



Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental

ELIAS VASCONCELOS REZENDE

**CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E POTENCIAL DE USO DE ÁGUAS PLUVIAIS
NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - CAMPUS FLORESTAL/MG**

BAMBUÍ - MG

2019

ELIAS VASCONCELOS REZENDE

**CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E POTENCIAL DE USO DE ÁGUAS PLUVIAIS
NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - CAMPUS FLORESTAL/MG**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação. Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG/Campus Bambuí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni

BAMBUÍ - MG

2019

BIOGRAFIA

Discente: ELIAS VASCONCELOS REZENDE

Filiação: Adélio Vasconcelos Rezende e Maria José Vasconcelos

Naturalidade: Pará de Minas Estado: MG

Data de nascimento: 22/05/1965

INFORMAÇÕES ESCOLARES:

Ensino Médio: Assistente de Administração Universidade Federal de Viçosa Período: 1983 a 1985

Técnico em Agropecuária Universidade Federal de Viçosa Período: 1991 a 1992

Curso Superior: Graduação em Administração Universidade Federal de Viçosa Período: 2006 a 2010
Título: Um estudo do Clima Organizacional da Escola Municipal.
Orientadora: Telma Regina da Costa Guimarães Barbosa.

- Curso de Aperfeiçoamento: Curso de Vigilante Postulado. Ano : 1996
Departamento de Polícia Federal, DPF, Brasil.

- Curso de Especialização: Marketing e Gestão Estratégica Universidade Cândido Mendes Período: 2011 a 2012
Título: A Importância da Estratégia no Marketing.
Orientador: Leonardo Eustáquio Siqueira Araújo.

Experiência profissional: Diretor de Assuntos Comunitários Universidade Federal de Viçosa - *Campus* Florestal Período: 2015 a 2019



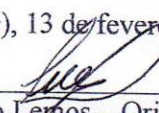
FICHA DE APROVAÇÃO

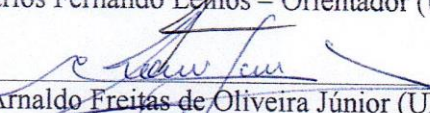
Dissertação de Mestrado, intitulada “CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS: Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal/MG”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Elias Vasconcelos Rezende**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 13/02/2019, com a média de pontuação de 87.

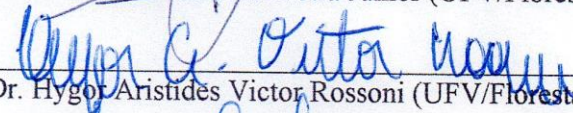
Título do Trabalho – houve alteração Sim () Não

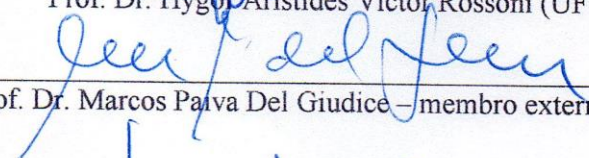
Se sim, qual o título CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E POTENCIAL DE
ÁGUAS PLUVIAIS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA:
Campus Florestal, MG.

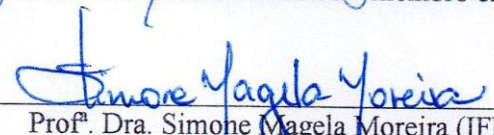
Florestal (MG), 13 de fevereiro de 2019.


Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos – Orientador (UFV/Florestal)


Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior (UFV/Florestal)


Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni (UFV/Florestal)


Prof. Dr. Marcos Paiva Del Giudice – membro externo (UFV/Florestal)


Prof.ª. Dra. Simone Magela Moreira (IFMG/Bambuí)
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia
Ambiental do IFMG – Campus Bambuí

R467c Rezende, Elias Vasconcelos.

Captação, armazenamento e potencial de uso de águas pluviais na Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal/MG.* / Elias Vasconcelos Rezende. – Bambuí, 2019.

119 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2019.

1. Água pluvial – captação. 2. Água pluvial – armazenamento. 3. Águas pluviais – legislação. I. Lemos, Carlos Fernando. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 628.1

À minha esposa Ana Cláudia, às minhas filhas Pâmela, Mariana e Juliana, aos meus pais Adélio e Maria, e aos meus irmãos Elizabeth, Edmilson, Aparecida e Rosilene.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelas bênçãos e conquistas.

Não poderia deixar de mencionar algumas pessoas especiais que fizeram parte direta ou indiretamente da realização deste Mestrado que ora se conclui:

À minha amada esposa Ana Cláudia, por abraçar meu projeto de vida, tendo me apoiado incondicionalmente durante os estudos. Soube compreender minha ausência, dando suporte à família, possibilitando-me a tranquilidade necessária para concluir este Mestrado com êxito.

Também cito minhas três filhas, Pâmela, Mariana e Juliana. Ainda que, pela idade não possam compreender minhas ausências nos finais de semana, saberão no futuro que tudo isso foi necessário para que eu pudesse realizar um sonho pessoal e poder melhorar nossas vidas.

Ao meu pai de 83 anos, Adélio Vasconcelos Rezende, que infelizmente está acamado há 03 anos, e à minha mãe Maria José Vasconcelos, uma mulher guerreira. Ambos me fortaleceram e inspiraram na minha caminhada para chegar até aqui, aos meus irmãos, Elizabeth, Edmilson, Aparecida e Rosilene, e também minha sobrinha Raíra.

Ao meu orientador Professor Doutor Carlos Fernando Lemos pelas orientações precisas durante todas as fases do projeto, pelo profissionalismo e sabedoria ao tirar minhas dúvidas, e principalmente pela enorme paciência para comigo durante todo o projeto, que contribuíram muito para o desenvolvimento deste estudo e conclusão do Mestrado.

A todos os Professores do IFMG – *Campus* de Bambuí, com os quais aprendi muito durante meus estudos. Em especial, agradeço aos Professores Doutor Hygor Aristides Victor Rossoni e Doutor Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior; bem como ao servidor Ronaldo dos Reis Barbosa, que trabalha na secretaria do IFMG – *Campus* de Bambuí. Externo meu sincero apreço e respeito.

A todos os colegas do curso de Mestrado, pela oportunidade de convivência, troca de experiências e muito aprendizado.

Faço meu agradecimento também, ao Professor Doutor Antônio César Pereira Calil, e ao meu colega Rogério Torres Duarte, pelo grande apoio dedicado ao desenvolvimento do projeto de pesquisa.

A todos, muito obrigado!

“O Brasil é a parte do planeta mais bem-dotada ecologicamente. Têm as maiores florestas úmidas, maiores quantidades de água e maior porcentagem de terrenos agriculturáveis no planeta. Mas não têm consciência de sua riqueza”.

(Leonardo Boff)

RESUMO

REZENDE, Elias Vasconcelos. **Captação, armazenamento e potencial de uso de águas pluviais na Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal/MG.** Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2019. 119p.

Esse trabalho busca estudar a utilização de recursos hídricos, analisando potencialidades e limitações no que tange a sua escassez, o que tem sido objeto de estudo no Brasil e no mundo. Sob essa perspectiva, esse estudo evidencia o projeto de captação, armazenamento e potencial de uso de águas pluviais na Universidade Federal de Viçosa - *Campus Florestal/MG*. E pensando na importância vital que tem a água, e por se tratar de uma Universidade Federal de Ensino, Pesquisa e Extensão, entende-se que este projeto tem uma grande dimensão prática e educativa, que gerará um impacto positivo para a comunidade acadêmica e a sociedade em geral. O objetivo principal deste estudo consiste no desenvolvimento de um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais para utilização com fins não potáveis no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*. Para tal, foram realizados os cálculos da capacidade de armazenamento ideal dos reservatórios das águas pluviais, utilizando-se os métodos de Rippl, Simulação, Azevedo Neto ou Prático Brasileiro, Prático Alemão e o Inglês, e para mensuração do tempo de retorno do capital investido, optou-se pelo método Payback. Apresentaram resultados consideráveis quanto à captação e armazenamento da água pluvial, análises físico-química e microbiológica da água armazenada, constatando que a mesma é de boa qualidade para ser utilizadas para fins não potáveis, e demonstrando também a capacidade ideal do reservatório para armazenamento de águas pluviais. E por fim, para que haja o desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, é necessário que exista harmonização entre o desenvolvimento econômico, a preservação ambiental, a justiça social, a qualidade de vida e o uso racional dos recursos naturais, principalmente a água.

Palavras-chave: Águas pluviais, desenvolvimento sustentável, recursos naturais.

ABSTRACT

REZENDE, Elias Vasconcelos. **Capture, storage and potential of rainwater use at the Federal University of Viçosa - *Campus Florestal* / MG.** Bambuí: IFMG *Campus Bambuí*, 2019. 119p.

This work seeks to study the use of water resources, analyzing potentialities and limitations regarding its scarcity, which has been the object of study in Brazil and in the world. From this perspective, this study evidences the project of capture, storage and potential for rainwater use at Universidade Federal de Viçosa- *Campus Florestal*/MG. And thinking about the vital importance of water, and because it is a Federal university of teaching, research and extension, it is understood that this project has a large practical and educational dimension, which will generate a positive impact to the academic community and society in general. The main objective of this study is the development of a rainwater harvesting and storage system for use for non-potable purposes in the fruticulture sector of the Universidade Federal de Viçosa- *Campus Florestal*. Calculations of the ideal storage capacity of rainwater reservoirs were performed using the methods of Rippl, simulation, Azevedo Neto or practical Brazilian, practical German and English, and to measure the return time of capital Invested, the Payback method was chosen. They presented considerable results regarding the capture and storage of rainwater, physical-chemical and microbiological analyses of the stored water, noting that it is of good quality to be used for non-potable purposes, and also demonstrating the optimal capacity of the reservoir for rainwater storage. Finally, for sustainable development and sustainability, there is a need for harmonization between economic development, environmental preservation, social justice, quality of life and the rational use of natural resources, especially water.

Keywords: stormwater, sustainable development, natural resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Disponibilidade de água no planeta (em percentual)	20
Figura 02 - Consumo de água no Brasil	21
Figura 03 - Esquema de captação dos Mayas (Chultun)	28
Figura 04 - Ciclo hidrológico	34
Figura 05 - Cenário mundial previsto pela ONU para o ano de 2030	53
Figura 06 - Vista aérea da parte central da UFV – <i>Campus Florestal</i>	56
Figura 07 - Vista aérea da cidade de Florestal – MG.....	57
Figura 08 - Média das normais climatológicas de Florestal (1981 a 2010).....	58
Figura 09 - Localização geográfica dos poços artesianos da UFV – <i>Campus Florestal</i> ...	59
Figura 10 - Consumo anual e máximo de água da UFV – <i>Campus Florestal</i> , em 2017....	61
Figura 11 - Primeiros experimentos de captação das águas pluviais.....	62
Figura 12 - Vista aérea do Setor de Fruticultura da UFV- <i>Campus Florestal</i>	64
Figura 13 - Planta do telhado do prédio principal do Setor de Fruticultura.....	65
Figura 14 - Planta baixa do Prédio Principal do Setor de Fruticultura.....	66
Figura 15 - Foto do prédio principal do Setor de Fruticultura.....	67
Figura 16 - Foto do prédio principal e do viveiro de mudas do Setor de Fruticultura	68
Figura 17 - Área escolhida para a construção da base para instalação dos reservatórios..	68
Figura 18 - Foto dos materiais de construção adquiridos.....	70
Figura 19 - Início da obra para construção da base para instalação dos reservatórios.....	71
Figura 20 - Finalização da obra da base para instalação dos reservatórios.....	72
Figura 21 - Materiais para instalações hidráulicas.....	74
Figura 22 - Reservatório de água com capacidade para 10.000 litros.....	75
Figura 23 - Fotos dos filtros de água pluvial autolimpante.....	76
Figura 24 - Sistema de filtragem de impurezas em funcionamento.....	77
Figura 25 - Interligação entre os reservatórios e a saída do excedente de água.....	78
Figura 26 - Fotos das tubulações do prédio principal.....	78
Figura 27 - Finalização da instalação do projeto	79
Figura 28 - Resultado pluviométrico.....	87
Figura 29 - Foto da análise química da água armazenada.....	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Disponibilidade hídrica mundial por região.....	24
TABELA 02 - Valores de C de diferentes autores, para diferentes materiais.....	41
TABELA 03 - Demanda interna e externa de água não potável em uma residência.....	42
TABELA 04 - Normais climatológicas (1981-2010) de Florestal – MG	57
TABELA 05 - Poços artesianos.....	59
TABELA 06 - Consumo de água da UFV – <i>Campus</i> Florestal em 2017.....	60
TABELA 07 - Materiais utilizados para construção da base para os dois reservatórios....	69
TABELA 08 - Mão de obra para construção da base para os reservatórios.....	69
TABELA 09 - Lista de materiais hidráulicos para instalação do projeto.....	73
TABELA 10 - Mão de obra de bombeiro hidráulico para instalação do projeto.....	73
TABELA 11 - Dados técnicos do projeto.....	80
TABELA 12 - Cálculo pelo Método de Rippl.....	81
TABELA 13 - Cálculo pelo Método da Simulação.....	82
TABELA 14 - Cálculo pelo Método Azevedo Neto ou Método Prático Brasileiro.....	84
TABELA 15 - Cálculo pelo Método Prático Alemão.....	85
TABELA 16 - Cálculo pelo Método Inglês.....	86
TABELA 17 - Cálculo da capacidade média de armazenamento de águas pluviais.....	86
TABELA 18 - Resultados das duas análises das águas pluviais armazenadas.....	93
TABELA 19 - Custo total do projeto.....	95
TABELA 20 - Tarifas do custo da água aplicáveis aos usuários no ano 2018.....	96
TABELA 21A - Valor do investimento, da água, consumo diário e a inflação anual	97
TABELA 21B - Cálculo da economia mensal de reuso da água pluvial.....	97
TABELA 21C - Tabela relativa ao custo da água para Instituições Públicas.....	98
TABELA 21D - Tabela do Payback Descontado.....	98
TABELA 22 - Tempo necessário para o retorno do capital investido para 13 anos.....	99
TABELA 23A - Valor do investimento, da água, consumo diário e a inflação anual.....	100
TABELA 23B - Cálculo da economia mensal de reuso da água pluvial.....	100
TABELA 23C - Tabela da COPASA/MG para Instituições Públicas.....	100
TABELA 23D - Tabela do Payback Descontado.....	101
TABELA 24 - Tempo necessário para o retorno do capital investido para 16 anos.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Associação Nacional das Águas
ASA	Articulação no Semi-árido Brasileiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CRNH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
EMAF	Escola Média de Agricultura de Florestal
ETA	Estação de Tratamento de Água
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Km	Quilômetros
Km ²	Quilômetros quadrados
L	litros
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
MESA	Ministério Extraordinário de Segurança Alimentar e Combate à Fome
MG	Minas Gerais
mg	Miligramas
mm	Milímetros
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organizações das Nações Unidas
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas

PAYBACK	Período de Recuperação de Investimento
SESAN	Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
SIPAM	Sistema Integrado de Proteção de Mananciais
TIR	Taxa Interna de Retorno
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
UREMG	Universidade Rural do Estado de Minas Gerais
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1. A importância da água no mundo	19
3.2. A escassez da água.....	22
3.3. O aproveitamento cronológico das águas pluviais no planeta Terra.....	24
3.4. O aproveitamento das águas pluviais no Brasil	28
3.5. O aproveitamento da água em Florestal/MG	30
3.6. Ciclo hidrológico.....	33
3.7. Interferências antrópicas no ciclo hidrológico.....	37
3.8. Dimensionamento do reservatório para o armazenamento de águas pluviais.....	39
3.9. Modelos de dimensionamento de reservatórios.....	43
3.10. Legislação sobre o aproveitamento da água pluvial.....	48
3.11 Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade.....	51
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.1 Contextualização da pesquisa.....	54
4.2 A Universidade Federal de Viçosa - <i>Campus</i> Florestal.....	54
4.3 Caracterização da área de estudo	56
4.4 Análise pluviométrica da cidade de Florestal-MG.....	57
4.5 Uso da água na UFV - <i>Campus</i> Florestal.....	58
4.6 Experimentos preliminares.....	61
4.7 Instalação do sistema de coleta das águas pluviais.....	63

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	80
5.1 Cálculos dos reservatórios para o armazenamento da água coletada.....	80
5.2 Início do funcionamento do projeto.....	87
5.3 Análise físico-química e microbiológica da água.....	88
5.4 Análise da viabilidade econômica.....	94
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
6.1 Recomendações.....	103
6.2 Limitações da pesquisa.....	104
6.3 Sugestões para futuras pesquisas.....	104
6.4 Conclusão.....	105
7. REFERÊNCIAS	106
APÊNDICES.....	115
Apêndice A – Resultado das análises físico - química e microbiológica (08/03/2018)	115
Apêndice B – Conclusão das análises físico - química e microbiológica (08/03/2018)	116
Apêndice C – Resultado das análises físico - química e microbiológica (12/09/2018)	117
Apêndice D – Conclusão das análises físico - química e microbiológica (12/09/2018)	118

1 INTRODUÇÃO

Essa pesquisa busca estudar a utilização de recursos hídricos, analisando potencialidades e limitações no que tange a sua escassez o que tem sido objeto de estudo no Brasil e no mundo. Marcondes (2008) ressalta que da água existente no planeta, 97,5% são salgadas e provenientes de mares e oceanos; 2,5% são de água doce, sendo que desse montante de água doce, 68,9% encontram-se nas calotas polares, geleiras e neves; 0,9% respondem pela umidade do solo e pelo líquido contido nos pântanos, e os 29,9% restantes estão disponíveis em aquíferos subterrâneos.

Sob essa perspectiva, constata-se que o Brasil detém cerca de 13% de toda água doce superficial do planeta, porém sofre com a má distribuição desta, uma vez que aproximadamente 81% deste percentual está localizado na Amazônia – a qual detém menos de 5% de toda população brasileira – e o restante, aproximadamente 19%, está localizado nas demais regiões do país, que concentram 95% da população. Dentre as regiões, a nordeste e a sudeste possuem as menores parcelas desse percentual, e são responsáveis por abastecer cerca de 70% da população brasileira, caracterizando um exemplo claro da má gestão desse recurso pelos órgãos responsáveis (ANA, 2015).

Segundo Moraes (2002), a situação referente à escassez hídrica se agrava com o crescimento acelerado da população urbana e da industrialização, provocando transtornos inerentes à utilização de recursos hídricos em termos de qualidade e quantidade e na capacidade de proteção ambiental de muitos municípios. Essa situação contribui acentuadamente para o quadro de escassez de água e poluição provocados, pelas descargas de resíduos poluentes e pela exploração excessiva dos recursos hídricos disponíveis, o que vem acarretando em diversos conflitos entre os usuários dos recursos hídricos.

Dessa forma, esses conflitos surgem por meio dos diversos usos de água que são advindos por meio de restrições da utilização do solo em áreas urbanas e rurais. Faz-se, então, necessário criar alternativas e estratégias visando diminuir as demandas por água de abastecimento, tais como: i) controle de perdas físicas nos sistemas de abastecimentos; ii) o reuso de águas; iii) técnicas de coleta de água pluvial e iv) adoção de procedimentos para que haja economia, podendo envolver a utilização de peças sanitárias econômicas, ações

educativas e o uso de instrumentos econômicos de incitação à redução de consumo (NASCIMENTO, 2005).

Rezende (2010) defende que dessa forma, há grande necessidade de novas técnicas de aproveitamento de água, considerando o mau uso dos recursos naturais que provocam a escassez dos recursos hídricos.

