fixado para o reservatório. Esse valor é definido arbitrariamente e, em seguida, são verificados os volumes de *overflow* e de abastecimento externo de água, ajustando-se então a capacidade do reservatório até um valor satisfatório.

Coluna 7: Contabiliza o volume do reservatório no começo do tempo de análise. Considera-se que, no início do ano, o reservatório se encontra vazio, por isso o mês de janeiro se apresenta com valor nulo. Pode ser calculado pela função SE no Microsoft Excel adicionando-se à célula a condição =SE (coluna 8 < 0; 0; coluna 8).

Coluna 8: Representa o volume do reservatório no último dia do mês. Nota-se que o mês de janeiro deve encerrar-se com volume total. Uma célula com valor negativo nessa coluna indica a necessidade de reposição da água. Os valores podem ser calculados também pela função SE do Microsoft Excel digitando-se nas células o comando =SE (coluna5 + coluna7 – coluna3 > coluna 6; coluna 7; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3).

Coluna 9: Refere-se ao *overflow*, ou seja, o volume de água que será extravasado pelo reservatório quando este atingir seu volume total. Pode ser calculado no Microsoft Excel como = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6; 0).

Coluna 10: Essa última coluna traz os volumes de água externa que deverão ser usados para compensar os períodos em que a água da chuva não conseguir atender à demanda. A origem dessa água externa pode vir do próprio sistema de abastecimento do DAE. Esses valores são calculados no Microsoft Excel adicionando-se às células da planilha a função =SE (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3 < 0; - (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3); 0).

A partir dos cálculos dos volumes necessários para o correto dimensionamento de um reservatório para captação pluvial, foi proposto um sistema de captação completo que atenda às necessidades do bairro em estudo.

Além da proposta de projeto desse sistema, foi feita uma análise econômica sobre os valores que deixariam de ser gastos com a captação pluvial, além de análises sociais e ambientais do impacto dessas práticas sobre a população em estudo.

4. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O município de João Monlevade está localizado na região sudeste do estado de Minas Gerais, apresentando latitude 19° 48' 36" S e longitude: 43° 10' 25" W (Sistema de Coordenadas: WGS – 84 Fuso 23K; Projeção: Universal Transversa de Mercator - UTM).

A figura 7 ilustra, com o “pin” em rosa a localização do município no estado de Minas Gerais.

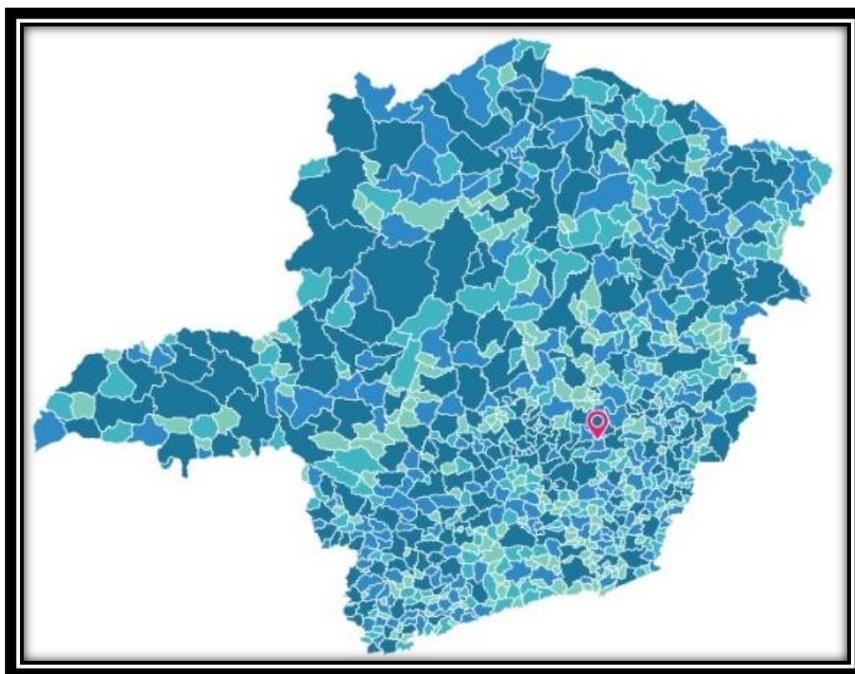


Figura 7 – Localização do município de João Monlevade – MG

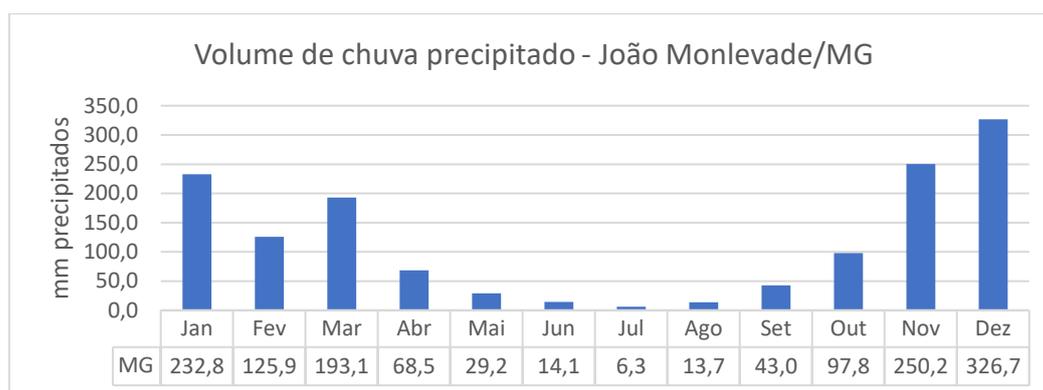
Fonte: IBGE (2010)

O município tem uma ampla base histórica de dados acerca da precipitação de chuva local, embora o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) não tenha uma estação estabelecida *in loco*, mas em pontos próximos à região.

Dentre as quatrocentas e quarenta estações meteorológicas de superfície, pertencentes ao INMET e dispostas pelo território brasileiro, as mais próximas à cidade de João Monlevade encontram-se nos municípios de Timóteo e Belo Horizonte. Com relação aos distanciamentos, essas estações estão localizadas à sessenta e três quilômetros e oitenta e três quilômetros do bairro Cruzeiro Celeste, em linha reta, respectivamente (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019).

Com base nos dados pluviométricos coletados e normalizados por Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), entre os anos de 1981 e 2010, a cidade de João Monlevade pode apresentar potencial de captação de água pluvial. Essa capacidade de aproveitamento da chuva é mais acentuada no período que corresponde ao verão, no entanto, a precipitação também ocorre nos demais meses, embora com menor intensidade, conforme visto no gráfico 1.

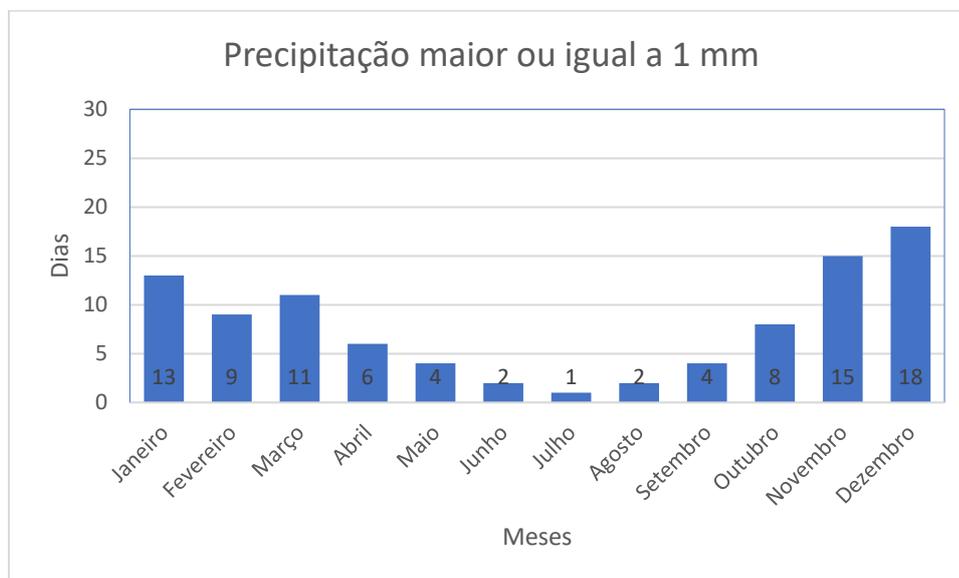
Gráfico 1 – Volume médio de chuva precipitado por ano em João Monlevade



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018)

Segundo Favretto (2016), para efeitos de escoamento da água pluvial, devem-se considerar precipitações atmosféricas superiores a um milímetro por dia, a fim de garantir os cálculos necessários à análise de viabilidade de um sistema de captação de água da chuva. A partir dessa premissa, foi analisada, com base em Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), a normal histórica do número de dias por mês com precipitação maior ou igual a um milímetro por dia em João Monlevade. Os dados são apresentados no gráfico 02.

Gráfico 2 – N° de precipitações maiores ou iguais a 1 milímetro em João Monlevade



Fonte: Adaptado de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018.

O fornecimento de água e a canalização dos esgotos do município de João Monlevade são regulamentados pela resolução CISAB-RC nº 033 de 29 de agosto de 2017. O documento dispõe da prestação dos serviços e atendimento aos usuários do departamento municipal de águas e esgotos de João Monlevade/MG e dá providências quanto ao uso de fontes alternativas de água, tais como, poços artesianos, captação pluvial etc (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017).

O documento especifica ainda que, mesmo se utilizando de uma fonte alternativa para obtenção de água, o esgoto gerado pela residência deve ser adequadamente despejado no sistema de captação de esgotos do município e, portanto, cobrado pelo DAE (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017).

Os artigos utilizados na resolução para regulamentar o despejo de águas pluviais apresentam-se no anexo A.

Além da regulamentação acerca da obtenção de água e do afastamento e tratamento de esgotos, o município regulamenta as tarifas que incidem sobre os volumes desses serviços utilizados pelos moradores e prestados pelo Departamento Municipal de Águas e Esgotos.

4.1 Tarifas e Ações do Departamento Municipal de Águas e Esgotos

As tarifas de cobrança do DAE de João Monlevade, definidas na Resolução de Fiscalização e Regulação, da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais (ARISB-MG), nº 103 de 04 de julho de 2019 definem, para a categoria domiciliar, os valores expressos na tabela 3 de acordo com as necessidades mensais de água e de esgoto, sendo este último correspondente a 30% do valor cobrado pela água (AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE MINAS GERAIS, 2019).

Tabela 3 – Tarifas para o fornecimento de água e esgoto em João Monlevade

Faixas de Consumo (m³)	Valores para água (R\$/m³)	Valores para esgoto (R\$/m³)
Até 10	2,8926	0,86778
11 a 15	3,2448	0,97344
16 a 20	4,0608	1,21824
21 a 25	4,5112	1,35336
26 a 30	5,1685	1,55055
31 a 35	5,7775	1,73325
36 a 40	6,3242	1,89726
41 a 45	6,7127	2,01381
46 a 50	7,1121	2,13363
51 a 55	7,5124	2,25372
56 a 60	7,8717	2,36151
61 a 65	8,2737	2,48211
66 a 70	8,6744	2,60232
71 a 75	9,0527	2,71581
76 a 80	9,3857	2,81571
81 a 85	9,6925	2,90775
86 a 90	9,9779	2,99337
91 a 95	10,236	3,0708
96 a 100	10,4708	3,14124

Faixas de Consumo (m³)	Valores para água (R\$/m³)	Valores para esgoto (R\$/m³)
101 a 200	10,8106	3,24318

Fonte: Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais, 2019

Essa resolução exprime, ainda, os valores cobrados pela chamada tarifa mínima, que refere-se às situações em que o consumo mensal for inferior a dez metros cúbicos para casas enquadradas como Residencial e Pública e inferior a onze metros cúbicos para casas enquadradas como Residencial Social. Essas classificações encontram-se na categoria “A” da resolução, que abrange casas domiciliares (residencial e residencial social) e casas públicas, como escolas, hospitais etc.

Tabela 4 – Valores da tarifa mínima para a conta de água em João Monlevade

Categoria domiciliar (A)	Volume máximo mensal (m³)	Água (R\$)	Esgoto (R\$)	Total
Residencial	10 m ³	28,93	8,68	37,6
Residencial Social	11 m ³	*	**	***
Pública	10 m ³	28,93	8,68	37,6

Fonte: Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico de Minas Gerais, 2019

*R\$0,00 para titulares da conta de água **beneficiários** do programa federal Bolsa-Família e 55% do valor da conta para titulares **cadastrados** no programa federal Bolsa-Família.

R\$0,00 para titulares da conta de água **beneficiários do programa federal Bolsa-Família e 55%, do valor cobrado pelo fornecimento de água, para titulares **cadastrados** no programa federal Bolsa-Família.

*** Soma dos valores calculados em (*) e (**).

Além das regulamentações supracitadas, foi promulgada uma lei municipal, de nº 1.833, de 17 de novembro de 2009 que estabelece a autorização ao Departamento Municipal de Águas e Esgotos de João Monlevade à isenção integral ou parcial da tarifa de água e esgoto para os consumidores da cidade que forem beneficiários e cadastrados no programa Bolsa-Família ou outro programa federal que vier a substituí-lo (JOÃO MONLEVADE, 2009).

As condições para a isenção tarifária são apresentadas no quadro abaixo.

Quadro 03 – Condições para isenção pela Tarifa Social

Tipo de Consumidor	Volume de água consumido	Isenção
Beneficiário do Bolsa-Família	Até 11m ³	Total
Cadastrado no Bolsa-Família	Até 11m ³	Parcial (55% do valor da conta)
Beneficiário ou cadastrado no Bolsa-Família	Entre 11,1m ³ e 12m ³	Parcial (50% do valor da conta)
Beneficiário ou cadastrado no Bolsa-Família	Entre 12,1m ³ e 13m ³	Parcial (47% do valor da conta)
Beneficiário ou cadastrado no Bolsa-Família	Entre 13,1m ³ e 14m ³	Parcial (45% do valor da conta)
Beneficiário ou cadastrado no Bolsa-Família	Entre 14,1m ³ e 15m ³	Parcial (43% do valor da conta)
Beneficiário ou cadastrado no Bolsa-Família	Acima de 15m ³	Tarifa normal

Fonte: João Monlevade (2009).

Após o levantamento das principais características atmosféricas e regulamentares acerca da cidade de João Monlevade, levantou-se, junto ao CRAS do município, que o bairro Cruzeiro Celeste se enquadra em uma região de vulnerabilidade econômica, portanto, foram levantados os dados de consumo dessa região, junto ao DAE do município a fim de compreender o perfil do usuário local.

A tabela 05 demonstra os valores informados pelo DAE para o consumo médio de uma casa no bairro em análise. Os valores aferidos foram extrapolados, pelo próprio departamento, para uma casa com quatro moradores.

Tabela 05 – Consumo médio de água no bairro Cruzeiro Celeste

Tipo de média	Valores aferidos
Média mensal de volume (m³) por pessoa	5 m ³ = 5000 litros / mês
Média diária de volume (m³) por pessoa	5 m ³ / 30 dias = 167 litros / dia

Média mensal de volume (m³) por casa	$5 \text{ m}^3 * 4 \text{ moradores} = 20 \text{ m}^3 / \text{mês}$
Média diária de volume (m³) por casa	$20 \text{ m}^3 / 30 \text{ dias} = 667 \text{ litros} / \text{dia}$

Fonte: Departamento Municipal de Águas e Esgotos de João Monlevade – MG (2019)

A partir dos dados demonstrados na tabela 05 torna-se possível calcular a média de consumo por casa considerando-se, segundo o DAE do município, quatro pessoas por residência. Sendo assim, uma casa no bairro Cruzeiro Celeste consome mensalmente uma média de vinte metros cúbicos de água, ou seja, vinte mil litros de água e paga pelas taxas de fornecimento hídrico e canalização de esgoto, segundo DAE (2018), uma tarifa de R\$4,0608 por metro cúbico, para um consumo entre dezesseis e vinte metros cúbicos. Totalizando uma conta média de R\$105,6 dos quais, segundo o mesmo autor, 30% referem-se à tarifa de esgoto.

Nota-se que o consumo médio *per capita* do bairro em estudo é maior do que os consumos médios, segundo Brasil (2017), do estado de Minas Gerais e do Brasil que, na média dos anos de 2014, 2015 e 2016 apresentaram um consumo de 152,7 litros por habitante/dia e 156,7 litros por habitante/dia, respectivamente. O bairro Cruzeiro Celeste apresenta uma média de 167 litros por habitante/dia, conforme informado pelo Departamento Municipal de Águas e Esgotos.

May (2004), alerta para cuidados que devem ser tomados no processo de captação e armazenamento de água pluvial, tais como: Evitar a incidência de luz solar no reservatório que irá guardar a água a fim de impedir a proliferação de microorganismos, ou ainda, garantir o fechamento correto da tampa e o isolamento do extravasor com uma tela que impeça a passagem de insetos.

Devido a estes e outros cuidados, elucidados pela mesma autora, que podem colocar em risco a saúde do usuário no caso de ingestão dessa água, o uso da água da chuva abordado neste estudo se restringe às condições de não potabilidade.

Essas condições não potáveis envolvem descargas de banheiro e lavagem de roupa, uma vez que, para essas finalidades, os métodos de limpeza e preparação da água captada mostram-se seguros.

A demanda de água analisada para o dimensionamento de um sistema que possa recolher e armazenar a água pluvial se embasa em situações de uso deste recurso em condições não-potáveis do dia-a-dia que representam, segundo Engeplas (2010) quase metade do volume utilizado por uma pessoa em seus hábitos diários. A tabela 06 aborda as porcentagens médias de consumo no Brasil.

Tabela 06 – Percentual de consumo de água

Finalidade	Porcentagem sobre o consumo total
Cozinhar e beber	27%
Banho e higiene bucal	25%
Descarga de banheiro	33%
Lavagem de roupa	12%
Outras tarefas (lavagem do carro etc)	3%

Fonte: Adaptado de Engeplas (2010)

Desta forma, partindo-se do dado informado pelo DAE de João Monlevade, de um consumo médio de, aproximadamente, seiscentos e sessenta e sete litros de água por dia em uma residência do bairro Cruzeiro Celeste, calcula-se, na tabela 07 e com base em Engeplas (2010), os seguintes volumes mensais que compõem o consumo total.

Tabela 07 – Percentual de consumo de água no bairro Cruzeiro Celeste

Finalidade	Porcentagem sobre o consumo total	Volume de água (litros)/dia	Tipo de água
Cozinhar e beber	27%	180,09 litros / dia	Potável
Banho e higiene bucal	25%	166,75 litros / dia	Potável
Descarga de banheiro	33%	220,11 litros / dia	Não potável
Lavagem de roupa	12%	80,04 litros / dia	Não potável
Outras tarefas (lavagem do carro etc)	3%	20,01 litros / dia	Não potável
Total	100%	667 litros / dia	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Portanto, a soma dos volumes de água para uso não potável, em uma residência deste tipo contabilizam os valores destinados à descarga de banheiro, à lavagem de roupa e a outras tarefas, como a lavagem do carro, cujos volumes somados fornecem o total diário de água não potável de 320,16 litros por residência.