Marinosk (2008) propõe que com sistemas de captação de água pluvial em áreas urbanas é possível diminuir consideravelmente o volume de água lançado na rede pluvial e, com isso, minimizar alagamentos e problemas de falta de água e preservar o meio ambiente para evitar a escassez dos recursos hídricos. Nesse sentido, Scherer (2003), considera que os edifícios escolares são estruturas com potencial para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis, os quais, geralmente apresentam grande área de captação. Isso porque a água sendo um bem insubstituível, sem a sensibilização de todos em relação a seu uso racional e a sua preservação, tornar-se-á um recurso cada vez mais escassa, principalmente em termos de qualidade.

Atualmente as políticas públicas têm estimulado as empresas privadas, por meio de incentivos fiscais, a adotarem uma política de responsabilidade ambiental, buscando a otimização de ecossistemas melhor protegidos e gerenciados. Esse processo educativo é ainda incipiente frente aos desafios do desperdício e da má utilização dos recursos hídricos.

Avaliando esse contexto, permeado de avanços e retrocessos, foi desenvolvida a presente pesquisa, a qual buscou-se por um investimento financeiro eficaz e sustentável, a fim de promover economia de água e consequentemente financeira, o que atende as expectativas do público da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal e do seu entorno, podendo ainda ser replicado em outras comunidades, com demandas similares, mediante diagnósticos socioambientais e financeiros.

Este trabalho visa colaborar com uma parte da solução para minimizar não só a escassez de água, mas também incentivar a comunidade universitária a propor alternativas que contribuam para a conquista de metas ecologicamente corretas para que se possa viver melhor no presente e que as futuras gerações tenham uma qualidade de vida superior.

Além disso, esse trabalho poderá servir de referência para outras instituições de ensino, como os Institutos Federais de Minas Gerais em especial o IFMG - *Campus* Bambuí que interessarem na implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais para utilização com fins não potáveis no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*.

2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral do estudo seja alcançado, tornou-se necessário o estabelecimento dos seguintes objetivos específicos:

1. Realizar o estudo climatológico de precipitação da região de Florestal – MG, com intuito de verificar o potencial de captação de águas pluviais em todo o *Campus* da UFV- Florestal;
2. Dimensionar o sistema de captação e calcular o volume ideal dos reservatórios de armazenamento das águas pluviais;
3. Mensurar a viabilidade econômica e técnica do sistema de captação de águas pluviais;
4. Propor formas de reuso não potáveis para águas pluviais, tais como: irrigar as mudas frutíferas da estufa, lavar ferramentas, implementos, janelas e passeio dos prédios do Setor de Fruticultura da UFV – *Campus Florestal*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A importância da água no mundo

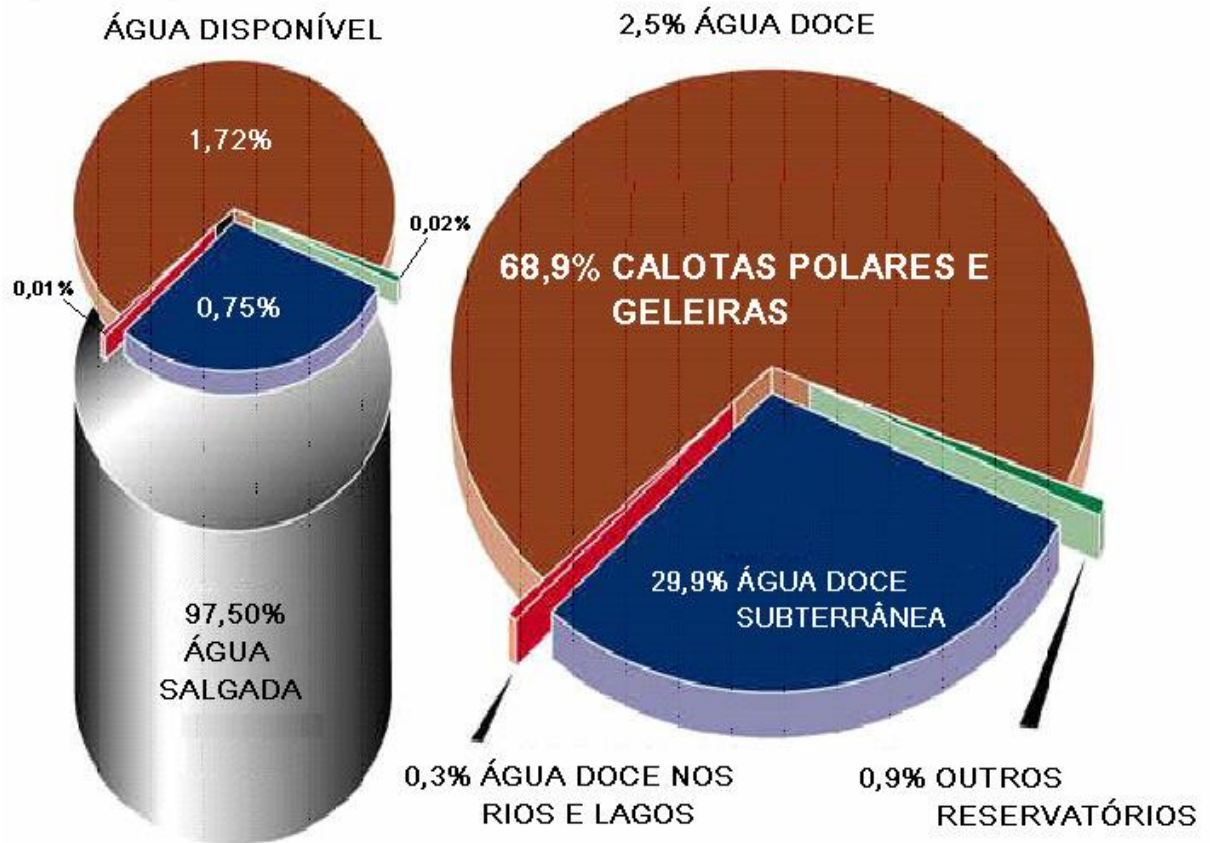
De partida, é importante destacar que “o termo água refere-se a um elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização, já o termo recurso hídrico consiste na consideração da água como bem econômico passível de utilização para um determinado fim” (REBOUÇAS, 1999). Assim, é possível afirmar que os rios, lagos, aquíferos e outras fontes de água, tais como as águas de chuva são recursos hídricos.

Na visão de Fernandes, Neto e Mattos (2007) todos os recursos hídricos pensados como forma de economizar água se fazem cada vez mais necessários devido à progressiva escassez do recurso natural.

A água doce não está distribuída uniformemente pelo planeta. Sua distribuição depende essencialmente dos ecossistemas que compõem o território de cada país. Segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, na América do Sul encontra-se 26% do total de água doce disponível no planeta e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático possui 36% do total de água e abriga 60% da população mundial (BRASIL, 2005).

A água ocupa aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta, mas 97,5% da água do planeta são salgadas. Da parcela de água doce, 68,9% encontram-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos, e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (Figura 01).

Figura 01 - Disponibilidade de água no planeta (em percentual)

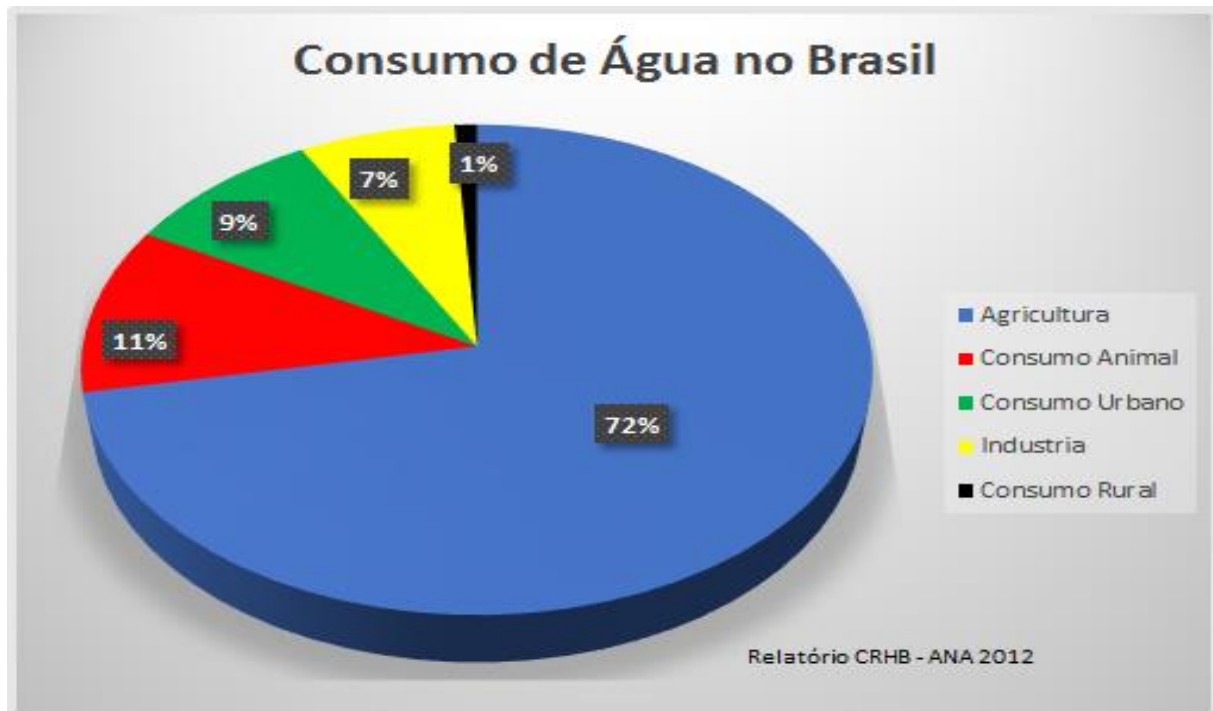


Fonte: Adaptado de Tundisi (2003).

Mesmo apresentando apenas uma pequena parcela doce e de fácil acesso, se a água fosse adequadamente utilizada e seu ciclo natural fosse respeitado, por sua capacidade de regeneração e reposição, não perderia qualidade e se encontraria disponível para consumo, sem necessidade de preocupação. O alerta mostra que o homem, através de seu entendimento da água enquanto bem de propriedade comum, vem tornando-a imprópria e escassa (BARROS, 2008).

No Brasil, a exemplo de outros países, a maior demanda por água é da agricultura, especialmente a irrigação, com 72% de toda a demanda (Figura 02).

Figura 02 - Consumo de água no Brasil



Fonte: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Agência Nacional de Águas (2012).

Entretanto, aproximadamente 93% dos quase 3 milhões de hectares irrigados utilizam métodos pouco eficientes em termos de utilização da água. (REBOUÇAS, 2003).

O consumo diário de água é muito variável ao redor do globo. Além da disponibilidade do local, o consumo médio de água está relacionado com o nível de desenvolvimento do país e com o nível de renda dos indivíduos. Uma pessoa necessita de, pelo menos, 40 litros de água por dia para beber, tomar banho, escovar os dentes, lavar as mãos, cozinhar, etc. Dados da ONU apontam que um europeu, que tem em seu território 8% da água doce no mundo, consome em média 150 litros de água por dia, enquanto que um indiano consome 25 litros por dia (MMA, 2005).

Em uma residência, o consumo de água é influenciado por diversos fatores, tais como o clima da região, a renda familiar, o número de habitantes, as características culturais da comunidade e a forma de gerenciamento do sistema de abastecimento, que englobam a micromedição e o valor da tarifa. Estima-se um consumo médio de água nas residências de 200 l/hab./dia, com grandes oscilações, que podem ir de 50 l/hab./dia a 600 l/hab./dia (TSUTIYA, 2005).

Nas residências, o desperdício também é uma realidade. A água é má utilizada e desperdiçada dentro das próprias casas, muitas vezes em virtude do desconhecimento, da falta de orientação e de informação dos cidadãos (ANNECCHINI, 2005).

Pode-se dividir o consumo residencial em dois grupos: os que demandam de água potável, como a higiene pessoal, água para beber e na preparação de alimentos e os não potáveis, como a lavagem de roupas, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e veículos e na descarga da bacia sanitária, sendo que a água utilizada para os fins não potáveis, em média, significa 40% do total da demanda residencial (REBELO, 2006).

Segundo Anneccchini (2005) ao citar Terpstra (1999), os propósitos e aplicações da água dentro de uma residência podem ser separados em quatro categorias: higiene pessoal, descarga de banheiros, consumo e limpeza.

A busca por uma sociedade sustentável passa, necessariamente, pela educação ambiental e pela mudança de hábitos e conceitos da população, como o de carrear os dejetos com água tratada e clorada. Uma das tentativas para a solução do problema da água é a reformulação do sistema de abastecimento de água atual, que utiliza água potável para todos os fins, tanto para higiene pessoal quanto para lavar calçada e para carrear dejetos (ANNECCHINI, 2005).

3.2 A escassez da água

Segundo Wwap (2016), a escassez da água é o resultado da combinação da variabilidade hidrológica e do elevado uso humano, que pode ser amenizada com trabalhos de infraestruturas de armazenamento. A falta de água já é uma realidade nos dias de hoje em nossas cidades e até no meio rural. Essa ameaça se agrava a cada dia, podendo até inviabilizar a nossa existência. Os efeitos na qualidade e quantidade da água disponível, relacionados com o crescimento da população e com a falta de planejamento para o uso e reuso da água disponível para os moradores principalmente nas grandes cidades podem ocasionar a escassez da água. As cidades menores já estão sentindo esse reflexo.

Atualmente diversos países enfrentam o problema da escassez da água, em consequência da poluição dos recursos hídricos, do crescimento populacional e industrial, da falta de manejo e de usos sustentáveis dos recursos naturais, desenvolvimento desordenado

das cidades, da desigualdade social e da falta de políticas públicas para o gerenciamento da água, que é um elemento essencial para a sobrevivência de todas as espécies que habitam a Terra.

Outro fator importante, também relacionado com os recursos hídricos, é a desigualdade com que esse se distribui nas regiões do mundo e até mesmo no Brasil. Segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância - UNICEF e a Organização Mundial da Saúde – OMS, no ano de 2005 quase a metade da população mundial (2,6 bilhões de pessoas) não contava com serviço de saneamento básico, e uma em cada seis pessoas (cerca de 1,1 bilhão de pessoas) ainda não possuía sistema de abastecimento de água adequado. As projeções da Organização das Nações Unidas indicam que, se a tendência continuar, em 2050 mais de 45% da população do mundo estará vivendo em escassez de água. Os países não poderão manter a cota diária mínima de 50 litros de água por pessoa. Seguindo esses dados, em 2000, os 189 países membros da ONU assumiram, como uma das metas de desenvolvimento do milênio, reduzir à metade a quantidade de pessoas que não tem acesso à água potável e saneamento básico até 2015 (MMA, 2005).

Ainda, Wwap (2016) destaca que, entre 2011 e 2050, é estimado que a população mundial crescerá 33% (aumentando de 7 bilhões para 9,3 bilhões de pessoas) enquanto a demanda por alimento aumentará para 60%. Estima-se também que a população das áreas irá praticamente dobrar, subindo de 3,6 bilhões, em 2011, para 6,3 bilhões em 2050.

Segundo OPAS/CEPIS (2002), a escassez hídrica se caracteriza quando um país dispõe de menos de 1.000 m³/pessoa/ano de água. Contudo, se essa disponibilidade estiver entre 1.000 e 1.700 m³/pessoa/ano, esses valores indicam que há uma “tensão hídrica”. Países como o Haiti e o Peru já sofrem tal tensão.

A Tabela 01, adaptada de Tomaz (2003), apresenta a produção hídrica mundial por região, na qual se observa que a América do Sul detém 23,1% da vazão média mundial, sendo somente superada pela Ásia com 31,6%. Aproximadamente 53% da vazão média disponível na América do Sul pertencem ao Brasil, e isso, em relação à produção hídrica mundial, corresponde a 12%. Contudo, a má distribuição hídrica e populacional brasileira contribui para a escassez desse recurso.

TABELA 01 - Disponibilidade hídrica mundial por região

Regiões do Mundo	Vazão Média (m³/s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100,0

Fonte: Adaptado de TOMAZ (2003).

A necessidade de preservação e uso racional da água é notória e fundamental à vida. Melhorias na eficiência do uso da água são consideradas primordiais para solucionar e amenizar a projeção de que, em 2030, haverá um déficit de 40% entre a procura e a disponibilidade de água (ONU, 2015).

3.3 O aproveitamento cronológico das águas pluviais no planeta terra

O aproveitamento da água pluvial é feito desde a antiguidade. O primeiro registro que se tem do uso da água pluvial é em pedra Mohabita, encontrada na antiga região de Moab, perto de Israel, datada de 830 a.C., com inscrições de determinações do rei Mesa para que em cada casa fosse construída uma cisterna para uso próprio (GNADLINGER, 2000).

A cisterna mais antiga é provavelmente a de Istambul, na Turquia, construída durante o Império Romano, com capacidade de 80.000 m³ para água proveniente das chuvas. Na África, o registro mais antigo é encontrado no norte do Egito, com cisternas cuja capacidade de armazenamento está entre 200 e 2.000 m³, sendo que muitas ainda se encontram em operação (WERNECK, 2006).

No Planalto de Loess, na China (Província de Ganzu), existiam cacimbas e cisternas subterrâneas, revestidas de argila vermelha impermeável, para coleta de água pluvial há mais

de dois mil anos, sendo naquela época fundamentais para a sobrevivência da população. Nessa mesma época, no deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, foi encontrado um sistema integrado de manejo de água pluvial para a agricultura (WERNECK, 2006).

Existem relatos do uso da água pluvial por vários povos, como os Incas, os Maias e os Astecas. No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta da água pluvial, sendo a água armazenada em cisternas com capacidade de 20 a 45 m³, chamadas de Chultuns pelos Maias (GNADLINGER, 2000).

Na cidade de Tomar, em Portugal, ainda existem cisternas construídas no ano 1160 com capacidades de até 215 m³, como a da Fortaleza dos Templários. Durante a colonização portuguesa, foram construídas cisternas em diversas partes do mundo. No Brasil, têm-se registros da existência de cisternas no século XVIII em Santa Catarina, na Fortaleza de Santo Antônio de Ratonas, onde a água pluvial era captada dos telhados e conduzida até a cisterna para o consumo das tropas do império (PETERS, 2006).

Em Cabo Verde, as cisternas surgiram após 1462, período em que se iniciou o povoamento das ilhas com escravos trazidos da África continental e com membros da coroa portuguesa que começaram a explorar o arquipélago.

A prática da coleta de águas pluviais é comum em diversas regiões, principalmente em zonas áridas e semiáridas do mundo, onde a escassez se faz sentir de forma mais presente. Em zonas com precipitações reduzidas e distribuídas de forma irregular, tem-se utilizado a captação da água pluvial para o fornecimento de água para consumo humano (GNADLINGER, 2007; QIANG, 2009; TAVARES, 2009).

Os séculos XIX e XX trouxeram muito progresso tecnológico principalmente nos países desenvolvidos, em zonas climáticas moderadas e úmidas, sem necessidade de captação de águas pluviais. Como consequência da colonização, práticas de agricultura de zonas climáticas moderadas foram implantadas em zonas climáticas mais secas. Além disso, houve um estímulo à construção de grandes barragens, ao desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas e em projetos de irrigação encanada, entretanto, com altos custos. Segundo Gnadlinger (2000), essas são algumas razões para que as tecnologias de coleta de águas pluviais fossem deixadas de lado ao longo do tempo ou completamente esquecidas.

No momento, a utilização da água pluvial voltou a ser realidade, fazendo parte da gestão moderna de grandes cidades em todo o mundo. Vários países europeus e asiáticos

utilizam amplamente a água pluvial nas residências, nas indústrias e na agricultura, pois se sabe que essa possui qualidade compatível com usos importantes, sendo considerada um meio simples e eficaz para minimizar o problema ambiental de escassez de água (CARLON, 2005).

Alguns estudos desenvolvidos mostram que se pode ter uma economia de água superior a 30%, dependendo de alguns fatores como o índice pluvial e a área de telhado disponível para precipitação (LIMA et al., 2011).