A partir dos valores calculados, de consumo de água não potável, em uma residência média do bairro Cruzeiro Celeste, tornou-se necessário ter uma base sobre áreas de telhados que serviriam como as superfícies de captação para o sistema. Foi elegido arbitrariamente um quarteirão entre as ruas Tancredo Neves, Ulisses Guimarães, Colômbia e Portolândia. Mediram-se, conforme apresentado na tabela 08, as áreas dos telhados de todas as quarenta e três casas desta quadra.

Tabela 08 – Medidas das áreas de telhados de cerâmica, cimento e metal

Tipo de cobertura	Áreas (m²)	Média das áreas (m²)
Telha cerâmica	181,5 m ²	112,08 m ²
	30 m ²	
	81 m ²	
	85,4 m ²	
	50,9 m ²	
	141,3 m ²	
	188 m ²	
	167 m ²	
	24,2 m ²	
	171,5 m ²	
Cimento Amianto + laje	62,16 m ²	95,26 m ²
	30,00 m ²	
	161,76 m ²	
	153 m ²	
	107 m ²	
	114 m ²	
	90 m ²	
	48 m ²	
	75,9 m ²	
	46,2 m ²	
	78 m ²	
	67 m ²	
	180 m ²	
141 m ²		

	152 m ²	
	54 m ²	
	41, 2 m ²	
	113,5 m ²	
Telhas corrugadas de metal	130 m ²	100,08 m ²
	66 m ²	
	90 m ²	
	94,9 m ²	
	60 m ²	
	92,5 m ²	
	158 m ²	
	70,7 m ²	
	139 m ²	
	114,2 m ²	
	115 m ²	
	69,5 m ²	
	68,5 m ²	
	93,5 m ²	
	139,47 m ²	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

As medições das coberturas de cimento amianto e de laje foram apresentadas juntas na tabela, porque apontam o mesmo tipo de comportamento, segundo Tomaz (2007) quanto à relação entre o volume de água escoado e o volume total precipitado.

A partir das médias de telhados para cada tipo de material usado na cobertura, realizaram-se os cálculos acerca dos volumes necessários para armazenar a água pluvial em um sistema de captação caseiro. Foram utilizados os métodos de Rippl e da Simulação.

- Método de Rippl:

Como este método leva em consideração, dentre outros parâmetros, a área do telhado e, em um quarteirão amostral do bairro Cruzeiro Celeste, foram obtidas médias

distintas para as áreas de telhados de telha cerâmica, cimento e de metal corrugado, o método de Rippl será aplicado para cada tipo de cobertura. A figura 8, traz os cálculos para casas com telha cerâmica no bairro Cruzeiro Celeste.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área da captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e os volumes de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Classificação
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	232,8	9,6	112,08	22,18	-12,58		E
Fevereiro	125,9	9,6	112,08	11,99	-2,39		E
Março	193,1	9,6	112,08	18,40	-8,80		E
Abril	68,5	9,6	112,08	6,53	3,07	3,07	D
Maiο	29,2	9,6	112,08	2,78	6,82	9,89	D
Junho	14,1	9,6	112,08	1,34	8,26	18,15	D
Julho	6,3	9,6	112,08	0,60	9,00	27,15	D
Agosto	13,7	9,6	112,08	1,31	8,29	35,44	D
Setembro	43	9,6	112,08	4,10	5,50	40,95	D
Outubro	97,8	9,6	112,08	9,32	0,28	41,23	D
Novembro	250,2	9,6	112,08	23,84	-14,24	26,99	S
Dezembro	326,7	9,6	112,08	31,12	-21,52	5,47	S
Total	1401,3	115,2 m ³ /ano		133,50			

Figura 8 – Método de Rippl para telha cerâmica no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Por esse método, as casas com telha cerâmica conseguiriam suprir a demanda de água não potável apenas se os reservatórios das casas tivessem a capacidade de armazenar volumes de 1374,3 litros por dia. Esse valor foi obtido pela divisão do último volume acumulado, identificado na célula em vermelho, na coluna de número sete, por trinta dias. O valor de 41,23m³ destacado na tabela representa o maior volume de água que deve ser armazenado em um ano para suprir as demandas não potáveis.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área da captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda e os volumes de chuva (m³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m³)	Classificação
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	232,8	9,6	95,26	18,85	-9,25		E
Fevereiro	125,9	9,6	95,26	10,19	-0,59		E
Março	193,1	9,6	95,26	15,64	-6,04		E
Abril	68,5	9,6	95,26	5,55	4,05	4,05	D
Maiο	29,2	9,6	95,26	2,36	7,24	11,29	D
Junho	14,1	9,6	95,26	1,14	8,46	19,75	D
Julho	6,3	9,6	95,26	0,51	9,09	28,84	D
Agosto	13,7	9,6	95,26	1,11	8,49	37,33	D
Setembro	43	9,6	95,26	3,48	6,12	43,45	D
Outubro	97,8	9,6	95,26	7,92	1,68	45,13	D
Novembro	250,2	9,6	95,26	20,26	-10,66	34,47	S
Dezembro	326,7	9,6	95,26	26,45	-16,85	17,62	S
Total	1401,3	115,2 m³/ano		113,46			

Figura 9 – Método de Rippl para telha de cimento no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Casas com cobertura de cimento, seja de amianto ou laje, pelos cálculos da tabela conseguiriam ter a demanda suprida se tivessem um reservatório capaz de armazenar até 45,13m³ por mês de água pluvial, ou ainda 1504,33 litros por dia, como constatado na célula em vermelho na figura.

No entanto, o método de Rippl não recomenda o cálculo de reservatórios em casos de volumes totais de chuva serem menores do que o volume total da demanda. A violação dessa premissa pode ser verificada nas células em amarelo na figura, em que o volume de 113,46m³ por ano é menor do que a demanda anual de 115,2m³. Portanto, para esse tipo de telhado, o método não se aplica.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área da captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda e os volumes de chuva (m³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m³)	Classificação
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	232,8	9,6	100,08	19,80	-10,20		E
Fevereiro	125,9	9,6	100,08	10,71	-1,11		E
Março	193,1	9,6	100,08	16,43	-6,83		E
Abril	68,5	9,6	100,08	5,83	3,77	3,77	D
Maiο	29,2	9,6	100,08	2,48	7,12	10,89	D
Junho	14,1	9,6	100,08	1,20	8,40	19,29	D
Julho	6,3	9,6	100,08	0,54	9,06	28,35	D
Agosto	13,7	9,6	100,08	1,17	8,43	36,79	D
Setembro	43	9,6	100,08	3,66	5,94	42,73	D
Outubro	97,8	9,6	100,08	8,32	1,28	44,01	D
Novembro	250,2	9,6	100,08	21,28	-11,68	32,33	S
Dezembro	326,7	9,6	100,08	27,79	-18,19	14,13	S
Total	1401,3	115,2 m³/ano		119,21			

Figura 10 – Método de Rippl para telha metálica no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Conforme elucidado na figura 10, para telhados corrugados de metal, seria necessário um armazenamento mensal de pelo menos 44,01m³ de água pluvial, ou ainda, 1467 litros de água da chuva por dia.

A última coluna das figuras 8, 9 e 10, indica o comportamento do tanque de água pluvial, classificando seu status em cada mês, segundo Tomaz (2007) como: ‘E’, quando a água estiver escoando pelo extravasor; ‘D’, quando o nível de água estiver baixando e ‘S’, quando o nível de água estiver subindo. Portanto, para todos os três tipos de telhado, percebe-se que entre os meses de janeiro e março o reservatório estaria transbordando a água armazenada pelo extravasor ou “ladrão” do sistema.

Conforme referido por ABNT (2007) e Tomaz (2007), esse método traz valores mais altos do que os volumes que possam ser realmente requeridos para suprir a demanda real de uma residência, no entanto, mostra-se útil por gerar um limite superior para a análise da capacidade do reservatório.

Como esse procedimento supervaloriza o dimensionamento dos tanques de água pluvial, os autores ainda sugerem o método da simulação por se aproximar mais das

capacidades de armazenamento residenciais e levar em conta, de acordo com Favretto (2016), a verificação do balanço hídrico no interior do tanque de armazenagem, além da necessidade de se suprir o volume total com água externa, fornecida pelo DAE.

- Método da Simulação

Duas condições devem ser consideradas, segundo ABNT (2007) para os cálculos por este método. A premissa de que os tanques estarão cheios no início da simulação e a aceitação de que estes dados históricos sobre precipitações, como os dados obtidos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), são representativos para observações futuras.

Para essas análises, fixou-se o volume do reservatório em trinta metros cúbicos, como percebido nas colunas 6. Esse valor foi proposto por corresponder ao volume mensal acumulado de uma caixa d'água de mil litros uma vez que, dentre os reservatórios elencados para o armazenamento da água da chuva, mostrou-se o que tem o menor volume necessário para suprir a maior parte da demanda de residências com qualquer dos três tipos de telhados. A figura 11 traz os cálculos para casas com telha cerâmica no bairro Cruzeiro Celeste.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área da captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m ³)	Volume do reservatório no tempo t (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	232,80	9,60	112,08	22,18	30,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Fevereiro	125,90	9,60	112,08	11,99	30,00	30,00	12,58	2,39	0,00
Março	193,10	9,60	112,08	18,40	30,00	12,58	30,00	0,00	0,00
Abril	68,50	9,60	112,08	6,53	30,00	30,00	21,37	0,00	0,00
Mai	29,20	9,60	112,08	2,78	30,00	21,37	26,93	0,00	0,00
Junho	14,10	9,60	112,08	1,34	30,00	26,93	14,56	0,00	0,00
Julho	6,30	9,60	112,08	0,60	30,00	14,56	18,67	0,00	0,00
Agosto	13,70	9,60	112,08	1,31	30,00	18,67	5,56	0,00	0,00
Setembro	43,00	9,60	112,08	4,10	30,00	5,56	10,37	0,00	0,00
Outubro	97,80	9,60	112,08	9,32	30,00	10,37	0,05	0,00	0,00
Novembro	250,20	9,60	112,08	23,84	30,00	0,05	10,09	0,00	0,00
Dezembro	326,70	9,60	112,08	31,12	30,00	10,09	14,29	1,62	0,00
Total	1401,3	115,2		133,50				4,01	0,00

Figura 11 – Método da Simulação para telha cerâmica no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Para telhas cerâmicas, por esse método percebe-se que durante todo o ano o reservatório apresentaria algum volume de água pluvial, conforme visto na coluna oito, pelos valores todos positivos. Além disso, nota-se que não seria necessário o uso de água fornecida pelo DAE, uma vez que a célula de cor verde, se apresenta com valor zero.

Por fim, nota-se que o reservatório apresentaria *overflow* nos meses de fevereiro e dezembro, cujo somatório está expresso na célula de coloração amarela. Esse termo indica que nesses meses o tanque de armazenamento transbordaria pelo “ladrão” por atingir um volume superior a mil litros por dia.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área da captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m³)	Volume do reservatório no tempo t (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	232,80	9,60	95,26	18,85	30,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Fevereiro	125,90	9,60	95,26	10,19	30,00	30,00	9,25	0,59	0,00
Março	193,10	9,60	95,26	15,64	30,00	9,25	30,00	0,00	0,00
Abril	68,50	9,60	95,26	5,55	30,00	30,00	15,29	0,00	0,00
Mai	29,20	9,60	95,26	2,36	30,00	15,29	25,95	0,00	0,00
Junho	14,10	9,60	95,26	1,14	30,00	25,95	8,05	0,00	0,00
Julho	6,30	9,60	95,26	0,51	30,00	8,05	17,49	0,00	1,04
Agosto	13,70	9,60	95,26	1,11	30,00	17,49	-1,04	0,00	0,00
Setembro	43,00	9,60	95,26	3,48	30,00	0,00	9,00	0,00	6,12
Outubro	97,80	9,60	95,26	7,92	30,00	9,00	-6,12	0,00	0,00
Novembro	250,20	9,60	95,26	20,26	30,00	0,00	7,32	0,00	0,00
Dezembro	326,70	9,60	95,26	26,45	30,00	7,32	10,66	0,00	0,00
Total	1401,3	115,2		113,46				0,59	7,16

Figura 12 – Método da Simulação para telha de cimento no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

As residências com telhas de cimento, conforme visto na figura 12, necessitariam de abastecimento externo de água, pelo DAE, nos meses de julho e setembro, pois a quantidade de chuva precipitada não seria suficiente para suprir a demanda. Esse volume de água externo é expresso na célula em verde e representa a quantidade total demandada ao longo do ano.

Além disso, os reservatórios para casas com esse tipo de telhado apresentariam *overflow* no mês de fevereiro, cujo valor final é demonstrado na célula em amarelo.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área da captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m³)	Volume do reservatório no tempo t (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	232,80	9,60	100,08	19,80	30,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Fevereiro	125,90	9,60	100,08	10,71	30,00	30,00	10,20	1,11	0,00
Março	193,10	9,60	100,08	16,43	30,00	10,20	30,00	0,00	0,00
Abril	68,50	9,60	100,08	5,83	30,00	30,00	17,03	0,00	0,00
Maio	29,20	9,60	100,08	2,48	30,00	17,03	26,23	0,00	0,00
Junho	14,10	9,60	100,08	1,20	30,00	26,23	9,91	0,00	0,00
Julho	6,30	9,60	100,08	0,54	30,00	9,91	17,83	0,00	0,00
Agosto	13,70	9,60	100,08	1,17	30,00	17,83	0,85	0,00	0,00
Setembro	43,00	9,60	100,08	3,66	30,00	0,85	9,39	0,00	5,09
Outubro	97,80	9,60	100,08	8,32	30,00	9,39	-5,09	0,00	0,00
Novembro	250,20	9,60	100,08	21,28	30,00	0,00	8,11	0,00	0,00
Dezembro	326,70	9,60	100,08	27,79	30,00	8,11	11,68	0,00	0,00
Total	1401,3	115,2 m³/ano		119,21				1,11	5,09

Figura 13 – Método da Simulação para telha metálica no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Casas com telha metálica necessitariam de suprimento externo, pelo Departamento Municipal de Águas e Esgotos, apenas no mês de setembro, cujo volume final, de 5,09m³ por ano, é apresentado na célula de cor verde.

O reservatório só perderia água pelo “ladrão”, ou extravasor, no mês de fevereiro, conforme verificado na coluna nove, cujo somatório está expresso na célula em amarelo.

Os métodos utilizados para dimensionar o reservatório de armazenamento forneceram quatro volumes distintos que seriam necessários para suprir a demanda por água não potável em cada tipo de residência analisado. A comparação entre os volumes é demonstrada no Quadro 04.

Quadro 04 – Volumes de reservatório pelos métodos de Rippl e da Simulação

Tipo de método	Tipo de telhado	Volume do reservatório/dia (Litros)
Rippl	Telha cerâmica	1374,3
Rippl	Cobertura de cimento	1504,3
Rippl	Metal corrugado	1467
Simulação	Telha cerâmica	1000

Tipo de método	Tipo de telhado	Volume do reservatório/dia (Litros)
Simulação	Cobertura de cimento	1000
Simulação	Metal corrugado	1000

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os volumes calculados são para uma capacidade diária de armazenamento e são direcionados a suprir a demanda anual de água não potável.

O método de Rippl elenca os valores em litros da quantidade necessária de água para suprir a totalidade da demanda, de forma que nunca seja necessário o uso de água externa, como a de fornecimento do DAE.

Já o método da simulação permite o cálculo, por tentativas e erros, de um volume necessário à cada situação, partindo-se de um valor arbitrário calculado para o reservatório, até se chegar ao volume ideal.

Nesse estudo, o valor arbitrário calculado inicialmente para o método da simulação foi de quinhentos litros por dia, porém, esse volume, embora diminuísse o consumo de água fornecido pelo DAE, não traria vantagens significativas em épocas de pouca chuva, como o período do inverno.

A partir dessa análise, elencou-se o volume de mil litros diários e percebeu-se, através dos valores apresentados nas colunas 10 dos quadros da simulação que o volume anual de água necessário para ser fornecido pelo DAE de forma a atender a demanda não potável de uma residência é significativamente baixo ou nulo, como no caso das casas com cobertura de telha cerâmica.

A partir do dimensionamento do reservatório e da escolha do volume de armazenamento de mil litros diários, foi proposto um sistema de captação de água da chuva para o bairro em análise. O projeto se baseará nos elementos identificados por Martins e Marques (2017) como principais componentes de um sistema pluvial. Suas definições são expostas abaixo.

a) Área de captação: No bairro Cruzeiro Celeste foram identificados, por visitas ao local, três tipos de telhados utilizados como cobertura para as residências, sendo de telhas cerâmicas, lajes ou cimento amianto e metal corrugado. Não foram cogitadas as

áreas de captação em solo, como pisos de garagem pela dificuldade de medição e necessidade de bombeamento da água para um reservatório acima do chão.

Para os telhados considerados no projeto obteve-se uma média, sobre um quarteirão elegido arbitrariamente no bairro, de 112,08m², 95,26m² e 100,08m² para as coberturas de telha cerâmica, cimento e metal, respectivamente.

b) Calhas e condutores: Sugere-se que, a fim de baratear os custos do projeto, sejam utilizadas calhas horizontais de garrafas PET transparentes de dois litros para a condução inicial da água captada no telhado. A união dessas garrafas pode ser feita com cola silicone atóxica ou grampos inoxidáveis. Já para a condução vertical da água captada até os reservatórios de despejo da primeira água e de armazenamento, sejam utilizados canos com 150mm de diâmetro, também conhecidos como canos de seis polegadas. Essa indicação baseia-se na recomendação de Tomaz (2007) para diâmetros do conduto vertical, em milímetros, conforme visto na tabela 09.

Tabela 09 – Diâmetros de condutos verticais por área de telhado

Diâmetro do conduto vertical (mm)	Área máxima de telhado (m²)
50	13,6
75	42,0
100	91,0
150	275,0

Fonte: Tomaz (2007)

c) Descarte das primeiras águas: O reservatório de descarte das primeiras águas, que são os primeiros litros de água captados responsáveis por limpar o telhado, calhas e condutores, deve ter volume calculado de um litro para cada metro quadrado de telhado. Portanto, pela média dos telhados aferidos no quarteirão analisado no bairro Cruzeiro Celeste, sugere-se um reservatório de descarte com cem litros de capacidade interligado, por um condutor de 150mm de diâmetro, em sua parte superior com a caixa d'água utilizada para armazenamento da água. Além disso, esse reservatório de descarte deve ter uma torneira instalada na parte inferior, próximo à base do reservatório a fim de esvaziá-lo ao fim da chuva e uma tampa superior que permita a limpeza periódica do equipamento. Sugere-se o uso de uma bombona plástica com volume de cem litros de tal forma que o extravasor que jogará a água para a caixa d'água, quando o reservatório de descarte estiver completo, esteja nivelado com o reservatório de armazenamento.