“O aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto e indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não” (LAVRADOR FILHO, J., 1987).

Fernandes, Netto e Mattos (2007) relatam que muitos estudos demonstram a preocupação em melhor gerir os recursos hídricos a fim de otimizar seu uso, visando a evitar o gasto inescrupuloso desse bem vital para toda a espécie. Um dos meios de racionalizar o uso da água é através do aproveitamento da água pluvial, que pode servir para a irrigação, para o abastecimento humano e industrial e ainda reduzir os riscos de enchentes em regiões que possuem solos altamente impermeabilizados. A esse respeito, pode ser acrescentado:

A pressão atualmente sobre os recursos hídricos é resultado do crescimento populacional, tecnológico e econômico, traduzindo-se nas expressivas taxas de urbanização das últimas décadas e aliando-se à ocorrência de cheias e secas e à degradação do meio ambiente hídrico, que atingem cada vez maiores contingentes populacionais (ANA, 2002).

Para Fernandes, Netto e Mattos (2007) quando se pensa no aproveitamento da água pluvial em diversos âmbitos, os benefícios gerados não são somente ambientais, mas também econômicos e sociais. Sobre o aproveitamento de água, destaca-se:

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004, p.28).

O sucesso do sistema de aproveitamento da água pluvial também depende da verificação da sua qualidade e da necessidade de se fazer algum tipo de tratamento da água armazenada para o consumo humano. Sendo assim, é válido que seja criado um padrão de qualidade para monitorar as águas reutilizadas, no qual se deve inserir as águas de chuva.

Na visão de Hespanhol (1999), as águas aproveitadas são mais propícias para sanar necessidades menos restritivas. Então, deixa-se a água de melhor qualidade para ser ingerida e a aproveitada para atender outros tipos de demanda.

Existem diversos estudos que anotam o uso de sistemas de captação e armazenamento de águas de chuva para consumo humano ou sua reutilização em situações diversas desde os primórdios da civilização; tendo sido inclusive inventados independentemente em várias partes do mundo e em diversos continentes.

Registros da história antiga apresentam relatos de sistemas de captação e armazenamento de água em regiões semiáridas, onde as chuvas ocorriam apenas em poucos meses do ano. Registros recentes também foram observados, e até meados dos anos 50, por exemplo, existiam imóveis construídos sobre reservatórios em que se podia armazenar água para o caso de falha no sistema de abastecimento convencional, secas ou combate a incêndio (WEINER, 1987).

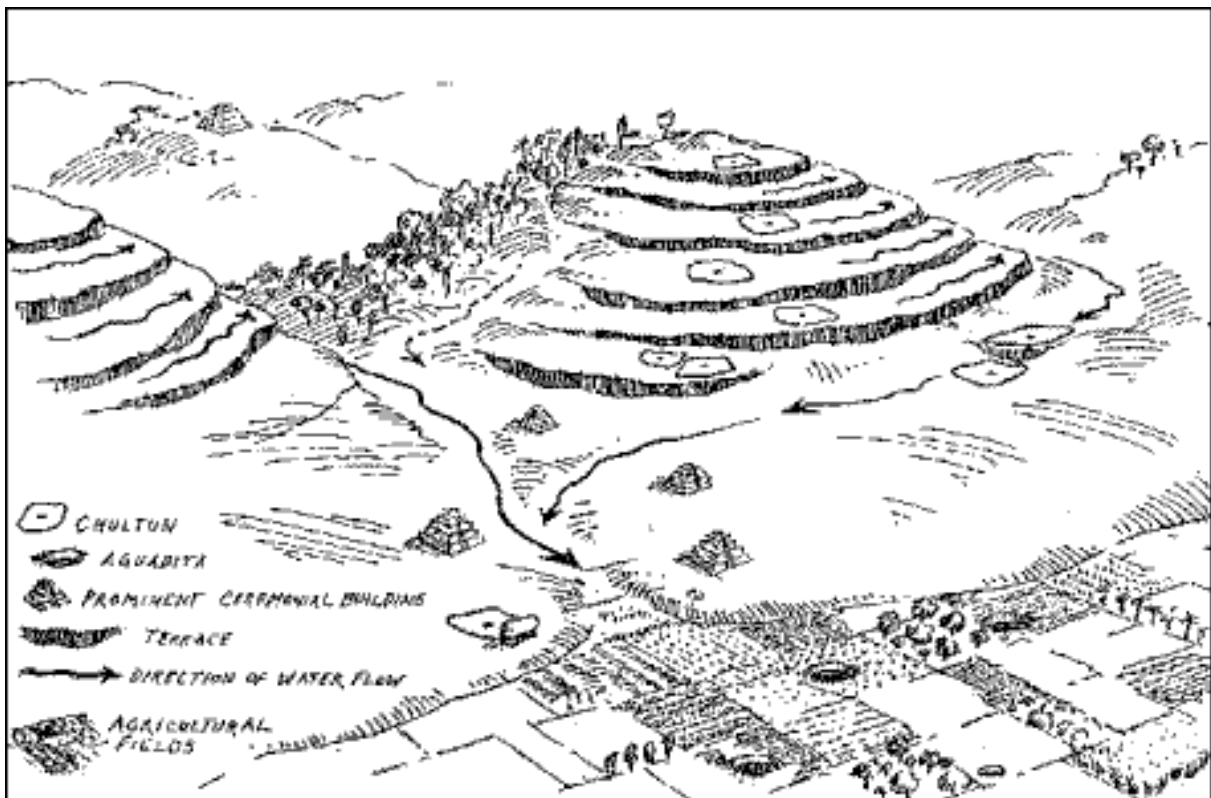
Os ganhos ambientais e econômicos dos sistemas de captação e armazenamento de água estão além de uma reserva estratégica. Segundo Machado & Cordeiro (2004) a captação de água pluvial é uma alternativa sustentável para minimizar o risco de enchentes, uma vez que evita que estas águas escoem superficialmente.

Machado & Cordeiro (2004) relatam, ainda, que a água captada pode ser reutilizada para consumo doméstico, industrial e rural. Em relação ao consumo doméstico, como descrito por Tomaz (2003), as águas captadas e armazenadas podem ser reutilizadas de diversas formas, tais como: nas descargas de banheiros, na lavagem de pisos, na irrigação de jardins e até para lavagem de roupas. No uso industrial, podem ser reutilizados para resfriamento de equipamentos, serviços de limpeza, irrigação de áreas verdes, entre outros. Na área rural, podem ser reutilizadas na irrigação de lavouras, na lavagem de maquinários e implementos agrícolas, entre outros.

Na Península de Iucatã, no México, existem reservatórios que datam de antes da chegada de Cristóvão Colombo à América e que ainda estão em uso. Este método também foi utilizado por Incas, Maias e Astecas. Segundo GNADLINGER (2000), no século X ao sul da

cidade de Oxkutzcab, situada ao pé do monte Puuc, a agricultura era baseada na coleta de águas pluviais, onde as pessoas viviam nas encostas, e a água pluvial era coletada em uma área de 100 a 200 m² e armazenada em cisternas com a capacidade de 20.000 a 45.000 litros, chamadas de Chultuns (Figura 03).

Figura 03 - Esquema de captação dos Mayas (Chultun)



Fonte: GNADLINGER (2000).

3.4 O aproveitamento das águas pluviais no Brasil

No Brasil, os usos das águas pluviais ocorrem há séculos, mas a captação imediata no meio urbano, visando ao aproveitamento em usos diversos, ainda é insipiente. No meio rural, somente nas últimas décadas é que a construção de cisternas vem se disseminando para abastecimento diversificado de água (ANDRADE NETO, 2013).

A Embrapa Semi-Árido vem desenvolvendo estudos devido à necessidade de se implementarem alternativas estratégicas que possibilitem maximizar a utilização dos recursos pluviais disponíveis no Nordeste, reduzindo o elevado risco da exploração agrícola em áreas

dependentes de chuva. As principais técnicas estudadas têm sido: cisterna, barreiro para irrigação de salvação, captação “in situ”, exploração de vazante e barragem subterrânea. Governos estaduais e municipais têm em seus programas de ações, a construção de cisterna para o armazenamento de água para o consumo humano das famílias que vivem na zona rural. Estima-se que, nos últimos cinco anos, foram construídos mais de cinquenta mil cisternas no semiárido (PORTO, 1999).

Segue um breve histórico e alguns números que dão uma noção do contexto inicial e dos principais programas e ações de governo nesse campo de atuação. D’Alva e Farias (2007) registraram histórico sucinto das mais abrangentes ações de implantação de cisternas para captação de águas pluviais no meio rural do Brasil nos últimos anos, conforme se segue:

Em novembro de 1999, durante encontro paralelo à Terceira Convenção de Combate à Desertificação e à Seca da ONU, um conjunto de organizações da sociedade civil elaborou o documento intitulado “Declaração do Semi-árido”, estabelecendo uma série de compromissos e ações pela sustentabilidade da vida no semi-árido. O processo culminou com a criação da Articulação no Semi-árido Brasileiro (ASA) e a elaboração de uma proposta com vistas a garantir o acesso à água para consumo humano das famílias rurais do semi-árido por meio do armazenamento da água de chuva em cisternas familiares. A experiência prévia de utilização de cisternas para captação de água de chuva por iniciativa familiar e comunitária, com apoio de organizações de base, criou uma referência que inspirou outras experiências semelhantes e embasou a ASA na concepção do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Um Milhão de Cisternas (P1MC). A proposta visa garantir o acesso à água adequada ao consumo humano para todas as famílias rurais do semi-árido brasileiro, por meio da formação, mobilização social e construção de cisternas de placas. A construção de cisternas, inicialmente realizada a partir de um convênio entre a ASA e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2001, permitiu desenvolver um projeto piloto para a construção de 500 cisternas. Posteriormente, a Agência Nacional de Águas (ANA) financiou o equivalente a 12.400 cisternas, cujos recursos, somados às contrapartidas, resultaram na construção de 12.750 cisternas. Em meados de 2003, a ASA estabeleceu uma parceria com o Ministério Extraordinário de Segurança Alimentar e Combate à Fome (MESA), que nesse mesmo ano financiou 17.140 cisternas. Em 2004, o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) instituiu a ação Construção de Cisternas para Armazenamento de Água no âmbito do Programa de Construção de Cisternas e Capacitação para Convivência com o Semi-árido. O Programa Cisternas do MDS estabeleceu como público

prioritário as famílias rurais do semi-árido brasileiro com perfil de elegibilidade ao Programa Bolsa Família. Por meio de termo de parceria com a ASA e convênios com governos estaduais e municipais, essa ação vem apoiando a construção de cisternas familiares, a mobilização e a capacitação de famílias rurais do semiárido para a gestão de recursos hídricos. Em dezembro de 2006, os dados da SESAN/MDS contabilizavam um total de 270.100 famílias beneficiadas com cisternas, construídas por diversas iniciativas. Dessas famílias, 150.418 (56% do total) foram beneficiadas com recursos do MDS, sendo 134.822 pelo termo de parceria com a ASA, 14.572 por convênios com governos estaduais e 1.024 com governos municipais (D'ALVA, 2007 input ANDRADE NETO, 2013, p. 11).

Em 2014 o Programa atinge seu objetivo, porém continua atuando na região do semiárido. Após alguns meses de paralização, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) retomou suas ações no Vale do Jequitinhonha, em janeiro de 2016, nos municípios de Novo Cruzeiro e Francisco Badaró, onde 700 famílias rurais conquistaram sua cisterna de captação e armazenamento de água pluvial para uso doméstico.

O Programa Cisternas, uma política pública de acesso à água, que possibilita às famílias rurais do Semiárido brasileiro viver na região, foi considerada a segunda iniciativa mais importante do mundo no combate à desertificação. O reconhecimento veio do Prêmio Política para o Futuro 2017, o único que homenageia políticas em vez de pessoas a nível internacional. A divulgação do Prêmio Prata para a política brasileira foi anunciada em 22 de agosto de 2017, e a cerimônia de entrega da premiação em 11 de setembro, durante a 13ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas, em Ordos, na China (ASA, 2017).

3.5 O aproveitamento da água em Florestal/MG

O sistema de abastecimento de água do município de Florestal/MG, começou a ser operado pela COPASA em 1984. A água é captada no Ribeirão Camarão e tratada em uma estação do tipo convencional, onde passam pelos processos de oxidação, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de PH e fluoretação. O sistema tem capacidade de produção de cerca de 1,7 milhão de litros de água por dia. Em 2017, a COPASA atendeu em Florestal, aproximadamente 5,6 mil habitantes. A água chegava aos imóveis percorrendo 22.698 metros de redes de distribuição (COPASA/MG, 2007).

O manancial da COPASA utilizado para abastecimento público em Florestal é o Ribeirão Camarão, cuja bacia hidrográfica é permanentemente monitorada, com o objetivo de garantir a qualidade e quantidade de suas águas. Assim, é possível definir a melhor forma de tratamento e também estimular a adoção de práticas de recuperação e proteção desse manancial. Na região do manancial, a COPASA ainda desenvolve o SIPAM – Sistema Integrado de Proteção de Mananciais, que tem o objetivo de conciliar as atividades econômicas desenvolvidas na área da bacia sem prejudicar o meio ambiente. Esse programa conta com o apoio da prefeitura e de diversos órgãos municipais e também da esfera estadual (COPASA/MG, 2007).

Segundo a COPASA/MG (2007) existem oito etapas para o tratamento da água, que são:

1 - **Oxidação/Metais** - Esta etapa consiste na oxidação do ferro e manganês solúvel que se apresentam dissolvidos na água bruta. Para isso, aplica-se cloro ou um produto similar, pois eles tornam esses metais insolúveis na água, permitindo, assim, que sejam removidos nas outras etapas de tratamento.

2 - **Coagulação** - Consiste na aplicação de produtos, como o sulfato de alumínio ou o cloreto férrico, que têm como função básica agrupar as partículas de sujeira em suspensão na água bruta, formando pequenos coágulos. Em algumas circunstâncias, também é necessário corrigir o pH da água nesta etapa do tratamento, com a aplicação de cal.

3 - **Floculação** - É a formação de flocos de sujeira, a partir da movimentação da água em tanques específicos, dentro da ETA, que misturam os coágulos, tornando-os maiores e mais pesados.

4 - **Decantação** - Nesta etapa, os flocos formados na etapa de floculação, pela ação da força da gravidade, acumulam-se no fundo dos tanques, separando-se da água.

5 - **Filtração** - Pode ser que a água chegue a esta etapa do processo de tratamento contendo ainda alguma sujeira. Por isso, e por segurança do produto, ela passa também por filtros especiais para eliminação das impurezas restantes.

6 - **Desinfecção** - A água já está limpa quando chega a esta etapa. Então, ela recebe adição de cloro, que elimina os germes nocivos à saúde, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios domiciliares.

7 - **Correção de pH** - Depois que a água já passou pelas principais etapas do tratamento dentro da ETA, ela recebe, então, a adição de cal para corrigir seu pH. A correção do pH é necessária para se evitar possíveis corrosões das tubulações durante a distribuição da água.

8 - **Fluoretação** - Com a água já limpa, nesta etapa, ela recebe a aplicação de uma dosagem de um composto de flúor, que contribui no combate às cáries, principalmente no período de formação dos dentes. (COPASA/MG, 2007).

Para que a população tenha certeza de que está recebendo água potável, a COPASA faz diversas análises, considerando quatro aspectos:

- **Físico:** verifica-se a cor, o cheiro e o sabor da água, além da sua turbidez, ou seja, alterações na sua transparência devido a resíduos não eliminados.
- **Químico:** verifica-se a presença de materiais orgânicos ou inorgânicos que afetam a saúde das pessoas (pesticidas, ferro, alumínio).
- **Bacteriológico:** verifica-se a existência de coliformes totais e fecais, dentre outros microrganismos, indicativos da possibilidade de presença de outros microrganismos causadores de doenças no homem.
- **Hidrobiológico:** verifica-se a presença de microrganismos (vegetais e animais) que prejudiquem o tratamento da água ou que possam liberar substâncias tóxicas. (COPASA/MG, 2007).

De acordo com a COPASA/MG, existem parâmetros medidos para avaliação da qualidade da sua água, que são:

- **Cloro** - Produto químico utilizado para eliminar microrganismos que não foram removidos nas etapas anteriores do tratamento. Sua presença residual na água tratada final atua como uma segurança adicional contra eventuais contaminações durante o processo de distribuição.
- **Coliforme total** - Indicador microbiológico utilizado para medir a eficiência do tratamento na remoção de microrganismos da água para consumo humano.
- **Cor** - Alterações na coloração da água causadas pelo contato com resíduos de origem orgânica, como folhas e fragmentos de madeira, ou substâncias metálicas, como ferro e manganês.
- **Escherichia coli** - Indicador microbiológico utilizado para medir alguma eventual contaminação da água por matéria fecal que possa vir a veicular microrganismos causadores de doenças ao homem.

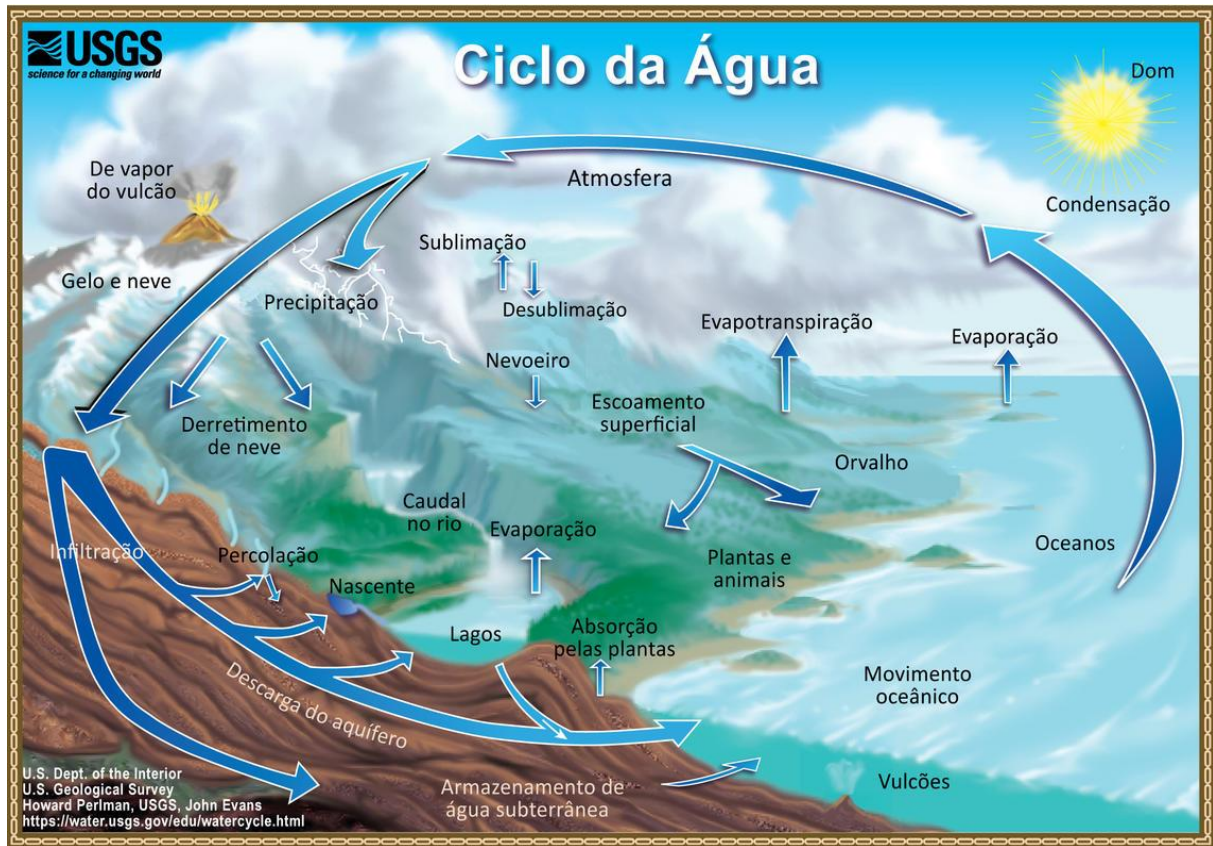
- **Flúor** - Produto químico adicionado à água tratada final, com o objetivo de colaborar na prevenção da cárie dental, contribuindo para a melhoria da saúde bucal da população.
- **PH** - Valor que exprime a qualidade ácida, básica ou neutra, que a água pode apresentar. Essas características podem estar relacionadas com a capacidade dela de se apresentar como corrosiva ou incrustante em relação aos materiais dos equipamentos com os quais entra em contato, como redes e reservatórios de distribuição. Possui também relação direta com a eficiência da desinfecção por meio do cloro.
- **Turbidez** - Alterações no aspecto estético da água causadas pela presença de partículas sólidas em suspensão, oriundas do contato com o solo e rochas (erosão), ou, ainda, aquelas provenientes de rejeitos domésticos e industriais. (COPASA/MG, 2007).