Conforme visto no bairro, muitas casas já possuem calhas que direcionam a água da chuva para as calçadas e encostas, como mostrado na figura 14. Portanto, a instalação desse sistema se basearia na condução dessas calhas diretamente ao reservatório de descarte das primeiras águas que, quando totalmente cheio, abasteceria a caixa-d'água destinada à água não potável.



Figura 14 – Condutores horizontais direcionados à rua

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

d) Peneira: A entrada da água no reservatório de descarte deve passar por um processo inicial de filtração simples que envolve uma tela, do tipo mosquiteiro, entre a calha vertical e esse reservatório.

e) Reservatório: Conforme calculado pelos métodos de Rippl e da simulação, os reservatórios de água pluvial devem ter um volume de, no mínimo mil litros, a fim de garantir o suprimento de água não potável na maior parte do ano, diminuir o prazo de retorno do investimento e permitir o enquadramento das residências, com titulares das contas de água beneficiários ou cadastrados no programa Bolsa-família, na tarifa social, garantindo a isenção total ou parcial de suas contas.

Portanto, esse estudo sugere a utilização do reservatório dimensionado pelo método da simulação, ou seja, um tanque de armazenamento de mil litros de capacidade. Para o sistema proposto, considerou-se o uso de uma caixa d'água com esse volume.

A caixa se encherá pelo extravasamento do reservatório de autolimpeza e deve contar com uma tampa superior para permitir a limpeza e manutenção dos componentes, além da adição de substância desinfetante. Diante dessas características, deve conter um extravasor para conduzir a água que ultrapassar seu limite de enchimento, pelo processo

de *overflow*, protegido por uma tela, do tipo mosquiteiro, a fim de evitar a entrada de pequenos animais e insetos.

Para garantir uma pressão hidráulica suficiente, sem o uso de bomba elétrica, sugere-se o apoio da caixa d'água sobre quatro pallets empilhados, visto que cada uma dessas estruturas de madeira possui cerca de doze centímetros de altura, logo, a caixa se encontraria a, aproximadamente, cinquenta centímetros acima do chão permitindo a retirada da água por uma torneira que deve ser instalada na parte inferior e sua limpeza pela tampa superior.

A bombona que será usada para descarte das primeiras águas deve estar a uma altura necessária para que seu extravasor, próximo à tampa, esteja nivelado com a entrada de água, também próxima à tampa, da caixa d'água.

Com base nas recomendações de Fundação Nacional de Saúde (2014) e Meyer (1994), deve ser feita a desinfecção da água pluvial por meio da substância comercialmente oferecida como Hipoclorito de Sódio e, normalmente, utilizada, na limpeza das águas de piscinas.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (2014), o uso das quantidades dessa substância é proporcional ao volume de água tratado, logo, se é necessário utilizar 16 gramas de Hipoclorito de Sódio, diluídos em um litro e meio de água potável para tratar dez mil litros de água não potável, uma casa média no bairro Cruzeiro Celeste deve utilizar 1,6 grama da substância, diluída em um litro e meio de água potável para fazer a desinfecção de uma caixa d'água de mil litros totalmente cheia. Nota-se que, um pacote com um quilograma de Hipoclorito de Sódio, cotado a R\$30,00 à época desse estudo, rende a limpeza completa de 625 caixas d'água de mil litros, totalmente cheias.

4.2 Análise econômica, social e ambiental

Os cálculos referentes aos custos cobrados, pelo DAE, sobre a conta de água antes e após a instalação do sistema de captação pluvial, assim como a economia gerada pelo sistema são demonstrados na tabela 10.

Tabela 10 – Análise da economia para cada tipo de telhado

Tipo de telhado	Custo antes	Custo após	Economia
Telha cerâmica	R\$ 105,6	R\$ 43,87	R\$ 61,73
Telha de cimento	R\$ 105,6	R\$ 46,8	R\$ 58,8
Telha de metal	R\$ 105,6	R\$ 45,64	R\$ 59,96

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os custos antes da instalação do sistema são iguais para as três análises porque o DAE de João Monlevade informou uma média de consumo sem discriminação do tipo de telhado sobre a residência. Porém, analisando-se o custo após a instalação do sistema torna-se evidente que a economia gerada ao se utilizar a água da chuva como suprimento de água não potável é muito similar independente do tipo de telhado utilizado.

Portanto, o valor médio de economia gerado para o bairro Cruzeiro Celeste é de R\$ 60,2 para uma residência que se utilizar dos métodos propostos nesse estudo.

O sistema de captação pluvial sugerido para uma casa média no bairro em análise contará com diversos itens que podem ser comprados ou reaproveitados para o projeto. A tabela 11 discrimina os principais componentes.

Tabela 11 - Orçamento para sistema de captação no bairro Cruzeiro Celeste

Orçamento para sistema de captação de água pluvial para 20 metros de calha e telhado de 100m²			
Item	Quantidade	Preço Unitário	Total
Adaptador para válvula de tanque de 1 1/4" x 40mm (branco)	1	R\$ 9,00	R\$ 9,00
Adaptador soldável com anel para caixa d'água 25mm (flange)	1	R\$ 9,31	R\$ 9,31
Anel de borracha de 150mm linha esgoto	3	R\$ 2,10	R\$ 6,30

Orçamento para sistema de captação de água pluvial para 20 metros de calha e telhado de 100m²			
Item	Quantidade	Preço Unitário	Total
Cap de 40mm (branco)	1	R\$ 2,44	R\$ 2,44
Cap de 150mm (branco)	1	R\$ 41,46	R\$ 41,46
Joelho 90° soldável e com rosca 25mm x 3/4" (marrom)	1	R\$ 14,81	R\$ 14,81
Joelho de 45° de 150mm (linha esgoto - branco)	1	R\$ 40,30	R\$ 40,30
Joelho de 90° de 150mm (linha esgoto - branco)	3	R\$ 51,50	R\$ 154,50
Plug de 50mm (branco)	1	R\$ 2,80	R\$ 2,80
Tê de 150mm (linha esgoto)	2	R\$ 62,48	R\$ 124,96
Tubo de 25mm (linha água fria - marrom)	0,5	R\$ 16,00	R\$ 8,00
Tubo de 150mm x 3m (linha esgoto)	1	R\$ 155,00	R\$ 155,00
Válvula de tanque 1.1/4" ou Bucha de redução roscável de 1.1/4" x 1" (branco).	1	R\$ 23,50	R\$ 23,50
Adesivo para PVC 175gr	1	R\$ 18,15	R\$ 18,15

Orçamento para sistema de captação de água pluvial para 20 metros de calha e telhado de 100m²			
Item	Quantidade	Preço Unitário	Total
Calha Pet	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Cola silicone transparente atóxico 280g	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Suporte de calha	34	R\$ 10,00	R\$ 340,00
Caixa d'água 1000L	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Bombona de 100L	1	R\$240,00	R\$240,00
Hipoclorito de sódio 1Kg	1	R\$30,00	R\$30,00
Pallet (base da caixa d'água)	4	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Mão de obra	2 horas	R\$ 70,00 / hora	R\$ 140,00
TOTAL			R\$ 1690,53

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Embora o valor se mostre elevado para uma população de classe econômica baixa, o investimento deve ter seu retorno avaliado, principalmente por trazer as possibilidades de isenção atreladas à tarifa social.

Os valores foram calculados para duas calhas de 10m² cada e com base na média de orçamentos realizados na cidade de João Monlevade em setembro de 2019.

4.2.1 Prazo de retorno do investimento

O prazo de retorno do investimento pode ser calculado pela razão entre o valor investido e a economia anual gerada pelo sistema. Os valores são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 – Prazo de retorno do investimento

Tipo de telhado	Valor investido	Economia anual	Prazo de retorno do investimento
Telha Cerâmica	R\$ 1690,53	R\$ 61,87 * 12 meses = R\$ 742,44	2,28 anos
Telha de Cimento	R\$ 1690,53	R\$ 58,8 * 12 meses = R\$ 705,60	2,4 anos
Telha de Metal	R\$ 1690,53	R\$ 60 * 12 meses = R\$ 720,00	2,35 anos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Para os consumidores que forem titulares das contas de água e beneficiários ou cadastrados no programa Bolsa-família, os prazos de retorno mostram-se ainda mais atrativos, como evidenciado na tabela 13.

Tabela 13 – Prazo de retorno do investimento com Tarifa Social

Tipo de Telhado	Tipo de Consumidor	Valor investido	Economia anual	Prazo de retorno do investimento
Cerâmica	Beneficiário do Bolsa-Família	R\$ 1690,53	R\$105,6 * 12 meses = R\$1267,2	1,33 ano
	Cadastrado no Bolsa-Família	R\$ 1690,53	(R\$105,6 – R\$19,7) * 12 meses = R\$1030,8	1,64 ano
Cimento	Beneficiário do Bolsa-Família	R\$ 1690,53	R\$105,6 * 12 meses = R\$ 1267,2	1,33 ano
	Cadastrado no Bolsa-Família	R\$ 1690,53	(R\$105,6 – R\$21,06) * 12 meses = R\$1014,48	1,67 ano
Metal	Beneficiário do Bolsa-Família	R\$ 1690,53	R\$105,6 * 12 meses = R\$ 1267,2	1,33 ano

Tipo de Telhado	Tipo de Consumidor	Valor investido	Economia anual	Prazo de retorno do investimento
	Cadastrado no Bolsa-Família	R\$ 1660,53	(R\$105,6 – R\$20,54) * 12 meses = R\$1020,72	1,66 ano

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Pelo método da simulação nota-se que, com um volume de mil litros para o reservatório de armazenamento de água da chuva, o consumo de uma residência média no bairro em análise não ultrapassaria onze metros cúbicos por mês.

Essa capacidade pode permitir que os moradores da região, que mantiverem essa média de consumo e forem beneficiários ou cadastrados no programa federal Bolsa-família tenham a isenção integral ou parcial de sua conta de água.

Sendo assim, com o sistema de captação pluvial proposto, se o titular da conta for beneficiário do programa Bolsa-família terá a isenção total, deixando de pagar sua conta de água, desde que realize o cadastro desse tipo de tarifa junto ao Departamento Municipal de Águas e Esgotos.

Já o morador e titular da conta que for cadastrado no programa obterá 55% de desconto sobre o valor final consumido. Os valores das isenções para cada tipo de telhado e consumidor são apresentados na tabela 14.

Tabela 14 – Valores finais das contas de água para cada tipo de telhado

Tipo de Telhado	Tipo de Consumidor	Volume de água consumido	Isenção	Valor final da conta
Cerâmica	Beneficiário do Bolsa-Família	10,4m ³	Total	R\$0,00
	Cadastrado no Bolsa-Família	10,4m ³	Parcial (55% do valor da conta)	R\$19,7
Cimento	Beneficiário do Bolsa-Família	11m ³	Total	R\$0,00

Tipo de Telhado	Tipo de Consumidor	Volume de água consumido	Isenção	Valor final da conta
	Cadastrado no Bolsa-Família	11m ³	Parcial (55% do valor da conta)	R\$21,06
Metal	Beneficiário do Bolsa-Família	10,82m ³	Total	R\$0,00
	Cadastrado no Bolsa-Família	10,82m ³	Parcial (55% do valor da conta)	R\$20,54

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Os valores dos volumes de água consumidos foram obtidos pelo somatório entre a demanda de água potável de uma casa média no bairro Cruzeiro Celeste, de 10,4m³ e a demanda de água para uso não potável obtida pela divisão do volume total, calculado na coluna 10 da tabela de simulação, por doze meses, a fim de se ter uma média de consumo mensal não potável.

Além da percepção econômica, as visitas ao bairro permitiram a identificação de fatores presentes na realidade local que expõem os moradores a fatores de risco ambiental, como casas construídas sobre encostas, entulhos acumulados em calçadas, e esgotos sendo despejados em rios.

Esses fatores, além de demonstrar elementos culturais sobre as pessoas envolvidas na análise do estudo podem ter seus efeitos minimizados pela captação de água pluvial, uma vez que diminuem os volumes de água escoados para encostas e galerias e geram senso crítico sobre o tratamento e o volume consumidos.



Figura 15 – Casa construída sobre encosta no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A figura 15 evidencia uma casa, no bairro Cruzeiro Celeste, construída sobre encosta, com marcas de infiltração de água da chuva.

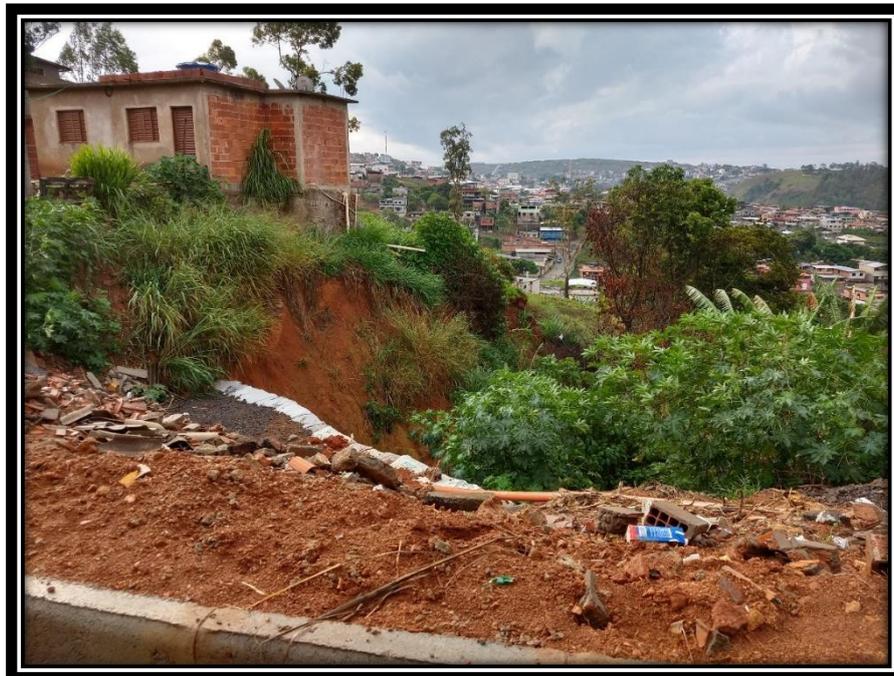


Figura 16 – Casa construída sobre encosta com entulho acumulado

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A figura 16 revela outra situação de casa construída sobre encosta no bairro em análise, além de entulhos e lixo jogados, sem armazenamento ou destinação corretas.



Figura 17 – Entulho e lixo acumulados sobre o passeio no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A figura 17 demonstra entulhos, em um passeio do bairro, sem o devido armazenamento e, portanto, passível de ser carregado em fortes chuvas causando entupimentos de galerias pluviais.



Figura 18 – Esgoto canalizado para rio no bairro Cruzeiro Celeste

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A figura 18 aponta para uma casa, no bairro Cruzeiro Celeste, que destina água de descarte para um córrego que corre pela região.

Apesar das situações evidenciadas nas imagens acima, foi possível perceber que alguns moradores, ainda que de forma pouco eficiente, fazem a captação de água pluvial proveniente dos telhados. Conforme visto na figura 19.



Figura 19 – Água pluvial sendo armazenada em bombona plástica

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Conforme evidenciado pelos cálculos de dimensionamento de reservatórios, no quadro 04, esse tambor mostrado na figura 19, não apresenta o volume necessário para trazer vantagens financeiras significativas, além de desconsiderar fatores de projeto que evitariam a contaminação da água armazenada. No entanto, iniciativas como essa podem demonstrar a preocupação dos moradores locais, assim como a valorização da água não potável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs a análise da viabilidade de se utilizar água pluvial em situações de não potabilidade em um bairro de classe econômica baixa na cidade de João Monlevade. O bairro escolhido, de nome Cruzeiro Celeste, foi classificado como ator de um quadro de vulnerabilidade econômica pelo Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) do município e, por esse motivo, foi tido como foco da pesquisa.

Os volumes consumidos de água potável e não potável em uma residência média no bairro Cruzeiro Celeste em João Monlevade são muito próximos, atingindo os percentuais de 52% e 48%, respectivamente. Esses dados referem-se a uma casa média do bairro, com quatro moradores.

A água considerada não potável resume-se às destinações de atividades diárias, como lavagem de calçadas, roupas e veículos, descargas de banheiros ou qualquer outra atividade que não precise de um processo de higienização hídrica superior ao atingido por processos caseiros de sanitização por cloro.

Todas as atividades citadas anteriormente podem ser supridas com água obtida por outros meios, como a fonte pluvial. Além disso, ressalta-se a possibilidade de racionamento no uso deste recurso como pela substituição do uso de mangueira por baldes em práticas como a lavagem do carro, ou da calçada. Sendo assim, o aproveitamento de água da chuva reflete também em mudanças culturais da população que se utiliza desta fonte, uma vez que depende de um abastecimento instável e sujeito às condições meteorológicas.

Para o aproveitamento de água pluvial é preciso ter um sistema confiável de captação, armazenamento e tratamento desse recurso a fim de garantir uma usabilidade contínua e promotora do bem-estar das pessoas que usufruírem dele. Por esse motivo o estudo se utilizou de técnicas da engenharia para confrontar dados pluviométricos sobre a cidade de João Monlevade e métodos de dimensionamento de reservatórios que pudessem garantir o uso de água pluvial visando maximizar os benefícios para os usuários e garantir um suprimento satisfatório.

Dentre os métodos de Rippl e da Simulação, utilizados para determinar os volumes dos reservatórios, esse último se mostrou mais eficaz por considerar um volume fixo, além dos *status* do tanque de armazenamento. A capacidade proposta para o reservatório no bairro em análise foi de mil litros.

O dimensionamento teve como base a precipitação atmosférica local, que se mostrou suficiente para suprir a demanda de água não potável, principalmente devido aos altos índices de chuvas no verão que compensariam períodos de estiagem no inverno.

A utilização de um sistema como o proposto a fim de satisfazer a demanda por água não potável reduziria a, praticamente, metade do volume consumido desse recurso na região e a mais da metade no valor pago pela conta de água, uma vez que a tarifa cobrada para o volume gasto também seria menor.

No entanto, embora o sistema tenha se mostrado viável, para reservatórios de mil litros de capacidade, o valor do investimento se mostra elevado se considerado que o bairro figura como uma região de vulnerabilidade econômica. Ou seja, mesmo que o prazo de retorno do investimento seja atraente, deve-se levar em conta outras dimensões da sustentabilidade que impactarão na instalação de um sistema como o proposto no estudo.

A comunidade analisada demonstra fatores de risco ambiental e social que podem ser minimizados pelo uso de um sistema de captação pluvial, como ameaças de deslizamentos, enchentes e inundações. Apesar disso, é possível notar que alguns moradores já tentam coletar a água da chuva para usos domésticos, mesmo que de forma pouco eficiente quanto ao volume armazenado e às técnicas de sanitização.

Visando implementar as boas práticas de captação e manejo de água pluvial propõe-se, para trabalhos futuros, um estudo mais aprofundado das políticas públicas que possam financiar ou subsidiar sistemas de captação de água da chuva. Essas políticas devem acompanhar o cumprimento das normas regulamentadoras a fim de garantir a segurança à saúde dos moradores de bairros com vulnerabilidade econômica.