3.6 Ciclo hidrológico

A água tem fundamental importância para a vida no planeta, portanto, falar sobre a água é falar de sobrevivência, de biodiversidade, da relação entre seres vivos e ambientes naturais.

O ciclo hidrológico ou ciclo da água é um fenômeno global, que ocorre entre a superfície terrestre e a atmosfera, conduzido pela energia solar e relacionado à rotação e à gravidade da terra. Esse conceito está relacionado ao movimento e troca de água nos seus diferentes estados físicos, como os oceanos, rios, lagos, vapor de água na atmosfera, água subterrânea e superficial e água nos seres vivos (CARVALHO e SILVA 2006). A fase mais importante desse ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para utilização (TUNDISI, 2003).

Figura 04 - Ciclo hidrológico



Fonte: U.S. Department of the Interior – U.S. Geological Survey (2013).

Os principais componentes do ciclo hidrológico são a precipitação, a interceptação, a infiltração, a transpiração, o escoamento superficial e a evaporação. A precipitação é a principal forma de transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre, sendo que a precipitação da chuva é mais comum, podendo ocorrer também na forma de neve, granizo, orvalho ou geadas; a interceptação se dá quando a precipitação, na forma de chuva ou de neve, encontra um solo com cobertura vegetal e parte dela fica retida nas folhas e caules da vegetação, evaporando em seguida. A precipitação que excede a capacidade de armazenamento da superfície da vegetação atinge o solo, possibilitando a infiltração da água precipitada até que o solo alcance o ponto de saturação. No interior do solo, parte da água precipitada é aproveitada pela vegetação, através das raízes, e volta para a atmosfera através da transpiração, e o que não é aproveitado pelas plantas pode atingir o lençol freático. Quando o solo se encontra saturado, a precipitação excedente ocasiona escoamento superficial, que é impulsionado pela força da gravidade, formando pequenos filetes. Fechando o ciclo, os

processos de evaporação e transpiração consistem na transformação da precipitação na forma líquida para a forma de vapor d'água através da atuação da radiação solar (SILVEIRA, 2009).

O ciclo hidrológico depende fundamentalmente da reciclagem da água através da evaporação dos oceanos, da precipitação, da infiltração da água nos aquíferos e das reservas de água nos sistemas continentais (lagos, rios, represas e áreas alagadas) (GALIZIA TUNDISI, 2010).

O consumo de água nas várias atividades humanas varia muito, dependendo da concentração da população, e os usos múltiplos da água dos quais decorrem inúmeros impactos, que são:

- água para produção agrícola – irrigação e outras atividades para produção de alimentos;
- água para abastecimento público;
- produção de hidroeletricidade;
- recreação;
- turismo;
- pesca;
- aquacultura;
- transporte e navegação;
- mineração e
- usos estéticos – recreação, paisagem. (TUNDISI, 2006).

O desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades humanas produziram inúmeras alterações no ciclo hidrológico e na qualidade da água. Os impactos das atividades humanas para tal decorrem de um grande conjunto de atividades humanas, resultados dos usos múltiplos, da economia regional e de atividades agrícolas e industriais. Os impactos não são iguais e apresentam diferentes proporções sobre cada componente do ciclo hidrológico e sobre a qualidade da água. As interferências humanas no ciclo hidrológico podem ser diversas, como: construção de reservatórios para diversos fins; construção de canais e transposição de águas entre bacias hidrográficas; uso excessivo de águas subterrâneas e depleção de aquíferos; desmatamento que interfere na recarga de aquíferos; aumento da erosão e assoreamento de rios, lagos, áreas alagadas; remoção de áreas alagadas, o que interfere nos sistemas de regulação de drenagem; aumento do transporte de água para abastecimento público (TUNDISI, 2006).

As atividades humanas que causam impactos na qualidade das águas são: atividades industriais; urbanização e despejos de águas residuais não tratadas; atividades agrícolas; remoção de biomassa de rios, lagos, represa; navegação; recreação; turismo; introdução de espécies exóticas; remoção de espécies de importância nos ciclos e redes alimentares em rios, lagos e represas; remoção da cobertura vegetal; mineração; construção de diques e canais; construção de represas; drenagem de áreas alagadas; despejo de poluentes no ar; padrão geral do consumo humano; despejos de resíduos sólidos, industriais e domésticos em áreas urbanas (Tundisi, 2003). Nos dias atuais, é grande o impacto causado pela população humana sobre a natureza, proporcionando drástica perda da biodiversidade. Essa degradação biótica, especialmente nas regiões tropicais, preocupa autoridades e ambientalistas em todo o mundo (ALHO, 2012).

Esse conjunto de problemas apresenta dimensões em âmbito local, regional, continental e planetário e contribuem para: aumento e exacerbação das fontes de contaminação; alteração das fontes de recursos hídricos – mananciais – com escassez e diminuição da disponibilidade; aumento da vulnerabilidade da população humana em razão de contaminação e dificuldade de acesso à água de boa qualidade (potável e tratada). Esses problemas estão relacionados à qualidade e à quantidade da água, e, em resposta a essas causas, há interferências na saúde humana e saúde pública, com deterioração da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social (TUNDISI, 2008).

Então, pode-se perguntar: Como minimizar este impacto? Através da coligação entre o conhecimento científico e o gerenciamento. Um dos principais avanços conceituais foi o da mudança de paradigma quanto à gestão; essa mudança processou-se nos últimos dez anos do século XX e ainda se encontra em fase de transição. Ela consiste em passar o gerenciamento de um sistema setorial, local e de resposta a crises e impactos, para um sistema integrado, preditivo e no âmbito de ecossistema (bacia hidrográfica) (TUNDISI, 2006).

Uma abordagem de gerenciamento, pesquisa e elaboração de banco de dados a partir da bacia hidrográfica deve incluir uma valoração dos “serviços” dos ecossistemas aquáticos e dos recursos hídricos. Contempla-se ainda uma capacidade preditiva baseada em um programa denso e tecnicamente avançado de monitoramento e um sistema adequado de governança de água com a finalidade de promover oportunidades de desenvolvimento regional e sustentável a partir da água disponível e da demanda. Educação da comunidade em

todos os níveis e preparação de gestores com novas abordagens são também necessárias para o desenvolvimento da gestão de recursos hídricos no século XXI (TUNDISI, 2008).

A participação dos usuários e das comunidades, estimuladas através dos Comitês de Bacia, é outro avanço fundamental em ações não estruturais. Essa participação consolida a gestão e abre novas e promissoras fronteiras de gerenciamento. Importante ressaltar a contribuição das universidades e dos institutos de pesquisa, públicos e privados, como fonte permanente de ampliação de conhecimento e de novos avanços tecnológicos (TUNDISI, 2006).

3.7 Interferências Antrópicas no Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico em condições naturais pode ser considerado um sistema em equilíbrio. Entretanto, com a crescente urbanização das bacias hidrográficas, podem-se perceber alterações que promovem modificações na dinâmica do ciclo da água. Em áreas urbanizadas, fatores como a impermeabilização do terreno, inundação urbana, canalização e retificação de canais fluviais e também a erosão urbana desencadeiam todo o processo natural.

Impermeabilização do solo - Nas áreas urbanas, devido à impermeabilização do terreno, o ciclo hidrológico é afetado na sua parte terrestre, no que se refere ao escoamento superficial e à infiltração. A impermeabilização é feita, de modo geral, com a construção de obras de alvenaria, acessos públicos para pedestres e pavimentação asfáltica para circulação de veículos. Dessa forma, causam dois problemas: a obstrução da infiltração e o aumento do escoamento superficial. A água pluvial é impedida de infiltrar no solo por conta da pavimentação do solo e escoar superficialmente, seguindo o gradiente de declividade (BOTELHO E SILVA, 2010).

Acrescenta-se o fato de que a construção de galerias de águas pluviais aumenta a densidade de drenagem das bacias hidrográficas urbanas, CHIN (2006). De acordo com Coelho Netto (1995), o processo de infiltração de água no solo é de extrema importância para recarregar os reservatórios subsuperficiais uma vez que essas abastecem, nos períodos de estiagem, a flora e os canais abertos além de constituírem fontes constantes para o abastecimento doméstico e de demandas industriais, urbanas e agrícolas.

Inundação urbana - A impermeabilização do solo urbano permite ainda que a maior parte da água precipitada escoe em direção aos canais fluviais porque não é interceptada ou infiltrada. Dessa maneira favorecem as inundações, durante as quais os picos de vazão são atingidos em um espaço de tempo menor e com menores quantidades de chuva (BOTELHO E SILVA, 2010). Existem dois grupos de inundações: ribeirinhas e devido à urbanização. As inundações ribeirinhas ocorrem quando a população se instala sobre as áreas marginais dos rios, dentro da faixa de ocupação das águas, durante o período das cheias (durante elevados índices pluviométricos ou evento pluviométrico extremo). Esse tipo de enchente é natural, sendo o grande problema a ocupação das várzeas. As inundações causadas pela urbanização são consequência de diversos problemas, decorrentes do crescimento desordenado das cidades. A urbanização está atrelada à impermeabilização do solo, ao aumento da produção de lixo, a obras sem o devido planejamento (construção de pontes, aterros, drenagem inadequada) e ao consequente aumento do fluxo superficial (TUCCI, 2002; 2003a; 2003b).

Canalização e retificação de canais fluviais - As obras de canalização e retificação de canais fluviais são interferências antrópicas com a intenção de aumentar a velocidade e a vazão dos rios e de garantir um escoamento rápido dos volumes de água que atingem os canais fluviais. Esses processos, realizados por meio de obras de engenharia, fazem com que os canais percam suas características naturais, modificando as seções transversais e o perfil longitudinal (VIEIRA & CUNHA, 2006).

A canalização é uma prática comum ainda que seu custo seja elevado e que possa intensificar os problemas hidrológicos visto que, muitas vezes, o problema de enchentes é apenas transferido à jusante (TUCCI, 2005). Binda *et al.* (2008), estudando as alterações na geometria de um canal rural urbano, perceberam que, no trecho rural, a largura e a profundidade eram muito menores daquelas encontradas no curso inferior sobre ocupação urbana.

No geral, esses autores perceberam que as obras de engenharia (canalização e retificação) buscaram aumentar a área da seção transversal de modo a aumentar a capacidade do canal, embora isso não fosse suficiente para evitar a ocorrência de inundações. O processo de canalização corresponde basicamente ao alargamento e ao aprofundamento da calha do rio, à retificação do canal, à construção de diques e de canais artificiais, na proteção das margens e na remoção de possíveis obstruções do canal (CUNHA, 1995).

Erosão urbana - Os processos erosivos em áreas urbanas têm diferenças expressivas se comparados à erosão em áreas rurais ou florestadas. Nas áreas urbanas predominam os processos decorrentes da concentração do fluxo, mais ainda devido à precariedade do sistema de drenagem (SILVA, SCHULZ E CAMARGO, 2004).

A erosão em áreas urbanas ocorre segundo Botelho e Silva (2010), quando a água, impedida de se infiltrar, escoar superficialmente sobre o pavimento do terreno, ganhando velocidade e potencial erosivo, podendo, ao encontrar uma área descoberta do solo, desencadear processos erosivos em superfície e subsuperfície.

De acordo com Tucci e Collischonn (1998), o principal estágio, no qual se percebe maior nível de sedimentos erodido é a fase de implantação e de expansão da área urbana. Isso ocorre devido à retirada da vegetação natural, à intensa movimentação de solo e à alteração da morfologia do terreno para obras de infraestrutura, que deixam o solo exposto a intempéries.

Entretanto, Oliveira e Hermann (2006), a partir de estudos realizados na grande Florianópolis, perceberam que os processos erosivos decorrentes da expansão urbana eram também influenciados pelo tipo de solo.

Porém, conforme demonstram Botelho e Silva (2010), quando o grau de urbanização e de pavimentação do terreno aproxima-se de 100%, a erosão diminui consideravelmente por não haver mais áreas de solo exposto para o início do processo erosivo. Christofolletti (1993) *apud* Vieira e Cunha (2006) destacam ainda que as localidades mais afetadas com a erosão urbana estão na faixa de 60 a 80% de impermeabilização do solo.

3.8 Dimensionamento do reservatório para armazenamento de águas pluviais

Para realizar o aproveitamento da água pluvial de uma edificação é preciso ter conhecimento sobre alguns fatores que interferem no funcionamento do sistema. Isso porque quanto maior for a área de captação, mais chuva poderá ser coletada; quanto mais regular for o índice pluviométrico da região, mais confiável será o sistema de captação de água pluvial e quanto maior for o reservatório, mais água poderá ser armazenada; conseqüentemente o sistema ficará mais oneroso.

Segundo Ferreira (2005), a armazenagem da água pluvial deve ser feita em reservatórios que, além de garantir um padrão de qualidade, evitem possíveis problemas de

contaminação e de estanqueidade. Esses tanques de armazenagem podem ser construídos com diversos tipos de materiais, como concreto, aço, madeira, fibra de vidro, polietileno, dependendo do uso, dos custos e da capacidade, por exemplo.

O reservatório não pode permanecer ocioso por um longo período de tempo e também não se deve desperdiçar a água armazenada. O dimensionamento pode variar de acordo com cada região, em função da variação dos dados pluviométricos e dos objetivos finais de implantação do sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008).

De acordo com Boers e Ben-Asher (1982), o sucesso ou o fracasso de um sistema de aproveitamento de água pluvial depende, em grande parte, da quantidade de água captável do sistema. Essa quantidade varia de acordo com alguns dos componentes do sistema, como a área de captação e o volume de armazenamento de águas pluviais, sendo influenciada ainda pelo índice pluviométrico da região e pelo coeficiente de escoamento superficial (C).

É sabido que a quantidade de águas pluviais precipitada não será a mesma do volume de água que será aproveitado, uma vez que, para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, deve-se utilizar o coeficiente de escoamento superficial, que é o quociente entre a água que escoar pela superfície de captação pelo total de água precipitada. Esse coeficiente varia com a inclinação e com o material da superfície de captação. Pacey *et al* (1996) *apud* TOMAZ (2003) adotam, como uma boa estimativa, C igual a 0,80, que significa uma perda de 20% de toda a água precipitada.

Na Tabela 02, observam-se valores de C adotados por diferentes autores, para diferentes materiais.

TABELA 02 - Valores de C de diferentes autores, para diferentes materiais

MATERIAL	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	AUTORES
Telha Cerâmica	0,80 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975) <i>apud</i> May (2004)
	0,75 a 0,90	Van den Bossche (1997) <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telha Esmaltada	0,90 a 0,95	Van den Bossche (1997) <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telha Metálica	0,70 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975) <i>apud</i> May (2004)
	0,85	Khan (2001)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Betume	0,80 a 0,95	Van den Bossche (1997) <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telhados verdes	0,27	Khan (2001)
Pavimentos	0,40 a 0,90	Wilken (1978) <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,68	Khan (2001)

Fonte: Anecchini (2005).

Outro fator que se deve levar em consideração no tamanho do reservatório para armazenar a água pluvial captada é a demanda que se deseja atender com esse tipo de água. Portanto, calcular de forma mais precisa também é fundamental para garantir a economia do sistema.

A Tabela 03 mostra os dados sobre o consumo de água em uma residência, os quais poderiam ser atendidos com água pluvial:

TABELA 03 - Demanda interna e externa de água não potável em uma residência

Demanda Interna	Unidade	Faixa
Vaso Sanitário - Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário – Frequência	Descarga/hab/dia	3 a 6
Máquina de lavar roupa - Volume	L/ciclo	100 a 200
Máquina de lavar roupa - Frequência	Carga/hab/dia	0,20 a 0,30
Demanda Externa	Unidade	Faixa
Gramado ou Jardim - Volume	L/dia/m ²	2
Gramado ou Jardim – Frequência	Lavagens/mês	8 a 12
Lavagem de carro - Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de carro - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4

Fonte: Adaptado TOMAZ (2000).

Segundo Niggi (1999), a eficiência e a confiabilidade dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais estão ligadas diretamente ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, necessitando de um ponto ótimo na combinação do volume de reserva e da demanda a ser atendida, que resulte na maior eficiência com o menor gasto possível.

Para que haja um sistema viável economicamente é importante que se faça um estudo criterioso do volume ideal de armazenamento, pois é justamente o reservatório que encarece o sistema para o aproveitamento da água pluvial. O custo do reservatório pode variar de 50% a 85% do custo total desse sistema de aproveitamento de água pluvial (THOMAS, 2001).

Uma margem de segurança é necessária em seu cálculo afim de que não haja subdimensionamento ou, por outro lado, superdimensionamento. Essa margem possibilita aferir, portanto, a confiabilidade do sistema, devendo ser definida em função do valor que se deseja investir no sistema e embasada em estudos de dimensionamento dos reservatórios e no armazenamento de água pluvial.

3.9 Modelos de dimensionamento de reservatórios

Modelos matemáticos foram desenvolvidos para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Appan (1999) cita modelos desenvolvidos com base nos métodos determinísticos e estocásticos.

Os métodos determinísticos são aqueles que tratam os resultados de forma única, por exemplo, baseando-se apenas em séries históricas existentes. Já os modelos estocásticos são aqueles que proporcionam o cálculo de probabilidades, como a probabilidade de ocorrência de falhas (LOPES & SANTOS, 2002).

McMahon e Mein (1978) *apud* (PETERS, 1999) identificaram três tipos de modelos de dimensionamento de reservatório, sendo eles o modelo Comportamental, o modelo de Moran e o modelo do Período Crítico:

- **O modelo Comportamental** é um modelo que utiliza a simulação, descrevendo o comportamento do sistema ao longo do tempo e do espaço, em função de um determinado cenário de operação.
- **O modelo de Moran** é um desenvolvimento da teoria de armazenamento de Moran de 1959; utiliza-se de um sistema de equações simultâneas que relacionam capacidade de armazenamento com demanda e suprimento.
- **Modelo do Período Crítico:** serviu como base para os modelos de dimensionamento de reservatório, pois identifica e utiliza sequências de dados em que a demanda calculada para o sistema excede a produção para determinar a sua capacidade de armazenamento. Um exemplo clássico de modelo baseado no Período Crítico é o Método de Rippl.

Segundo Thomas e Mcgeever (1997), os modelos de dimensionamento de reservatório têm como dados de entrada: séries históricas ou sintéticas de águas pluviais, a demanda que se deseja atender, a área de captação de águas pluviais e a eficiência requerida.

Com a finalidade de tornar o sistema de captação e armazenamento de águas pluvial mais eficiente e com o menor custo possível, estudos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento de águas pluviais buscam um equilíbrio entre a produção e a demanda, pois esta é a variável a depender de cada sistema. Em alguns casos, não haverá precipitação

suficiente para atender toda a demanda e, em outros, nem sempre será possível armazenar toda a água precipitada, principalmente por questões físicas ou econômicas.

Existem vários métodos de calcular o dimensionamento de reservatório de águas pluviais, a saber:

3.9.1 Método de Rippl

O Método de Rippl consiste no cálculo do volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado.

Este método originalmente desenvolvido no final do século XIX, baseia-se no diagrama de massa do sistema, também denominado diagrama de Rippl. É utilizado amplamente para o cálculo de reservatórios de água destinados a acumular água para abastecimento em período seco e chuvoso, para aproveitamento hidroelétrico, para irrigação, para controle de enchentes e para regularização de cursos d'água (GARCEZ, 1974).

Seu grande inconveniente é ter como base o período crítico da série de dados, pois, com isso, o volume resultante de sua aplicação é equivalente ao máximo déficit de água existente na série histórica utilizada, podendo resultar em volumes muito grandes e não ser condizentes com a realidade do que está proposto no projeto.

Segundo Thomaz (2003), no método de Rippl, utilizam-se séries históricas de precipitações (as mais longas possíveis), transformadas em vazões que alimentam o reservatório. Thomaz aponta que, de forma a facilitar o cálculo, é comum se formularem séries sintéticas, ou seja, elaboradas a partir de uma série histórica de precipitação, que pode ser em base diária ou mensal. Nesse trabalho, o dimensionamento foi feito utilizando-se séries históricas de precipitação tanto em base diária quanto mensal.

Para o dimensionamento devem ser determinados a demanda média de água pluvial, a área da superfície de captação e o coeficiente de Runoff (coeficiente de escoamento superficial, quociente entre a água que escoam superficialmente e o total da água precipitada), de acordo com as necessidades estabelecidas em projeto. Em seguida, aplica-se o método de Rippl utilizando-se as precipitações médias mensais em um período de janeiro a dezembro para o cálculo em base mensal. Se o objetivo for fazer o cálculo em base diária, utiliza-se uma série histórica de 10 anos de precipitações diárias. Pode ser utilizada tanto uma demanda

constante de água pluvial quanto uma demanda variável. Neste trabalho, foi utilizada demanda constante.

O dimensionamento por este método inicia-se pelos cálculos do volume de água pluvial no reservatório no tempo “t” e do volume de água pluvial no tempo “t”, expressos pelas Equações 1 e 2 respectivamente.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad \text{Equação 1}$$

$$Q(t) = C \times P \times A \quad \text{Equação 2}$$

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

Sendo que $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Na qual,

S(t) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L);

D(t) é a demanda ou consumo de água pluvial no tempo t (L);

Q(t) é o volume de água pluvial no tempo t (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial (adotado como 0,80, segundo recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007));

P é precipitação média no tempo t (mm);

A é área de captação em projeção no terreno (m²).

3.9.2 Método de Simulação

Este método baseia-se na determinação do percentual de consumo que se pretende atender em função de um tamanho de reservatório previamente definido. Também é chamado de Método de Análise de Simulação de um reservatório com capacidade suposta.

Segundo Tomaz (2003), uma característica deste método é possibilitar a determinação da eficiência do sistema, pois os períodos em que o reservatório está suficientemente abastecido com água pluvial são relacionados com todo o período simulado. Tal período pode ser de apenas um ano, mas, quanto maior a série histórica de precipitação utilizada, maior será a confiabilidade da simulação.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda ainda que, neste método, a evaporação da água não seja levada em conta.

Inicia-se o dimensionamento do reservatório de água pluvial pelo método de Simulação, calculando-se o volume de água pluvial no tempo “t” e o volume de água pluvial no reservatório no tempo “t”, que devem ser aplicadas para cada mês do ano, através das Equações 4 e 5 respectivamente.

$$Q(t) = C \times P \times A \quad \text{Equação 4}$$

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad \text{Equação 5}$$

Na qual,

Q(t) é o volume de água pluvial no tempo t (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial (0,80);

P é precipitação média no tempo t (mm);

A é área de captação em projeção no terreno (m²);

S(t) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L);

S(t-1) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t-1 (L);

D(t) é o consumo ou demanda de água pluvial no tempo t (L).

Na sequência, determina-se um volume de reservatório V que atenda, para o mês de janeiro, à condição $V \geq S(t) \geq 0$. Se essa condição for atendida ao longo dos demais 11 meses do ano, esse volume V é o volume do reservatório. Caso contrário, deve-se determinar outro volume de reservatório V até que se atenda à condição $V \geq S(t) \geq 0$ para os 12 meses do ano.

A norma alerta que devem ser consideradas duas hipóteses:

(a) reservatório cheio no tempo “t”;

(b) os dados históricos são representativos para as condições futuras.

3.9.3 Método Azevedo Neto ou Método Prático Brasileiro

O método Prático Brasileiro é o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007). O volume do reservatório de água pluvial é calculado por meio da Equação 6.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Equação 6}$$

Na qual,

V é o volume de água no reservatório ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

P é precipitação média anual (mm);

A é área de captação em projeção no terreno (m²);

V é o volume de água pluvial ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca.

A NBR 15527(ABNT, 2007) não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva.

Amorim e Pereira (2008) adotaram um valor igual a 2 meses para a cidade de São Carlos/SP. Porém, os autores não mencionaram como determinaram esses meses de pouca chuva.

3.9.4 Método Prático Alemão

Neste método, o volume do reservatório de água pluvial será, simplesmente, o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável (Equação 7).

$$V \text{ adotado} = \text{mínimo} \begin{cases} V \times 0,06 \\ D \times 0,06 \end{cases} \quad \text{Equação 7}$$

Na qual,

V é o volume de água pluvial anual (L);

D é a demanda anual da água não potável (L);

V adotado é o volume do reservatório (L).

Na NBR 15527 (ABNT, 2007) não consta como se obtém o volume de água pluvial anual pelo método Prático Alemão; contudo, determinou-se aqui pela Equação 2.

3.9.5 Método Prático Inglês

Para o dimensionamento do reservatório de água pluvial pelo método Prático Inglês, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), deve-se utilizar a Equação 8.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Equação 8}$$

Na qual,

V é o volume de água pluvial ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de captação em projeção no terreno (m²).

3.10 Legislação sobre o aproveitamento da água pluvial

Em países como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Índia, existem manuais e guias de orientação para a utilização da água pluvial de forma segura, que descrevem desde a implantação e escolha do material até as atividades de conservação da qualidade da água e manutenção dos reservatórios. São exemplos desses manuais o Texas guide to rainwater harvesting (1997) e o Water Safety (2005) da Austrália. Além disso, existem instituições internacionais e nacionais que promovem congressos, para reunir estudos sobre o aproveitamento da água pluvial realizados pelo mundo, como a International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSA), a American Rainwater Catchment Systems Association (ARCSA) e a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC).

Na Alemanha, na Califórnia e no Japão, são oferecidos financiamentos para a construção de sistemas de captação de água pluvial. Hamburgo foi o primeiro estado alemão a instalar sistemas de aproveitamento de águas pluviais, sendo concedido pelo governo cerca de US\$1.500,00 a US\$2.000,00 a quem aproveitasse as águas pluviais. Em algumas cidades da Alemanha, os cidadãos que utilizarem a água pluvial devem comunicar ao serviço de água municipal a quantidade estimada de água pluvial que está sendo usada bem como sua finalidade. Em alguns casos, poderá ser cobrada a tarifa de esgoto sanitário (TOMAZ, 2003).

No Brasil, ainda não existem normas técnicas para o aproveitamento da água pluvial, quer seja para fins potáveis, quer seja para fins não potáveis. Entretanto, alguns estados já instituíram legislações sobre a coleta da água pluvial com o objetivo de controlar enchentes, conservar a água e fazer o uso racional dessa.

A Portaria nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000, publicada pelo Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e a seu padrão de potabilidade, inclusive, referindo-se a soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano. No entanto, a utilização da água pluvial para consumo humano só deve ser uma alternativa a ser considerada em casos onde o fornecimento de água tratada não supre a demanda, como ocorre na região do semi-árido nordestino (BRASIL, 2001).

A captação e o aproveitamento de águas pluviais é um tema de normatização da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que está em fase de elaboração das normas para

Captação e Uso Local de Águas Pluviais, as quais estão sendo feita em conjunto com as normas de Uso Racional de Águas – Métodos e Processo Educativo e com as normas de Reuso de Efluentes do Sistema de Tratamento Local de Esgotos. A Comissão de Estudos da ABNT está utilizando como referência a norma alemã DIN 1989-1 do Deutsches Institut für Normung e.V, aprovada em abril de 2002 e que trata de sistemas de aproveitamento de águas pluviais: parte 1 – planejamento, execução, operação e manutenção (DIN, 2002).

Na cidade de São Paulo, a Lei Municipal nº 13.276, aprovada em 04 de janeiro de 2002, torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada acima de 500m², com o objetivo de evitar inundações. A água pluvial coletada deve ser encaminhada a um reservatório de retenção para posterior infiltração no solo, para ser despejada na rede de drenagem após uma hora de chuva ou ainda para ser conduzida a outro reservatório e ser utilizada para fins não potáveis. Essa Lei coloca a execução dos reservatórios para acumulação de águas pluviais como condição para o Certificado de Conclusão da Obra (SÃO PAULO, 2002).

A Lei nº 13.276 de São Paulo é resultado de um Projeto de Lei apresentado em 1.997 pelo vereador Adriano Diogo, com a consultoria técnica do matemático Elair Antônio Padin. Essa Lei só vale para as edificações erguidas depois de sua aprovação (MAGALHÃES, 2001). A Lei nº 13.276 de São Paulo ficou conhecida como Lei das Piscininhas, em analogia aos reservatórios de detenção já existentes na cidade, chamados de piscinões. O piscinão é um tipo de barragem usada para conter as enxurradas no período de chuvas fortes, funcionando como um redutor da água pluvial. Nesse sistema, a água entra por uma abertura maior e sai por uma menor, diminuindo a vazão.

No Rio de Janeiro, o Decreto Municipal nº 23.940 de 2004 possui ressalvas quanto à utilização de águas pluviais, atentando-se para que, quando for utilizar as águas pluviais para fins não potáveis, deva-se proceder a identificação do sistema com sinalização de alerta afim de evitar o consumo indevido; garantir padrões de qualidade da água apropriados ao tipo de utilização previsto; definir os dispositivos, processos e tratamentos necessários para a manutenção da sua qualidade e impedir a contaminação do sistema predial da água potável proveniente da rede pública, ficando proibido qualquer comunicação entre este sistema e o sistema predial destinado a água não potável.

Em Curitiba, a Lei nº 10.785 de 2003 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com o objetivo de conservar e fazer uso racional da água, utilizar fontes alternativas para captação de água e conscientizar os usuários. Com relação à conservação e ao uso racional da água nas edificações, a lei prevê a utilização de aparelhos e dispositivos economizadores de água e medição individualizada de água nos apartamentos. As ações de utilização de fontes alternativas compreendem a captação, armazenamento e utilização de águas pluviais e a captação e armazenamento e utilização de águas servidas. A legislação orienta que as fontes alternativas de água devam ser utilizadas em atividades que não necessitem do uso de água tratada, como irrigação de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de vidros, calçadas ou pisos.

O município de Curitiba é uma das cidades pioneiras na busca de soluções visando ao desenvolvimento urbano adequado e à conservação e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. A Lei nº 8.681 de 1995 dispõe sobre a instalação de Postos de Abastecimento de Combustível e Serviços e cria a obrigatoriedade em executar medidas preventivas de proteção ao meio ambiente, especialmente no sistema de armazenamento de combustíveis. Em seu Art. 9º prescreve que:

"Os estabelecimentos que executarem lavagem de veículos, deverão possuir uma cisterna para captação das águas pluviais, as quais deverão ser utilizadas nos serviços de lavagem, ficando seus prazos e parâmetros a serem definidos em legislação específica" (CURITIBA, 1995).

Existem dificuldades na aprovação dos projetos de Lei relacionados ao aproveitamento de águas pluviais e estão relacionadas à forma de se estabelecer parâmetros para a sua regulamentação, uma vez que não existem ainda normas técnicas específicas para o reuso de águas pluviais.

Alguns pesquisadores defendem que os parâmetros exigidos para fins não potáveis para os quais a água pluvial seria utilizada poderiam ser os mesmos utilizados para os testes de balneabilidade (Que é a capacidade que um local tem de possibilitar o banho e atividades esportivas em suas águas, ou seja, é a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário. A balneabilidade é determinada a partir da quantidade de bactérias do grupo coliforme presentes na água. É feita análise que quantifica os coliformes totais e fecais, *Escherichia coli* e/ou *Enterococos*). Mas, alguns pesquisadores afirmam que

poderiam ser adotadas as normas estabelecidas para reuso de esgoto doméstico ou com características similares às estabelecidas na NBR 13969:1997 que tratam do reuso local. Esta norma estabelece que o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exijam qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e de veículos automotivos, descarga de vasos sanitários, manutenção paisagística dos lagos e canais com água, irrigação dos campos agrícolas e pastagens (ABNT, 1997).

Às especificações das Resoluções 20/86 e 274/00 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é que definem os critérios para a classificação de águas destinadas à recreação.

3.11 Desenvolvimento sustentável e Sustentabilidade

A água é fundamental ao desenvolvimento sustentável, tanto ao que se refere ao processo econômico quanto à saúde. Nesse sentido é importante que se faça um paralelo entre crescimento e desenvolvimento. Crescimento não conduz automaticamente à igualdade nem à justiça sociais, pois não leva em consideração nenhum outro aspecto da qualidade de vida a não ser o acúmulo de riquezas, que se faz nas mãos apenas de alguns indivíduos. O desenvolvimento, por sua vez, preocupa-se com a geração de riquezas, mas tem o objetivo de distribuí-las e de melhorar a qualidade de vida de toda a população, levando em consideração, portanto, a qualidade ambiental do planeta (MENDES, 2009).

Crescimento econômico e desenvolvimento sempre tiveram suas conceituações vinculadas e até mesmo tomadas como sinônimos, pelo fato de ser presumido que o aumento das riquezas poderia melhorar as condições de vida; mas tais vinculação e presunção desconsideravam a organização social, política e econômica das diversas sociedades que compõem a humanidade, pautando-se apenas em paradigmas produtivistas. Entretanto, desenvolvimento e crescimento não têm a mesma significação e podem ser manejados de formas diferentes e divergentes (MENDES, 2009).

O termo “Desenvolvimento Sustentável” é utilizado pela primeira vez no conhecido “*Relatório de Brundland*”, concebido e publicado pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU) e intitulado “*Our common future*” (ONU, 1987). Anteriormente, em 1974, já vislumbrando a necessidade em considerar outras variáveis à conceituação de desenvolvimento, além de questões socioeconômicas,

alguns intelectuais incluem fatores culturais, políticos e ambientais à ideia de desenvolvimento, o que levou ao surgimento da denominação “*ecodesenvolvimento*” (LEEF, 2005).

Cada sociedade, ao longo da nossa estada na Terra busca sua sobrevivência e prosperidade das mais diversas formas, sendo que, muitas vezes, sem considerar que a busca de recursos para essas finalidades pode causar impactos sobre outros seres vivos. Isso porque há aqueles que consomem recursos de forma a deixar como herança para as futuras gerações apenas a escassez; fato que se opõe à atual definição de desenvolvimento sustentável, que é aquele que “[...] atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades” (ONU, 1987).

Atualmente, em virtude do avanço tecnológico e da ampliação do conhecimento sobre como se dá a relação entre a humanidade e o ambiente do qual depende para viver, existem mais condições do que em outros tempos de conciliar as necessidades humanas com as leis naturais e, conseqüentemente, maiores chances de prosperar; visto que, além da visão tecnicista, o arcabouço cultural e espiritual de uma dada sociedade pode reforçar os seus interesses econômicos e de sobrevivência. Por isso, há a necessidade de se considerar as pessoas como objetos do desenvolvimento, incluindo, na concepção de desenvolvimento e sustentabilidade, fatores culturais, políticos, espirituais e outros que permeiam as relações humanas (ONU, 1987).

Dessa forma, pode-se considerar que, para alcançar o almejado desenvolvimento sustentável, são necessárias ações que promovam relações sociais justas, suficiência e equilíbrio econômico, adequação territorial, respeito ao meio ambiente, melhoria da qualidade de vida e bem-estar, respeito às heranças culturais e representatividade política (MENDES, 2009).

Ainda não existe consenso entre os diversos estudiosos do assunto quanto ao número de dimensões da sustentabilidade e suas abrangências, embora haja certo consenso sobre quais seriam as dimensões principais - ambiental, econômica e social (BARBOSA, 2013).

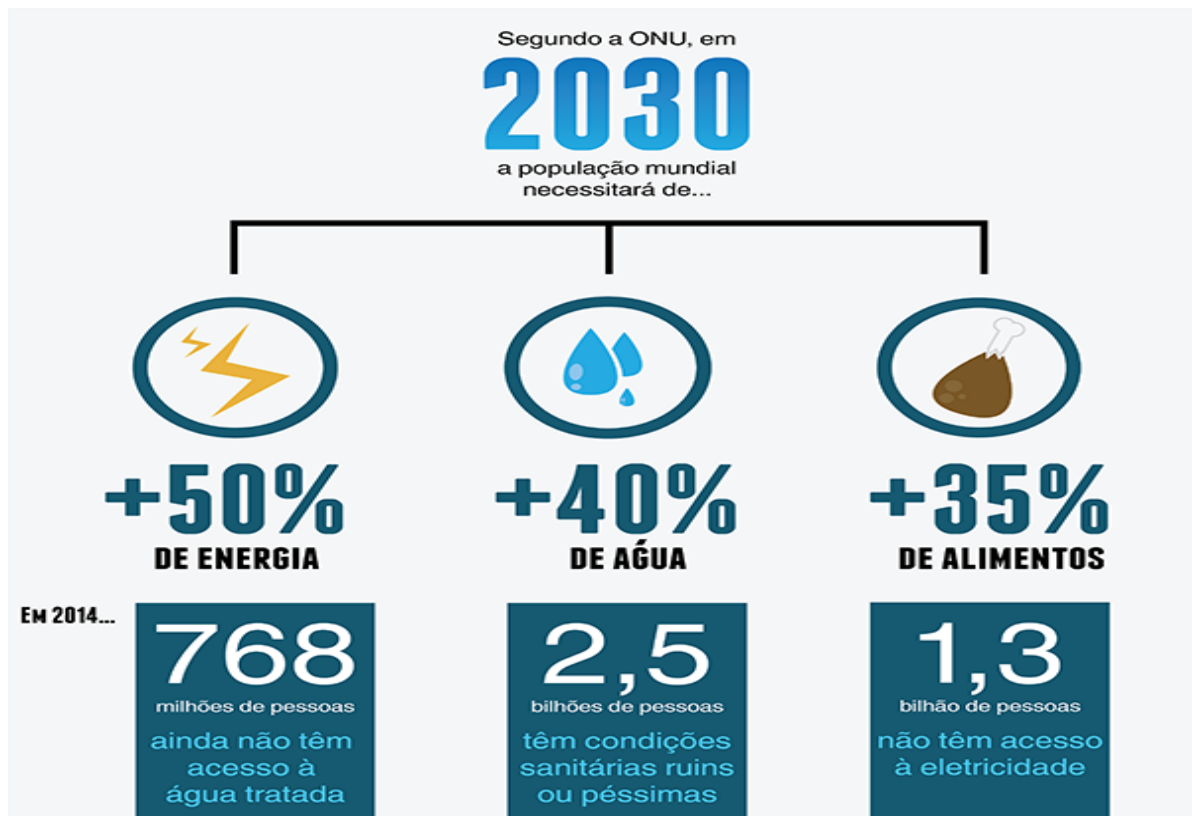
Sachs (1993) propõe seis dimensões componentes do conceito de sustentabilidade, a saber: ecológica, econômica, territorial ou espacial, cultural e política. Já em 2002, o mesmo autor atualiza sua definição quanto ao conceito de sustentabilidade, propondo oito dimensões - adicionando às seis anteriores, a dimensão psicológica e desmembrando a antiga dimensão política em política nacional e política internacional.