Sugere-se ainda, uma pesquisa com moradores a fim de se entender os hábitos de consumo que possam influenciar positiva ou negativamente no manuseio de um sistema como o proposto, além do perfil dos titulares das contas de água, para que seja estudado o impacto da tarifa social sobre os habitantes locais.

Portanto, a partir das análises das características de comportamento climático e de sistemas de captação de água pluvial, acredita-se que gestores, públicos ou privados, possam ter decisões mais embasadas sobre tecnologias sociais de aproveitamento de água da chuva, além do conhecimento mais amplo dos hábitos de consumo de água não potável dos moradores do bairro Cruzeiro Celeste.

6. REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Instalação predial de água fria**. NBR 5626 de setembro de 1998.

_____. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis** - Requisitos. NBR 15527 de abril de 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água**. Brasília, 2010.

AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE MINAS GERAIS – ARISB-MG nº 103 de 04 de julho de 2019. **Dispõe sobre a revisão dos valores das Tarifas de Água e Esgoto referentes aos serviços prestados pelo DAE, a serem praticados no município de João Monlevade-MG, e dá outras providências**. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1V9SvB3i3XBD4kYXeB9KGsnxFE7E-kX_D/view. Acesso em 14 out. 2019.

ALVES, Jean Carlos Machado. **ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE SOCIAL DE REDES SOLIDÁRIAS DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS: UM ESTUDO DE CASO DA REDE CATAVALES**. 2018. 182 p. Tese (Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

ALVES, Marciely Ferreira *et al.* Avaliação de Sistema de Cisternas Para Captação de Água de Chuva Instalados em Comunidades Rurais de Mato Grosso – Brasil. **Engineering and Science**, 2016. Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3714/2627>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental –SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2013>. Acesso em: 10 out. 2019.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 226. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: 10 out. 2019.

BRITO, Renato de Oliveira; CUNHA, Célio da; SIVERES, Luiz. **Gestão participativa e sustentabilidade socioambiental: um estudo em escolas da rede pública de Sobral-CE**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, Brasília, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320180020009>. Acesso em: 24 abr. 2019.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL – CISAB -RC nº 033 de 29 de agosto de 2017. **Homologa o Regulamento de Prestação dos Serviços e Atendimento aos Usuários do Departamento Municipal**

de Água e Esgoto de João Monlevade/MG e dá outras providências. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/0B2QWf-x1_bl9Y1RxcmJyQzZ0MHc/view. Acesso em 14 out. 2019.

COPASA (Belo Horizonte). **Água da chuva e esgoto não se misturam.** In: COPASA (Belo Horizonte). **Água da chuva e esgoto não se misturam.** Belo Horizonte: COPASA, 2013. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/copasa-orienta/conteudos/dicas-sobre-agua-de-chuva>. Acesso em: 23 out. 2019.

COSTA, Francisco Wendell Dias; PASSOS, Messias Modesto dos. A RESEX DO DELTA DO PARNAÍBA COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO SOCIOAMBIENTAL DO AMBIENTE COSTEIRO DO MARANHÃO. **I Congresso Nacional de Geografia Física**, Campinas, jun/jul 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1991>. Acesso em: 27 abr. 2019.

COSTA, Francisco Wendell Dias; PEREIRA, Paulo Roberto Mendes. GESTÃO SOCIOAMBIENTAL NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO MARANHÃO: CARACTERÍSTICAS, CONFLITOS E PERSPECTIVAS. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, 2018. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/5385>. Acesso em: 28 maio 2019.

DAE aumenta em 62% o abastecimento na Região do Cruzeiro Celeste: SÃO APROX. 3 MILHÕES DE LITROS DE ÁGUA A MAIS POR DIA BENEFICIANDO 22 BAIRROS. [S. l.]: DAE - João Monlevade, 2019. Disponível em: <http://www.daejoaomonlevade.com.br/post/948/dae-aumenta-em-62-o-abastecimento-na-regiao-do-cruzeiro-celeste>. Acesso em: 25 maio 2019.

DAE (João Monlevade). Tabela de Tarifas DAE - 2018. In: DAE (João Monlevade). **Tabela de Tarifas DAE - 2018.** João Monlevade: DAE, 2018. Disponível em: <http://www.daejoaomonlevade.com.br/posts/151>. Acesso em: 18 set. 2019.

DELUIZ, Neise; NOVICKI, Victor. Trabalho, meio ambiente e desenvolvimento sustentável: implicações para uma proposta de formação crítica. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 19-29, mai/ago 2004. Disponível em: <http://www.bts.senac.br/index.php/bts/article/view/516>. Acesso em: 17 maio 2019.

ELKINGTON, J. Enter the Triple Bottom Line. In: Henriques, Adrian; Richardson, Julie. **The Triple Bottom Line, Does It All Add Up?: Assessing the Sustainability of Business and CSR.** Ed., 2004; Earthscan Publications Ltd. 2004. cap. 1. p. 1-16. Disponível em: <http://kmhassociates.ca/resources/1/Triple%20Bottom%20Line%20a%20history%201961-2001.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

ENGEPLAS, “Consumo médio de água por pessoa/dia”. 2015. Disponível em: <http://www.engeplas.com.br/admin/file/CONSUMO%20DE%20AGUA.docx>. Acesso em: 25 set. 2019.

FAVRETTO, Carliana Rouse. **Captação da água da chuva para utilização na lavagem de veículos: Estudo de caso para o município de Pelotas - RS.** 2016. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, jul/set 2017. v. 14, nº 3, CADERNOSEBAPE.BR, 2017, Rio de Janeiro.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf>. Acesso em: 30 de set. 2016

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese de informações: João Monlevade.** 2010. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/joaomonlevade/panorama>>. Acesso em: 10 out. 2019

JARDIM, Carlos Henrique; SILVA, Marina Rozendo. EXTREMOS DE TEMPERATURA DO AR EM BELO HORIZONTE: VARIABILIDADE NATURAL E INFLUÊNCIA DO CLIMA URBANO. **Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo**, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.118036>. Acesso em: 15 mar. 2019.

JOÃO MONLEVADE. In: GOOGLE MAPS. Mountain View: Google, 2019. Disponível em: <https://goo.gl/maps/D5Atcx5GRxVD6NXr8>. Acesso em: 07 out. 2019.

_____. **Lei municipal Nº 1.833, de 17 de novembro de 2009.** Institui a tarifa social, estabelece normas para concessão de isenção de tarifa de água e esgoto e dá outras providências. João Monlevade, 2009. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1WZ8s2pu3BDAS5Y7zNn_uEB_oiR7904AO/view. Acesso em: 20 out. 2019.

KUMMU, Matti *et al.* The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. **Scientific reports**, [S. l.], 9 dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep38495>. Acesso em: 27 mar. 2019.

LEAL, Priscylla Lins. **Análise da Maturidade da Gestão Socioambiental Praticada pelo Grupo DUTOVIA RLAM do Pólo Camaçari – Aratu: suas contribuições e desafios.** 2013. Tese (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/16982>. Acesso em: 28 maio 2019.

LEANDRO, Luiz Alberto *et al.* O FUTURO DA GESTÃO SOCIOAMBIENTAL: UMA ANÁLISE CRÍTICA SOBRE A CRISE AMBIENTAL BRASILEIRA. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, [S. l.], mai/ago 2015. Disponível em: http://www.comunita.com.br/assets/22_artigo_geas_322.pdf. Acesso em: 26 maio 2019.

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. **Ambiente construído**, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

MARTINS, Fernando Mendes; MARQUES, Ramiro Souza. **ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA ESCOLA DE ENSINO BÁSICO GENERAL OSVALDO PINTO DA VEIGA DE CAPIVARI DE BAIXO - SC**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Sul da Santa Catarina, Tubarão, 2017. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3859/TCC%20Engenharia%20Civil%20Fernando%20Mendes%20e%20Ramiro%20Souza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MATTOS, Ana Sonia *et al.* APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS: ESTUDO DE CASO NA JARDINAGEM. **Ciência e Cidadania**, [s. l.], v. 1, ed. 1, p. 8-18, 2015. Disponível em: <http://periodicos.unibave.net/index.php/cienciaecidadania/article/view/17/12>. Acesso em: 28 set. 2019.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELO, Flávio José de *et al.* GESTÃO SOCIOAMBIENTAL EM INSTITUIÇÕES BANCÁRIAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE A LUZ DOS RELATÓRIOS ANUAIS DE SUSTENTABILIDADE. **Contabilidade Vista e Revista**, [S. l.], jan/abr 2017. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=197050605007>. Acesso em: 28 maio 2019.

MENDONÇA, Maria Lírida Calou de Araújo e; HOLANDA, Marcus Mauricius. **A Administração Pública Municipal como Fomentadora do Desenvolvimento Social e Econômico**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Direito) - UFSC, Florianópolis, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2016v37n74p207>. Acesso em: 26 mar. 2019.

MEYER, Sheila T.. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, Mar. 1994. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-11X1994000100011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 23 out. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1994000100011>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil). INMET. Normais Climatológicas do Brasil. In: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil). INMET. **Normais Climatológicas do Brasil**. Brasília: INMET, 2018. Período 1981-2010. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 10 out. 2019.

_____. INMET. Rede de Estações. In: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil). INMET. **Rede de Estações**. Brasília: INMET, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes>. Acesso em: 10 out. 2019.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo. RELATO DA OFICINA CALHA PET - CONSTRUÇÃO DE CALHAS DE GARRAFAS PET PARA APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA. **Seminário Internacional "Experiências de Agendas 21: Os desafios do nosso tempo"**, Ponta Grossa, p. 1-4, 14 jun. 2019. Disponível em: <http://www.eventos.uepg.br/seminariointernacional/agenda21parana/relatos/Relato01.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

_____. **CalhaPET – construção de calhas de garrafas PET para o reaproveitamento da água da chuva**. Curitiba. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/216890188_Calha_PET_-_Construcao_de_calhas_de_garrafas_PET_para_aproveitamento_da_agua_da_chuva. Acesso em: 16 out. 2019.