Um fato que merece destaque é a inclusão da dimensão psicológica por Sachs (2002) que considerou, ao incluí-la, as emoções e percepções de bem-estar dos indivíduos vinculados aos ambientes onde estão inseridos.

No entanto, Foladori (2002) afirma que o número de dimensões que compõem o conceito de sustentabilidade pode ser mais sintético, considerando que as dimensões política, cultural e psicológica podem ser tratadas dentro da conceituação da dimensão social.

Uma grande especialista em água que trabalha nos organismos da ONU sobre o tema, a canadense Maude Barlow (2009), afirma em seu livro “*Água pacto azul: a crise global da água e a batalha pelo controle da água potável no mundo*”: “A população global triplicou no século XX, mas o consumo da água aumentou sete vezes. Em 2050 quando teremos 3 bilhões de pessoas a mais, necessitaremos de 80% a mais de água somente para o uso humano; e não sabemos de onde ela virá”. Esse cenário é dramático, pois coloca claramente em xeque a sobrevivência da espécie humana e de grande parte dos seres vivos.

Figura 05 - Cenário mundial previsto pela ONU para o ano de 2030



Fonte: Organização das Nações Unidas (2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Contextualização da pesquisa

O projeto foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV) – *Campus Florestal*, entre os meses de janeiro de 2017 a dezembro de 2018, sendo parte integrante do Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - *Campus Bambuí/MG*.

4.2 A Universidade Federal de Viçosa - *Campus Florestal*

Conforme histórico da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal* (2018), em 26 de abril de 1939, no Governo de Benedito Valadares, foi inaugurada a Fazenda-Escola de Florestal, que se destinava à formação de capatazes e administradores de fazendas, além de ministrar cursos rápidos para fazendeiros.

Em 1943, foi dada outra finalidade ao estabelecimento que passou a abrigar menores, ministrando-lhes ensino primário e profissional agrícola, subordinado ao Departamento de Ensino Técnico da Secretaria da Agricultura de Minas Gerais.

O Decreto nº. 2740, de 26 de maio de 1948, quando governador do estado, o Dr. Milton Soares Campos e Secretário da Agricultura o Dr. Américo René Gianetti transformou a Fazenda-Escola em Escola Média de Agricultura de Florestal (EMAF) e seu primeiro diretor foi o Professor Geraldo Francisco Correa, da Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV).

A Escola Média de Agricultura de Florestal foi regulamentada pelo Decreto-Lei nº 2931, de 13 de novembro de 1948, iniciando suas atividades em abril de 1949, com o Curso Médio de Agricultura, destinado à formação de técnicos agrícolas.

Pela Lei nº. 1360, de 05 de setembro de 1955, foi a EMAF incorporada à Universidade Rural do Estado de Minas Gerais (UREMG), atual Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A originária instituição, intitulada Escola Média de Agricultura de Florestal, passou a ser denominada, a partir de 20 de novembro de 1981, Central de Ensino e Desenvolvimento

Agrário de Florestal, através da Portaria 102/81. Recentemente por força da Resolução nº. 7/2006, do Conselho Universitário passou a denominar-se “Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Florestal”.

Em 2018, a UFV – *Campus* Florestal contava com 116 professores, 205 servidores técnicos administrativos, 99 servidores terceirizados, 800 alunos dos seis cursos técnicos presenciais, 2.000 alunos do MEDIOTEC (Cursos técnicos à distância), 1.470 alunos dos dez cursos de graduação e 87 alunos dos três cursos de mestrado; totalizando 4.777 pessoas fazendo parte da comunidade acadêmica do *Campus*. Conta também com seis cursos técnicos: Agropecuária, Alimentos, Eletrônica, Eletrotécnica, Hospedagem e Informática; com dez cursos de graduação: Administração, Agronomia, Ciências da Computação, Ciências Biológicas, Educação Física, Engenharia de Alimentos, Tecnologia em Gestão Ambiental, Física, Matemática e Química e três cursos de pós-graduação: Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT e Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional – PROFIAP. Juntos, esses cursos (técnicos, graduação e pós-graduação) reúnem cerca de 4.357 estudantes. O *Campus* Florestal é um dos três campi da UFV que também está presente nas cidades de Viçosa e Rio Paranaíba (UFV, 2018).

O *Campus* tem um total de 116 edificações, sendo que dessas, 12 edificações têm acima de 1.000 metros quadrados e 05 prédios são novos e foram impulsionados a partir do ano de 2006, quando a Instituição passou a ser um *Campus* Universitário.

A Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal ocupa uma extensão de 1.674,08 hectares, sendo 777,28 hectares de florestas nativas (Figura 06).

Figura 06 - Vista aérea da parte central da UFV – *Campus Florestal*

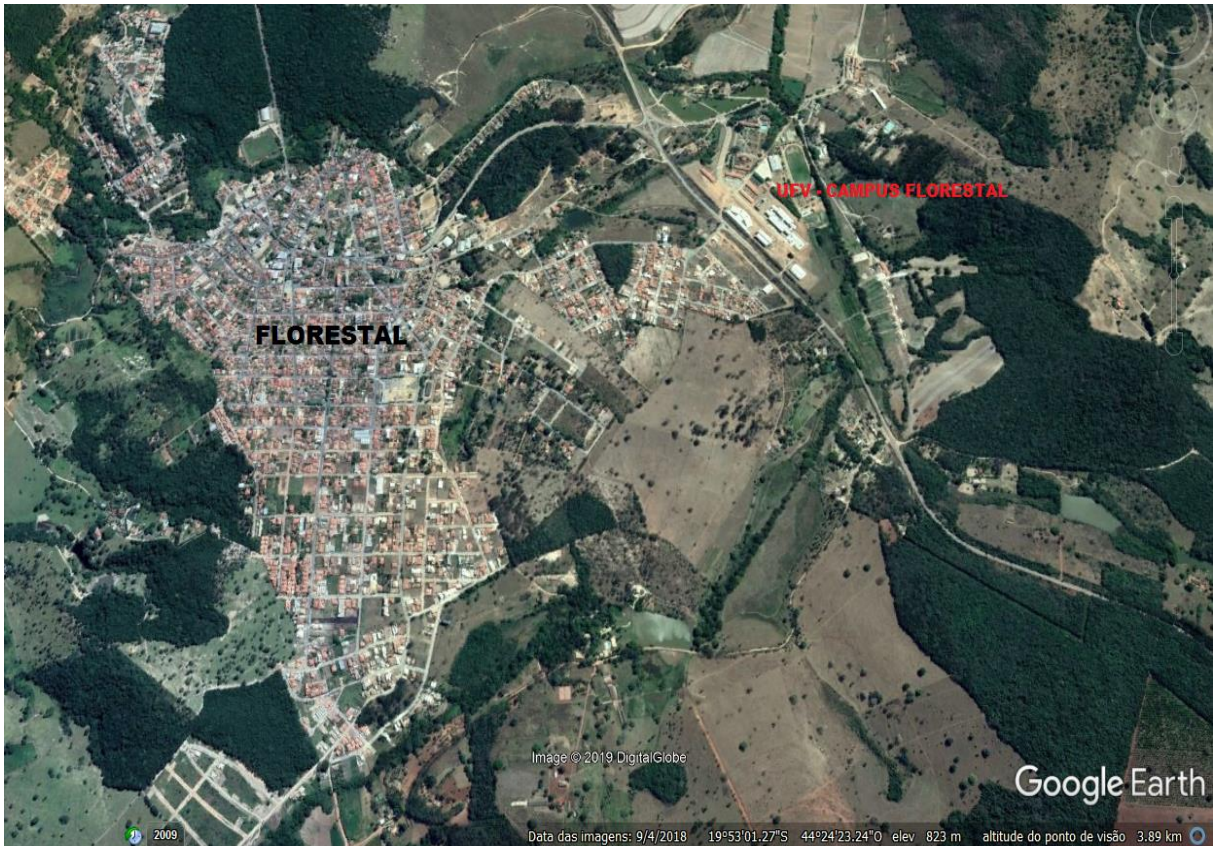
Fonte: Google Earth (2018).

4.3 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na cidade de Florestal/MG, que está situada a 68 km da capital mineira (Belo Horizonte) e limita-se à norte e à leste com a cidade de Esmeraldas, sendo sua divisa, o córrego Candonga; ao sul e à oeste faz divisa com a cidade de Pará de Minas, sendo sua divisão, o córrego das Contendas; ao leste está limitada às cidades de Mateus Leme e Juatuba. Situa-se à margem esquerda do rio Paraopeba, tomando como base o curso natural das águas.

De acordo com o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, a cidade de Florestal – MG possuía uma população de 6.600 pessoas, com um número estimado de 7.343 pessoas para o ano de 2017 e com uma densidade geográfica de 34,48 hab/ km² (Figura 07).

Figura 07 - Vista aérea da cidade de Florestal-MG



Fonte: Google Earth (2018).

4.4 Análise pluviométrica da Cidade de Florestal-MG

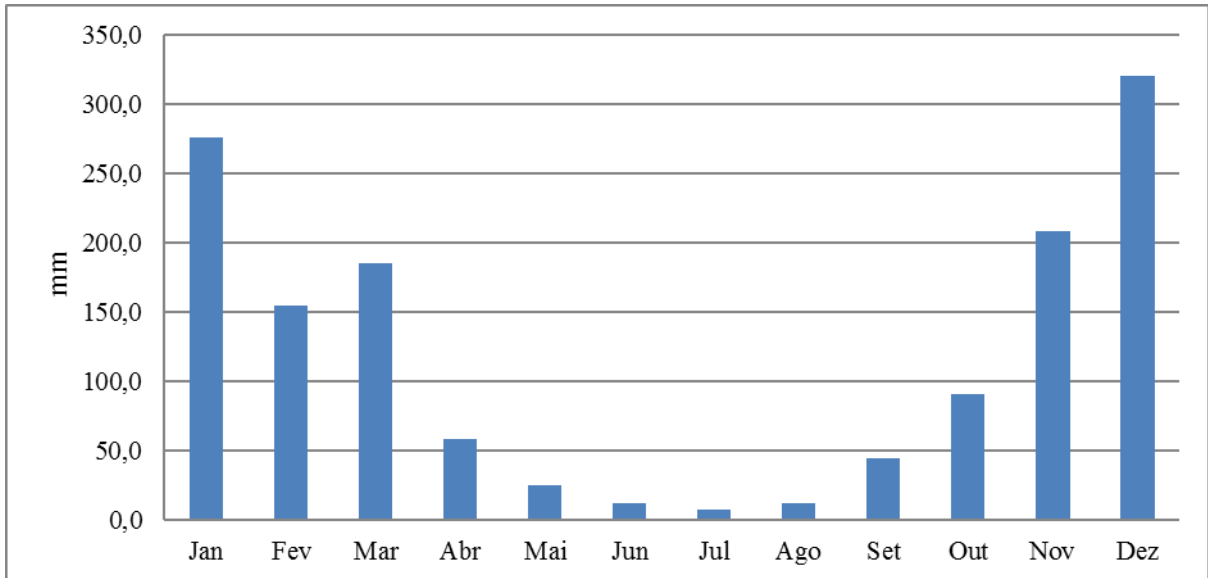
Em INMET (2015) foi realizada uma pesquisa das médias pluviométricas mensais anuais da cidade de Florestal-MG na estação 83851, com o objetivo de calcular a capacidade de captação de águas pluviais da Universidade Federal de Viçosa- *Campus Florestal* e dimensionar a capacidade apropriada do reservatório (Caixa d'água) para serem armazenadas águas pluviais captadas (Tabela 04 e figura 08).

TABELA 04 - Normais climatológicas (1981-2010) de Florestal – MG (Estação 83581)

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano
275,5	154,4	185,1	58,5	25,3	12,0	7,4	12,1	44,5	90,6	208,1	319,9	1.393,4
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm

Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2015).

Figura 08 - Média das normais climatológicas de Florestal (1981 a 2010)
com total anual de 1.393,40 mm



Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2015).

Exemplificando o potencial de captação de águas pluviais, levando em consideração o relatório do Departamento de Engenharia da UFV – *Campus Florestal*, atualmente a Instituição possui 116 edificações, totalizando 42.923,12 m² de área construída coberta, que, ao ser multiplicado por 1.393,4 mm (Médias Anuais Totais – Florestal/MG) a Universidade poderia captar um total de aproximadamente 59.809,075 m³ de água pluvial (UFV, 2018).

4.5 Uso da água na UFV – *Campus Florestal*

Com base nesse contexto e devido à necessidade de se buscar novas fontes de água, o projeto executado durante o curso de Mestrado procurou desenvolver um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais para reutilização em diversos processos hídricos no setor de fruticultura da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*, como lavar implementos e maquinários agrícolas; mas, priorizando a irrigação das mudas frutíferas.

A água utilizada pela Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal* é captada em quatro poços artesianos, sendo eles nomeados de poço da AESE, AGROINDÚSTRIA, VÁRZEA VELHA e VÁRZEA.

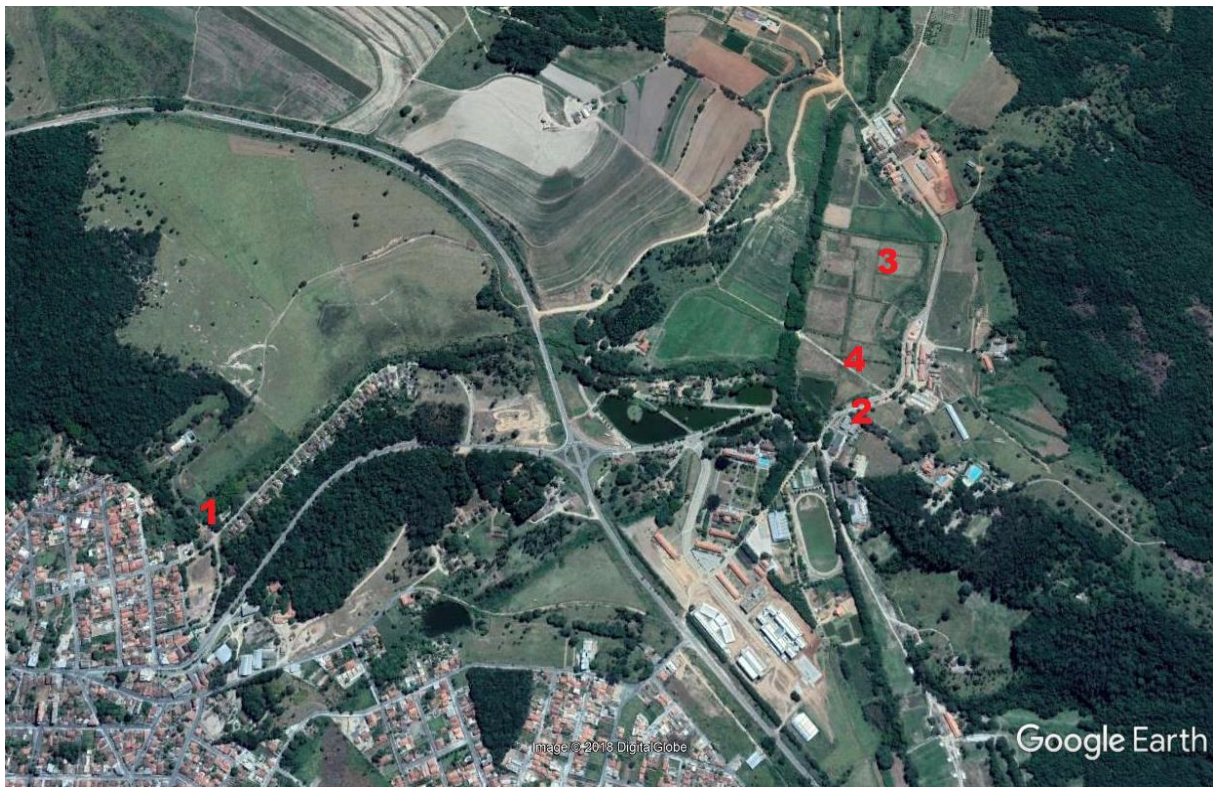
Os quatros poços artesianos têm as seguintes coordenadas geográficas e volumes outorgados (Tabela 05 e figura 09):

TABELA 05 – Poços artesianos

POÇOS	COORDENADAS	VOLUME OUTORGADO
1- AESE AVIÁRIO	19°53'8,6'' – 44°25'44,3''	46 m ³ /dia
2- AGROINDÚSTRIA	19°52'57,7'' – 44°24'56,6''	78 m ³ /dia
3- VÁRZEA VELHA	19°52'45,5'' – 44°24'54,7''	15 m ³ /dia
4- VÁRZEA	19°52'54,2'' – 44°24'56,2''	70 m ³ /dia

Fonte: Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal* (2018).

Figura 09 – Localização geográfica dos poços artesianos da UFV – *Campus Florestal*



- 1- Poço artesiano da AESE AVIÁRIO; 2- Poço artesiano da AGROINDÚSTRIA;
3- Poço artesiano da VÁRZEA VELHA; 4- Poço artesiano da VÁRZEA.

Fonte: Google Earth (2018).

4.5.1 Consumo anual de água na UFV – *Campus Florestal* (2017)

A Universidade Federal de Viçosa - *Campus Florestal* possui quatro poços artesianos denominados como poço da AESE, poço da AGROINDÚSTRIA, poço VÁRZEA e poço VÁRZEA VELHA. No ano de 2017 consumiu 77.326 m³ (77.326.000 litros) de água (Tabela 06).

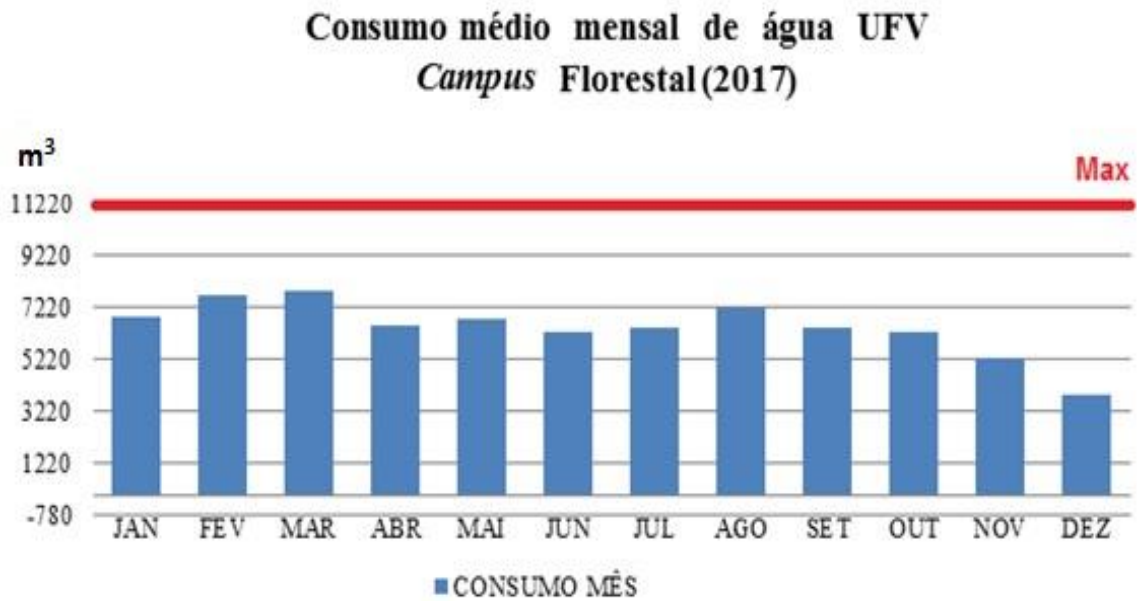
Na Tabela 06 são apresentados os resultados do consumo geral, a cada mês, de água da UFV – *Campus Florestal* no ano de 2017, medidos nos hidrômetros instalados nas saídas dos quatro poços artesianos bem como a capacidade máxima de captação mensal total dos referidos poços, que corresponde à produção máxima de água que os quatro poços artesianos existentes no *Campus* conseguem produzir mensalmente, trabalhando 24 horas por dia.

TABELA 06 - Consumo de água da UFV – *Campus Florestal* em 2017

MÊS	CONSUMO GERAL MÊS MICROMEDIDOS EM HIDROMETROS (m³)	CAPACIDADE MÁXIMA DE CAPTAÇÃO MENSAL (m³)
JAN	6.825	11.220
FEV	7.664	
MAR	7.841	
ABR	6.548	
MAI	6.741	
JUN	6.250	
JUL	6.427	
AGO	7.201	
SET	6.428	
OUT	6.271	
NOV	5.257	
DEZ	3.873	
TOTAL	77.326	

Fonte: Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal* (2018).

Figura 10 - Consumo anual e máximo de água da UFV – *Campus Florestal* em 2017



Fonte: Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal* (2018).

Conforme pode ser observado na figura 10, o mês de dezembro apresenta o menor consumo médio mensal de água, sendo apenas de 3.873 m³, por se tratar de período de férias escolares, durante o qual o *Campus UFV – Florestal* fica praticamente vazio, mantendo apenas as suas atividades produtivas e administrativas. Em contrapartida, o mês de março apresenta o maior consumo médio mensal de água pela Universidade, sendo de 7.841 m³, devido ao retorno de todas as atividades acadêmicas, de extensão e de pesquisa.

4.6 Experimentos preliminares

Foram realizados experimentos anteriores para calcular a quantidade e avaliar a qualidade de água captada no telhado do prédio principal do Setor de Fruticultura. Para tanto, foram colocados 08 recipientes de 20 litros para o armazenamento da água captada em cada saída da calha já existente no telhado (Figura 11 a, b, c, d). O primeiro experimento não obteve o sucesso esperado, pois as primeiras chuvas do ano foram acompanhadas de rajadas de vento que tomaram os recipientes. Por isso, colocou-se uma pedra de paralelepípedo de aproximadamente 02 quilos dentro do recipiente para lhe dar estabilidade e não tombar com o vento; assim, foi obtido êxito no experimento.

Figura 11 – Primeiros experimentos de captação das águas pluviais:

- (a) Reservatórios colocados em todas as saídas das calhas do Prédio Principal da Fruticultura;
- (b) Experimentos de captação das águas pluviais;
- (c) Segundo experimento de captação das águas pluviais;
- (d) Fim dos experimentos de captação das águas pluviais.

Figura 11a



Figura 11b



Figura 11c



Figura 11d



Fonte: Elias Rezende (2017).

4.7 Instalação do sistema de coleta das águas pluviais

4.7.1 Plano de trabalho

No desenvolvimento do projeto, para o armazenamento e distribuição da água captada, desenvolveu-se um Plano de Ação, dividido em etapas chaves, que implicaram na elaboração do projeto no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2018. Essas etapas foram:

- Identificar as edificações para a implantação do projeto;
- Medir os telhados das edificações;
- Calcular o custo financeiro;
- Licitar os materiais necessários;
- Licitar a mão de obra;
- Construir base para os reservatórios;
- Instalar as calhas e tubulações;
- Armazenar a água pluvial;
- Realizar análise física, química e biológica da água armazenada e
- Distribuir água reservado-armazenada aos devidos fins.

4.7.2 Escolha do local para a instalação do projeto

Foi escolhido o Setor de Fruticultura como a amostra experimental do projeto em foco, por ser estratégico, já que o telhado de sua edificação principal fica em frente ao viveiro de mudas frutíferas, as quais podem se beneficiar com a irrigação da água pluvial captada e armazenada (Figura 12).

Figura 12 – Vista aérea do Setor de Fruticultura da UFV- *Campus Florestal*



Fonte: Google Earth (julho 2018).

A estrutura do telhado apresentava quatro calhas de zinco com diâmetro de 13 cm cada e tubulação de condução de queda da água pelas correntes de plástico até o solo, sem nenhuma utilização da água pluvial.

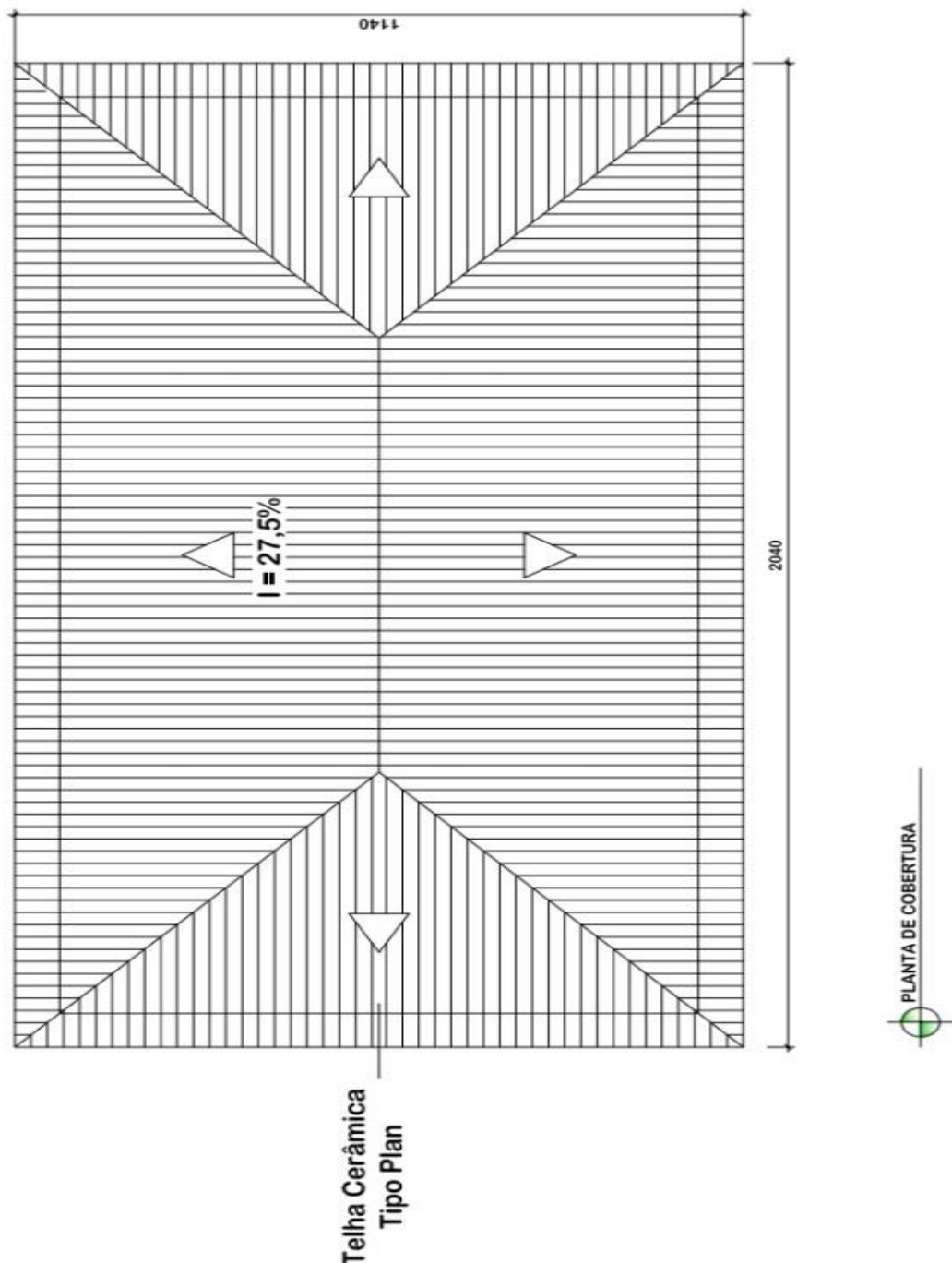
Após a identificação da situação acima mencionada, foi desenvolvido um sistema de captação e de armazenamento de águas pluviais no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*, onde as águas pluviais escorreram diretamente do telhado para as calhas e seguiram por condutores até o reservatório.

Todo o projeto de captação de água pluvial atendeu às normas ABNT NBR 5626 (1988) e ABNT NBR 10844 (1989).

4.7.3 Medição do telhado do prédio principal do Setor de Fruticultura

Para a captação de águas pluviais, utilizou-se o telhado do prédio principal do Setor de Fruticultura, o qual possui uma área de projeção de 232,56 m² construída com telhas de cerâmica (Tipo Plan) e dotada de quatro águas com inclinação de 27,5% (Figura 13).

Figura 13 – Planta do telhado do prédio principal do Setor de Fruticultura da UFV- *Campus Florestal* com 232,56 m²



Fonte: Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal* (2018).

Na figura 15 é apresentada uma vista panorâmica do prédio principal do Setor de Fruticultura da UFV- *Campus Florestal*.

Figura 15 – Foto do prédio principal do Setor de Fruticultura



Fonte: Elias Rezende (2017).

É importante mencionar que, atrás do prédio principal do Setor de Fruticultura, há um viveiro de mudas de manga, laranja, mexerica, abacate e maracujá. Esse possui 65 m² com capacidade máxima de abrigar até 2.000 mudas, as quais permanecem em média um ano no viveiro.

A escolha do Setor de Fruticultura da UFV- *Campus Florestal* foi estratégico no que se refere à utilização das águas pluviais para fins não potáveis, uma vez que, esse setor utiliza água na irrigação durante quase todo o ano e por já existir uma estrutura adequada, na qual há uma proximidade do Prédio Principal do Setor de Fruticultura com o viveiro de mudas frutíferas. (Figura 16).

Figura 16 – Foto do prédio principal e do viveiro de mudas do Setor de Fruticultura



Fonte: Elias Rezende (2017).

4.7.4 Escolha do local ideal para instalação dos reservatórios

Após os cálculos dos reservatórios, foi escolhido o local estratégico para sua instalação, cuja área está situada atrás do viveiro de mudas do Setor de Fruticultura da UFV – *Campus Florestal*, uma vez que o sistema de captação foi desenvolvido por gravidade, composto por calhas, tubulações de condução e reservatórios de armazenamento das águas pluviais, assegurando assim, uma maior viabilidade econômica com baixo custo, pautado na sustentabilidade, sem a necessidade de consumo de energia elétrica ou motor a combustão, quando for utilizar a água armazenada, a qual sairá também por gravidade. (Figura 17).

Figura 17 – Área escolhida para a construção da base para instalação dos reservatórios.



Fonte: Elias Rezende (2017).

4.7.5 Cálculos e aquisições dos materiais de construção

Foi calculada a área da base para instalação dos reservatórios para armazenamento da água captada. Com os dados, pode-se realizar o cálculo da mão de obra e dos materiais de construção necessários à execução da obra.

A Administração da UFV – *Campus Florestal* licitou o material e a mão de obra para a execução de todo o projeto. Nas tabelas 07 e 08, são apresentadas as descrições dos materiais de construção e mão de obra que foram utilizados para construção da base para a instalação dos reservatórios.

TABELA 07 – Materiais utilizados para construção da base para os dois reservatórios:

MATERIAL	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Areia lavada média	05 metros	R\$80,00	R\$400,00
Brita nº 00	02 metros	R\$90,00	R\$180,00
Pedra calçadinha	01 metro	R\$90,00	R\$ 90,00
Cimento	20 sacos	R\$15,00	R\$300,00
Cal para reboco	03 sacos	R\$ 9,00	R\$ 27,00
Ferro 5/16	09 unidades	R\$24,00	R\$216,00
Blocos 0,20	77 unidades	R\$ 2,00	R\$154,00
VALOR TOTAL DE MATERIAL			R\$1.367,00

Fonte: Depósito do Fernando – Florestal-MG (2017).

TABELA 08 – Mão de obra para construção da base para os reservatórios:

MÃO DE OBRA UTILIZADA	PREÇO POR DIA	QUANTIDADE DE DIAS	TOTAL
Pedreiro	R\$150,00	07	R\$1.050,00
Servente	R\$80,00	07	R\$ 560,00
VALOR TOTAL DA MÃO DE OBRA			R\$1.610,00

Fonte: Flora Soluções Ltda. – Florestal-MG (2017).

Assim, o custo total dos materiais utilizados para construção da base para os dois reservatórios, somado com o custo da sua respectiva mão de obra, resultaram no valor de R\$2.977,00.

Foi realizada a aquisição dos materiais para serem utilizados na construção da base de apoio das caixas d'águas (Figura 18).

Figura 18 – Foto dos materiais de construção adquiridos.



Fonte: Elias Rezende (2017).

4.7.6 Execução do projeto da construção da base para os reservatórios

O projeto da construção da base para os reservatórios teve início no dia 26 de novembro de 2017. Começou com o alinhamento e corte do talude para construir o muro de arrimo de modo a evitar o desmoronamento do solo no futuro (Figura 19).

Figura 19 - Início da obra para construção da base para instalação dos reservatórios:
 (a) Alinhamento do muro de arrimo; (b) Início da escavação para base em concreto; (c) Escavação para cintas e base em concreto; (d) Armações de ferragem para base da estrutura; (e) Concretagem da base.

Figura 19a



Figura 19b



Figura 19c



Figura 19d



Figura 19e



Fonte: Elias Rezende (2017).

No dia 15 de dezembro de 2017, foi finalizada a obra projetada para a instalação dos reservatórios de águas pluviais, necessários para o depósito de águas captadas do telhado do prédio principal do Setor de Fruticultura da UFV – *Campus* Florestal, com capacidade máxima de 10.000 litros de água, haja vista a redução orçamentaria prevista para o projeto (Figura 20).

Figura 20 - Finalização da obra da base para instalação dos reservatórios.



Fonte: Elias Rezende (2017).

4.7.7 Cálculos e instalações dos materiais hidráulicos

Foi calculado a mão de obra e os materiais hidráulicos necessários para a execução do projeto. A administração da UFV – *Campus* Florestal reconheceu a importância do projeto relacionado ao meio ambiente. Com isso, licitou os materiais e a mão de obra para a execução de todo o projeto hidráulico (Tabela 09).

TABELA 09 - Lista de materiais hidráulicos para instalação do projeto:

QTE	MATERIAL	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
03	Flange de 02 polegadas colável	R\$18,00	R\$54,00
03	Redução de 1 ½ polegadas para 01 polegada colável	R\$3,50	R\$10,50
02	União azul de ¾ polegadas para 25' com bucha de latão	R\$3,00	R\$6,00
01	Tubo de cola de 175 gramas	R\$8,30	R\$8,30
03	Registros de ¾ gaveta	R\$35,00	R\$105,00
35	Anel de 75 mm esgoto	R\$1,00	R\$35,00
15	Anel de 100 mm esgoto	R\$1,50	R\$22,50
05	Tê de 75 mm esgoto	R\$6,50	R\$32,50
16	Curva de 90° de 75 mm esgoto	R\$3,00	R\$48,00
09	Buchas de redução de 100 mm para 75 mm esgoto	R\$4,00	R\$36,00
04	Luvax de 75 mm esgoto	R\$3,00	R\$12,00
05	Luvax de 100 mm esgoto	R\$3,00	R\$15,00
10	Tubos de 75 mm esgoto	R\$42,00	R\$420,00
10	Tubos de 100 mm esgoto	R\$47,00	R\$470,00
35	Braçadeiras com parafuso e buchas para cano de 75 mm	R\$1,50	R\$52,50
35	Braçadeiras com parafuso e buchas para cano de 100 mm	R\$2,00	R\$70,00
02	Caixa d'água de capacidade para 5.000 litros	R\$1.900,00	R\$3.800,00
TOTAL DE MATERIAL			R\$5.197,30

Fonte: Depósito do Fernando - Florestal-MG (2017).

TABELA 10 – Mão de obra de bombeiro hidráulico para instalação do projeto:

MÃO DE OBRA UTILIZADA	PREÇO POR DIA	QUANTIDADE DE DIAS	TOTAL
Bombeiro hidráulico	R\$150,00	10	R\$1.500,00
VALOR TOTAL DA MÃO DE OBRA			R\$1.500,00

Fonte: Flora Soluções Ltda. – Florestal-MG (2017).

Assim, o custo total dos materiais hidráulicos utilizados para a instalação do projeto, somado com o custo da sua respectiva mão de obra, resultaram no valor de R\$6.697,30.

4.7.8 Instalações hidráulicas do projeto de captação e armazenamento de águas

As instalações hidráulicas do Projeto de Captação e Armazenamento de águas foram iniciadas no dia 18 de dezembro de 2017. Primeiramente, foram retiradas as correntes de plástico que estavam instaladas nas saídas das calhas do telhado do prédio principal do Setor de Fruticultura da UFV – *Campus Florestal*. Após essa etapa, foi utilizada uma mangueira de nível para determinar a inclinação adequada da tubulação para o escoamento da água captada até os reservatórios. Em seguida, foram instalados as conexões e os tubos (Figura 21).

Figura 21 - Materiais para instalações hidráulicas:

- (a) Tubulações hidráulicas; (b) Conexões hidráulicas; (c) Instalações hidráulicas; (d) Instalações hidráulicas.

Figura 21a



Figura 21b



Figura 21c



Figura 21d



Fonte: Elias Rezende (2017).

Foram instaladas na base construída, dois reservatórios de 5.000 litros de polietileno, totalizando um depósito de 10.000 litros de águas pluviais (Figura 22).

Figura 22 - Reservatório de água com capacidade para 10.000 litros



Fonte: Elias Rezende (2017).

4.7.9 Sistema de filtro de água pluvial autolimpante

Instalou-se na parte superior do reservatório um sistema de filtro de água pluvial autolimpante de 100 mm e de baixo custo. Fixado na tubulação de descida de água da calha do telhado, esse filtro retém as sujeiras mais grossas como folhas secas de árvores, pequenos insetos (geralmente mortos e secos), penas de pássaros, fezes de animais, etc. (Figuras 23).

Figuras 23 - Fotos dos filtros de água pluvial autolimpante:

(a) Vista de frente do filtro, (b) Vista interna do filtro.

Figura 23a



Figura 23b



Fonte: Elias Rezende (2017).

Vale ressaltar que esse filtro é o primeiro componente de um sistema completo de aproveitamento de água pluvial. De maneira complementar, é necessário ter um separador das primeiras chuvas fracas para depois enviar a água pluvial forte (que estará bem mais limpa) para os reservatórios. A montagem desse filtro é feita com dois pedaços de tubo de PVC, um encaixado dentro do outro, com uma tela (tela mosquiteiro) entre os dois tubos, inclinada (+/- 45°) e uma abertura (lateral) para o descarte das sujeiras. As sujeiras mais finas que passarem

pela tela vão para o segundo estágio do sistema de aproveitamento da água pluvial, que é o separador das águas. Esse filtro, além de ser autolimpante, também vai descartar uma parte da água pluvial fraca e uma pequena porção das chuvas fortes para fazer a limpeza da tela (Figura 24).

Figura 24 - Sistema de filtragem de impurezas em funcionamento:

(a) Filtro instalado vista de frente; (b) Filtro instalado vista geral.

Figura 24a



Figura 24b



Fonte: Elias Rezende (2017).

4.7.10 Término das instalações hidráulicas do projeto

As duas caixas foram interligadas entre si, em sua base por um tubo de PVC para que elas enchessem simultaneamente (Figura 25a). Foi instalado um registro em cada caixa d'água para saída da água armazenada e adaptado na parte superior de uma das caixas uma saída com um tubo PVC para o estorno da água excedente, e adaptou uma corrente de plástico para evitar erosão ao escoar a água excedente (Figura 25b).

Figura 25 - Interligação entre os reservatórios e a saída do excedente de água:
 (a) Interligação dos Reservatórios; (b) Tubulação para estorno da água excedente.

Figura 25a



Figura 25b



Fonte: Elias Rezende (2017).