OLIVEIRA, Mateus Souza; ROSA, Rafael José Nogueira. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA RESIDÊNCIA. **Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas**, [S. l.], p. 1-17, 1 nov. 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/637>. Acesso em: 10 out. 2019.

PEREIRA, Gabriel *et al.* VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS NO PERÍODO DE 1981 A 2017. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/61028/36763>. Acesso em: 18 maio 2019.

PEREIRA, Leandro Roncato; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco Yuiti Morioka. **Viabilidade econômica/ ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m² de cobertura**. Goiânia, 2008. Disponível em:

PUPPIM DE OLIVEIRA, José Antônio. **Empresas na sociedade: sustentabilidade e responsabilidade social**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

REBOITA, Michelle Simões *et al.* CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PROJETADOS PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, ano 14, p. 110-128, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60524/36664>. Acesso em: 10 mar. 2019.

RIBEIRO, Paola Gonçalves *et al.* SISTEMA DE ABASTECIMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO DO ALOJAMENTO IAREM EM LAVRAS - MG. **Sustentare**, Três Corações, 2018. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/4941>. Acesso em: 4 mar. 2019.

ROCHA, Juliana D.; BURSZTYN, Maria Augusta. A importância da participação social na sustentabilidade do desenvolvimento local. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, [S. 1.], 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20435/interacoes.v7i11.496>. Acesso em: 25 maio 2019.

RODRIGUES, Luana Oliveira *et al.* Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco (Influence of El Niño and La Niña events on rainfall of Agreste Pernambuco). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1995-2009, 2017.

ROSÁRIO, Karla Karoline Leite do *et al.* APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS COMO ALTERNATIVA DE MELHORIA DA ATUAL SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. In: IX SBEA, 2017, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: [s. n.], 2017. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/xvенеeamb/075.pdf>. Acesso em: 7 maio 2019.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SEMPRE SUSTENTÁVEL (São Paulo-SP). PROJETO EXPERIMENTAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA COM A TECNOLOGIA DA MINICISTERNA PARA RESIDÊNCIA URBANA. In: SEMPRE SUSTENTÁVEL (São Paulo-SP). **PROJETO EXPERIMENTAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA COM A TECNOLOGIA DA MINICISTERNA PARA RESIDÊNCIA URBANA**. [S. 1.]: Edison Urbano, 2018. Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>. Acesso em: 7 ago. 2019.

SILVA, Esmeraldo David da; REBOITA, Michelle Simões. ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. 1.], jul/dez 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v13i0.33345>. Acesso em: 18 maio 2019.

SILVA, Marina Rozendo; JARDIM, Carlos Henrique. USO DA TERRA E VARIAÇÃO DA TEMPERATURA EM BELO HORIZONTE, SETE LAGOAS E IBIRITÉ (MINAS GERAIS). In: XII SBCG, 2016, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: [s. n.], 2016. Disponível em: [http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_2/trabalho%20\(39\).pdf](http://www.abclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_2/trabalho%20(39).pdf). Acesso em: 25 mar. 2019.

SILVA, Tiago José Jesus da; ALMEIDA, Fenelon Francisco de. Relações entre a variabilidade da precipitação pluviométrica e a produção agrícola no estado de Pernambuco entre 2000 e 2013. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, 2017. Disponível em: [dx.doi.org/10.25066/agrotec.v38i1.32402](https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i1.32402). Acesso em: 15 mar. 2019.

SOUZA, Luan Vinícius et al. ANÁLISE DOS EFEITOS DO EL NIÑO NO MUNICÍPIO DE AIMORÉS (MG). **Anais do Seminário Científico da FACIG**, n. 2, 2017.

Tabela de Tarifas DAE - 2018. [S. l.]: DAE - João Monlevade, [2018]. Disponível em: <http://www.daejoaomonlevade.com.br/posts/151>. Acesso em: 25 set 2019.

TAMIOSSO, Camila Ferreira *et al.* CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1218/1155>. Acesso em: 5 maio 2019.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto**. Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf. Acesso em: 29 abr. 2018

TOMINAGA, K.L.; Desastres Naturais: Por que ocorrem? In: **Desastres naturais: conhecer para prevenir** / Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosângela do Amaral (orgs.) –. São Paulo : Instituto Geológico, 2009. Disponível em: Acesso em: 14 out. 2019.

TUGOZ, Jamila El; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor; BRANDALISE, Loreni Teresinha. CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DA ÁGUA DAS CHUVAS: O CAMINHO PARA UMA ESCOLA SUSTENTÁVEL. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS**, [S. l.], 15 dez. 2017. Disponível em: <http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/396/pdf>. Acesso em: 5 maio 2019.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. **METODOLOGIA DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. [S. l.]: Unifei, 2012. E-book (191 p.).

ANEXO A – ARTIGOS DA RESOLUÇÃO CISAB

Art. 44 – Nos casos em que o imóvel conte com outras fontes alternativas de abastecimento de água, além da rede pública de abastecimento, será exigido pelo DAE – Departamento Municipal de Águas e Esgotos de João Monlevade para fins de estimativa do volume de esgotos produzidos, a instalação de hidrômetro no equipamento de extração ou recebimento de água, o qual deverá ser fornecido pelo USUÁRIO e aferido pelo DAE – Departamento Municipal de Águas e Esgotos de João Monlevade para fins de medição do consumo de água.

§1º – A utilização de fontes alternativas de água deverá possuir prévia autorização do DAE, bem como concessão ou licença (outorga) do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM.

§2º – Na hipótese do definido no caput, é dever do USUÁRIO permitir ao DAE – Departamento Municipal de Águas e Esgotos de João Monlevade, acesso à unidade usuária e suas instalações para leitura do hidrômetro, quando a medição remota for tecnicamente inviável (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 21).

Art. 52 – São vedados:

I – O despejo de águas pluviais em derivações prediais de esgotamento sanitário, sob pena de aplicação de multa e sanções, conforme este Regulamento (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 22).

Art. 97 – Os imóveis com outras fontes alternativas de abastecimento de água e conectados ao sistema público de coleta de esgotos terão a apuração dos volumes consumidos através de hidrômetros fornecidos pelo USUÁRIO. O volume medido será base para as cobranças relativas à coleta, afastamento e tratamento dos esgotos (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 35).

Art. 119 – Não serão admitidos nas redes coletoras de esgotos sanitários efluentes que contenham substâncias que, por sua natureza, possam danificá-las, ou que interfiram nos processos de depuração da estação de tratamento de esgoto, ou que possam causar dano ao meio ambiente, ao patrimônio público, ou a terceiros, tais como:

I. O despejo de águas pluviais nas instalações prediais de esgotos sanitários;

II. Gases tóxicos ou substâncias capazes de produzi-los;

III. Substâncias inflamáveis ou que produzam gases inflamáveis;

IV. Resíduos e corpos capazes de produzir obstruções (trapos, lã, estopa, pelo, entre outros);

V. Substâncias que, por seus produtos de decomposição ou combinação, possam produzir obstruções ou incrustações nas canalizações de esgotos sanitários;

VI. Resíduos provenientes da depuração dos despejos industriais (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 41).

Art. 129 – Para todas as categorias, a tarifa de coleta de esgotos será proporcional a 30 % (trinta por cento por extenso) da tarifa de água, multiplicada pelo volume de água medido, o qual também deverá contemplar o volume de água de fontes alternativas de abastecimento (CONSÓRCIO

INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 44).

Art. 130 – Sem prejuízo da aplicação das tarifas de consumo estabelecidas para as diversas categorias, será cobrada tarifa de coleta e afastamento de esgoto por metro cúbico de água proveniente de fontes alternativas de abastecimento de água, de acordo com a Tabela de Serviços, Preços e Prazos de Execução vigente, nas situações abaixo:

I. Para as ligações de imóveis de pessoas físicas ou jurídicas que se utilizarem de fontes alternativas de abastecimento de água e/ou de captação de cursos d'água, exceto poços rurais, cujas instalações estejam ligadas à rede pública de esgotamento sanitário, ou

II. Para ligações industriais que se utilizarem de fontes alternativas de abastecimento de água e/ou de captação de cursos d'água, com hidrômetros instalados e lidos pelo DAE – Departamento Municipal de Águas e Esgotos de João Monlevade e cujas instalações estejam ligadas à rede pública de esgotamento sanitário (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 45).

Art. 143 – Para fazerem jus à isenção da tarifa normal de água e esgotos nos termos desta Lei, os consumidores deverão ser cadastrados no DAE com a emissão da conta mensal em seu nome (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 49).

Art. 182 – Constitui Infração passível de aplicação de penalidades Média, Grave e Gravíssima, previstas neste Regulamento de Serviços e no Contrato de Adesão a prática pelo USUÁRIO, proprietário ou locatário da unidade usuária, de qualquer das seguintes ações ou omissões:

VIII. Lançamento de águas pluviais nas instalações ou coletores prediais de esgotos sanitários; (Infração média);

XIX. Lançamento de esgoto nas instalações ou coletores de águas pluviais; (Infração grave);

XX. Lançamento de águas pluviais nas instalações de esgoto; (Infração grave) (CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO REGIÃO CENTRAL, 2017, p. 61).



TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Análise de Viabilidade e Sustentabilidade do Uso de Água Pluvial em Bairro de Classe Econômica Baixa na Cidade de João Monlevade” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 17 de dezembro de 2019.

João Paulo Curvelo Cabanas

Nome do Aluno (a)