As tubulações de 75 mm foram fixadas com braçadeiras nas quatro paredes externas do prédio para dar estabilidade em todo sistema hidráulico. Por fim, foram colocados tubos de 100 mm do final da tubulação passando na parte superior do viveiro de mudas frutíferas até reservatório para que houvesse uma maior capacidade de água de recebimento de água captada de todo o telhado (Figura 26).

Figura 26 - Fotos das tubulações do prédio principal



Fonte: Elias Rezende (2017).

As instalações hidráulicas foram finalizadas no dia 21 de dezembro de 2017, quando foi avaliado todo o sistema para verificar se havia algum vazamento e se a saída da água dos reservatórios estava funcionando de acordo com o projeto proposto (Figura 27).

Figura 27 - Finalização da instalação do projeto



Fonte: Elias Rezende (2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Cálculos dos reservatórios para o armazenamento da água coletada

Na execução do projeto proposto, utilizaram-se os dados técnicos do projeto para os cálculos dos reservatórios para o armazenamento da água coletada através dos métodos de Rippl, da Simulação, Azevedo Neto ou Método Prático Brasileiro, Prático Alemão e Inglês; por meio dos quais é possível calcular a estimativa do volume de armazenamento de águas pluviais necessário para garantir uma vazão regular e constante durante o período crítico de estiagem observado.

5.1.1 Dados técnicos do projeto

Os dados técnicos do projeto, tais como área do telhado, fator de evaporação, consumo dia e consumo mensal seguem detalhado na tabela 11:

TABELA 11 - Dados técnicos do projeto

Dados do Projeto (Técnico)												
Área do telhado (m ²)	232,56											
Fator evaporação (%)	85%											
Consumo dia (m ³)	0,4											
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dias mês	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Consumo mensal (m ³)	12,4	11,2	12,4	12	12,4	12	12,4	12,4	12	12,4	12	12,4

Fonte: Elias Rezende (2018)

5.1.2 Cálculo pelo Método de Rippl

Neste método, podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad \text{Equação 1}$$

$$Q(t) = C \times P \times A \quad \text{Equação 2}$$

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

Sendo que: $\sum S(t) < \sum Q(t)$

Na qual,

S(t) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L);

D(t) é a demanda ou consumo de água pluvial no tempo t (L);

Q(t) é o volume de água pluvial no tempo t (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial (adotado como 0,80 segundo recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007));

P é precipitação média no tempo t (mm);

A é área de captação em projeção no terreno (m²).

TABELA 12 - Cálculo pelo Método de Rippl

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de Captação (m ³)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Situação reservatório
Janeiro	572,50	12,4	232,56	113,17	-100,77		E
Fevereiro	154,40	11,2	232,56	30,52	-19,32		E
Março	185,10	12,4	232,56	36,59	-24,19		E
Abril	58,50	12,0	232,56	11,56	0,44	11,56	R
Maio	25,30	12,4	232,56	5,00	7,40	5,00	R
Junho	12,00	12,0	232,56	2,37	9,63	2,37	R
Julho	7,40	12,4	232,56	1,46	10,94	1,46	R
Agosto	12,10	12,4	232,56	2,39	10,01	2,39	R
Setembro	44,50	12,0	232,56	8,80	3,20	8,80	R
Outubro	90,60	12,4	232,56	17,91	-5,51		A
Novembro	208,10	12,0	232,56	41,14	-29,14		A
Dezembro	319,90	12,4	232,56	63,24	-50,84		E
Coeficiente de runoff (CR) 85%						31,58	

Fonte: Elias Rezende (2018).

Sendo:

E – Excedendo o nível de capacidade máxima do reservatório

R – Reduzindo o nível de água do reservatório

A – Aumentando o nível de água do reservatório

5.1.3 Cálculo pelo Método da Simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$Q(t) = C \times P \times A \quad \text{Equação 4}$$

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad \text{Equação 5}$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

Na qual,

Q(t) é o volume de chuva no tempo t (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial (0,80);

P é precipitação média no tempo t (mm);

A é área de captação em projeção no terreno (m²);

S(t) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L);

S(t-1) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t-1 (L);

D(t) é o consumo ou demanda de água pluvial no tempo t (L);

V é o volume do reservatório fixado.

NOTA: Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representados para as condições futuras.

TABELA 13 - Cálculo pelo Método da Simulação

Coeficiente de Runoff (CR)									
85%									
Volume do reservatório (m ³)									
10									
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de Captação da Chuva (m ³)	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)	Excesso de água	Suprimento de água externo (m ³)
Janeiro	572,50	12,4	232,56	113,17	10,00	0	10	10	0
Fevereiro	154,40	11,2	232,56	30,52	10,00	10	10	10	0
Março	185,10	12,4	232,56	36,59	10,00	10	10	10	0
Abril	58,50	12,0	232,56	11,56	10,00	10	10	10	0
Mai	25,30	12,4	232,56	5,00	10,00	10	3	10	0
Junho	12,00	12,0	232,56	2,37	10,00	3	0	0	-7
Julho	7,40	12,4	232,56	1,46	10,00	0	-1	0	-11
Agosto	12,10	12,4	232,56	2,39	10,00	0	-7	0	-10
Setembro	44,50	12,0	232,56	8,80	10,00	0	-3	0	-3
Outubro	90,60	12,4	232,56	17,91	10,00	0	6	10	0
Novembro	208,10	12,0	232,56	41,14	10,00	6	6	10	0
Dezembro	319,90	12,4	232,56	63,24	10,00	6	6	10	0
Total	1.690,40	146		334,15					- 30,80

Fonte: Elias Rezende (2018).

Coluna 1: meses do ano.

Coluna 2: precipitações médias de chuva para o mês.

Coluna 3: consumo mensal de água pluvial da edificação.

Coluna 4: área de captação da chuva.

Coluna 5: volume de água pluvial calculado para cada mês. Este valor é resultante do cálculo coluna 2 x coluna 4 x valor do coeficiente de Runoff.

Coluna 6: valor estipulado para cisterna para água pluvial, fixo para todos os meses. Com base neste valor será possível constatar a quantidade de água que extravasa e a quantidade de água que falta em cada mês.

Coluna 7: corresponde ao volume do reservatório computado no mês anterior. Deve-se considerar que, no primeiro mês, no caso janeiro, o reservatório está vazio, ou seja, o valor é zero. A regra para o preenchimento desta coluna é: considere o volume computado no mês anterior na coluna 8. Se for maior do que zero, adota-se ele; caso contrário, coloque zero.

Coluna 8: situação do volume do reservatório no mês corrente. No primeiro mês, deve-se considerar o reservatório cheio. Nos demais, preencha a coluna de acordo com o critério: $\text{coluna 5} + \text{coluna 7} - \text{coluna 3} > \text{coluna 6}$, usa-se o valor da coluna 7; caso contrário, adota-se o resultado do cálculo $\text{coluna 5} + \text{coluna 7} - \text{coluna 3}$.

Coluna 9: refere-se ao volume que está extravasando. Preencha a planilha seguindo a regra a seguir: se $\text{coluna 5} + \text{coluna 7} - \text{coluna 3} > \text{coluna 6}$, usar $\text{coluna 5} + \text{coluna 7} - \text{coluna 3} - \text{coluna 6}$; caso contrário, adotar 0.

Coluna 10: quantidade de água que deverá ser abastecida por outra fonte. Coluna dimensionada considerando o parâmetro: se $\text{coluna 7} + \text{coluna 5} - \text{coluna 3} < 0$, adota-se $\text{coluna 7} + \text{coluna 5} - \text{coluna 3}$; caso contrário, usar 0.

5.1.4 Cálculo pelo Método Azevedo Neto ou Método Prático Brasileiro

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Equação 6

Na qual,

V é o volume de água no reservatório ou o volume do reservatório de água pluvial em litros (L);

P é precipitação média anual (mm);

A é área de captação em projeção no terreno (m²);

V é o volume de água pluvial ou o volume do reservatório de água pluvial em litros (L);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca.

TABELA 14 - Cálculo pelo Método Azevedo Neto ou Método Prático Brasileiro

Coeficiente		0,042		
Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de Captação (m ²)	Meses com poucas chuvas	Volume reservatório (m ³)
Janeiro	572,50	232,56		
Fevereiro	154,40	232,56		
Março	185,10	232,56		
Abril	58,50	232,56		
Maio	25,30	232,56		
Junho	12,00	232,56	12,00	
Julho	7,40	232,56	7,40	
Agosto	12,10	232,56		
Setembro	44,50	232,56		
Outubro	90,60	232,56		
Novembro	208,10	232,56		
Dezembro	319,90	232,56		
Total	1.690,40	232,56	2	33.022,03

Fonte: Elias Rezende (2018).

5.1.5 Cálculo pelo Método Prático Alemão

Trata-se de um método empírico, na qual se toma o menor valor do volume do reservatório 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V \text{ adotado} = \text{mínimo} \left\{ \begin{array}{l} V \times 0,06 \\ D \times 0,06 \end{array} \right. \quad \text{Equação 7}$$

Na qual,

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de pluvial anual em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água pluvial não potável em litros (L);

V adotado é o valor numérico do volume de água pluvial do reservatório em litros (L).

TABELA 15 - Cálculo pelo Método Prático Alemão

Coeficiente		0,06		
Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de Captação (m ³)	Capacidade de captação (litros)	Volume reservatório
Janeiro	572,50	232,56	133.140,60	10.000,00
Fevereiro	154,40	232,56	35.907,26	10.000,00
Março	185,10	232,56	43.046,86	10.000,00
Abril	58,50	232,56	13.604,76	10.000,00
Mai	25,30	232,56	5.883,77	10.000,00
Junho	12,00	232,56	2.790,72	10.000,00
Julho	7,40	232,56	1.720,94	10.000,00
Agosto	12,10	232,56	2.813,98	10.000,00
Setembro	44,50	232,56	10.348,92	10.000,00
Outubro	90,60	232,56	21.069,94	10.000,00
Novembro	208,10	232,56	48.395,74	10.000,00
Dezembro	319,90	232,56	74.395,94	10.000,00
Total	1.690,40	232,56	393.119,42	120.000,00
Valor total			23.587,17	7.200,00
Resultado			30.787,17	

Fonte: Elias Rezende (2018).

5.1.6 Cálculo pelo Método Inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Na qual,

V é o volume de água pluvial ou o volume do reservatório de água pluvial em litros (L);

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de captação em projeção no terreno (m²).

TABELA 16 - Cálculo pelo Método Inglês

Coeficiente		0,05		
Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de Captação (m ²)	Capacidade de captação (litros)	Volume reservatório
Janeiro	572,50	232,56	133.140,60	12.000,00
Fevereiro	154,40	232,56	35.907,26	12.000,00
Março	185,10	232,56	43.046,86	12.000,00
Abril	58,50	232,56	13.604,76	12.000,00
Mai	25,30	232,56	5.883,77	12.000,00
Junho	12,00	232,56	2.790,72	12.000,00
Julho	7,40	232,56	1.720,94	12.000,00
Agosto	12,10	232,56	2.813,98	12.000,00
Setembro	44,50	232,56	10.348,92	12.000,00
Outubro	90,60	232,56	21.069,94	12.000,00
Novembro	208,10	232,56	48.395,74	12.000,00
Dezembro	319,90	232,56	74.395,94	12.000,00
Total	1.690,40	232,56	393.119,42	144.000,00
Valor Total			19.655,97	7.200,00
Resultado			26.855,97	

Fonte: Elias Rezende (2018).

5.1.7 Resumo das Estimativas do Potencial de Armazenamento de Águas Pluviais

Após utilizar os cinco métodos de cálculo de dimensionamento do reservatório para armazenamento de águas pluviais, chegou-se ao resultado ideal do reservatório que foi de 30.610,76 litros de água (Tabela 17).

TABELA 17 - Cálculo da capacidade média de armazenamento de águas pluviais

Cálculos dos reservatórios para o armazenamento da água coletada	Total (litros)
Cálculo pelo Método de Rippl	31.588,63
Cálculo pelo Método da Simulação	30.800,00
Cálculo pelo Método Azevedo Neto ou Método Prático Brasileiro	33.022,03
Cálculo pelo Método Prático Alemão	30.787,17
Cálculo pelo Método Inglês	26.855,97
Média de todos os cálculos	30.610,76

Fonte: Elias Rezende (2018).

Ressaltamos ainda, que em decorrência das limitações orçamentárias, o projeto piloto foi desenvolvido com o reservatório para armazenamento para 10.000 litros de água pluvial.

5.2 Início do funcionamento do projeto

Após quatro dias do término das instalações hidráulicas, ocorreu a primeira chuva, no dia 26 de dezembro de 2017, que foi até o dia 04 de janeiro de 2018.

O presente trabalho apresentou um resultado significativo quanto à captação e o armazenamento de águas pluviais uma vez que, em apenas sete dias de chuva, os reservatórios atingiram sua capacidade máxima de armazenamento, que é de 10.000 litros de água, e que, em apenas um dia de chuva, o reservatório atingiu 98% de sua capacidade máxima. Portanto, pode-se verificar que o projeto atendeu às expectativas previstas (Figura 28).

Figura 28 - Resultado pluviométrico



Fonte: Elias Rezende (2018).

Já a utilização de água por mês com a irrigação por aspersão no Setor de Fruticultura é de aproximadamente 2400 litros em período de temperatura mais elevada, pois as mudas são irrigadas todos os dias. Em período de temperatura mais baixa, são gastos 1200 litros de água com irrigações em dias alternados.

Sabendo-se que a capacidade de armazenamento da água pluvial capitada é de 10.000 litros e que o consumo mensal em períodos de estiagem (maio, junho, julho e agosto) é de aproximadamente 2400 litros/mês, percebe-se que o sistema possui uma autonomia para irrigação por aspersão do viveiro de mudas nos quatro meses de estiagem, com um consumo médio de 80 litros de água/dia.

Quanto ao reservatório ideal, que seria de 30.610,76 litros, ressaltamos que, além de suprir a necessidade de irrigação do viveiro de mudas nos períodos de estiagem, esse poderia ser utilizado para outras diversas atividades fins, tais como: lavar ferramentas, implementos, janelas e passeio dos prédios do Setor de Fruticultura da UFV – *Campus* Florestal.

5.3 Análise físico-química e microbiológica da água

Para efeito de investigação da qualidade da água captada e armazenada nos reservatórios, foi coletada uma amostra e, posteriormente, realizada análise físico-química e microbiológica no Laboratório de Gestão da Qualidade das Águas da UFV – *Campus* Florestal, respeitando todo critério de preservação das amostras, de coleta e de metodologia conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), *Standar Methods for the Examination of Wastewater* 22^oed. (2013).

Foi realizada a análise da água captada e armazenada pelo técnico da Estação de tratamento de água (ETA) do *Campus*, pela qual se averiguou a qualidade da água (Figura 29).

Figura 29 - Foto da análise química da água armazenada



Fonte: Elias Rezende (2017).

Como o objetivo primário deste trabalho é desenvolver um sistema de captação e de armazenamento de águas pluviais não potáveis para reutilização em diversos processos hídricos no setor de fruticultura da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Florestal*, para efeito comparativo e assim ateste da qualidade da água, foi utilizado para averiguação alguns parâmetros fundamentados da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) que trata da garantia da potabilidade da água para consumo humano. Tendo em vista o objetivo do trabalho, foram escolhidos parâmetros que demandam técnicas mais simples e equipamentos menos sofisticados para obtenção dos resultados, conseqüentemente, menor custo e maior praticidade e tempo hábil para controle rotineiro da vigilância da qualidade da água.

Os parâmetros escolhidos e suas importâncias fundamentais estão em conformidade com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de

controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, segundo descrito em BRASIL (2011);

* **Turbidez** - parâmetro que indica alterações ocorridas no aspecto visual da água, causadas pela presença de sólidos suspensos, tais como os oriundos do contato da água com solo e rocha, e ainda aqueles provenientes de resíduos domésticos, industriais, fundo de reservatório, de adutoras, corrosão, etc.

* **Temperatura** - parâmetro que indica o consumo, a troca térmica do reservatório e demais sistema de captação com ambiente, a capacidade de solubilidade e ionização de algumas substâncias, mudança do pH, etc.

* **pH** - parâmetro que auxilia na indicação de acidez ou basicidade da água. Essas características da água, por sua vez, estão relacionadas com a capacidade de ser corrosiva ou incrustante em relação às superfícies que entram em contato com ela, como reservatórios, chuveiros, bebedouros, adutoras, máquinas, torneiras e etc., possuindo ainda uma estreita relação com a eficiência da desinfecção pelo cloro.

* **Cloretos** - podem estar presentes naturalmente em águas salobras ou como resultado de poluição por efluentes industriais ou domésticos, constituindo, portanto, indicador auxiliar de poluição ou contaminação. Em águas para consumo humano, a concentração de cloretos está diretamente associada à alteração de sabor e, conseqüentemente, à aceitação para consumo. Cloretos não são removidos por processos convencionais de tratamento, sendo necessários processos especiais, tais como osmose reversa ou eletrodialise.

* **Residual de cloro livre** - produto químico utilizado para eliminar micro-organismos que possam estar presentes na água de distribuição, antes do armazenamento e pós-armazenamento, adutoras, etc.. Sua presença residual na água de distribuição funciona como uma segurança adicional contra eventuais contaminações durante o processo de distribuição e de reservação. Sua eficiência está diretamente ligada ao tempo de contato com a água antes da distribuição.

* **Dureza total** - parâmetro que indica a quantidade de sais dissolvidos na água, especialmente de cálcio e de magnésio; importante para mensurar o poder incrustante das tubulações e equipamentos que possam vir a ter contato com a água. Quando em elevado nível, percebem-se alterações no gosto, por ter poder diluente.

* **Coliformes totais** - indicador microbiológico utilizado para medir a eficiência do tratamento na remoção de micro-organismos da água destinada ao consumo humano. A sua

presença na água indica a possibilidade ou não da presença de micro-organismos que possam vir a prejudicar a saúde do homem.

* *Escherichia coli* - indicador microbiológico utilizado para medir eventual contaminação da água por material fecal (esgoto), que pode ou não vir a veicular micro-organismo que afetam a saúde do homem.

Para efeito de investigação da qualidade da água captada e armazenada nos reservatórios foi realizada coleta de amostra simples e posterior análise físico-química e microbiológica no Laboratório de Gestão da Qualidade das Águas da UFV – *Campus Florestal*, respeitando todo critério de preservação das amostras, de coleta e de metodologia conforme a ABNT, FUNASA, Standar Methods for the Examination of Wastewater 22^{ed.}(2013). A primeira coleta da água foi realizada no dia 08/03/2018 diretamente dos reservatórios, valendo salientar que não houve qualquer adição de produto ou procedimento que possa ser caracterizado como etapa de tratamento da água. (Apêndice A).

Observando os resultados obtidos nas análises e assim comparando aos parâmetros de controle da potabilidade da água M.S. Portaria 2914/2011 com a Resolução CNRH n° 54/2005 e a Norma NBR 13969/1997 (Resolução n°54 de 28 de novembro de 2005), que tem abrangência nacional, no que tange à **Turbidez** da água 0,6 NTU, o resultado obtido se enquadra dentro da portaria e demonstra que os procedimentos que antecederam o armazenamento como manobra de descarte da primeira chuva foi bem executado, minimizando o arraste das calhas, tubos e telhado. Já a **Temperatura** de 23°C é resultante da investigação do sistema de armazenamento que está acondicionado externamente na superfície e exposto à variabilidade ao longo do dia; portanto, no dia e momento da coleta, a temperatura ambiente era de 26°C. Observando o **pH** 6,6, ele também se enquadra à portaria e assim a característica da água armazenada enquadra na Portaria 2914/2011. Os **Cloretos**: 20 mg/L também se enquadra à portaria, conforme esperado, pois, próximo ao telhado de coleta experimental e no município, não há concentração em massa de passivos poluidores atmosféricos, os quais poderiam arrastar substâncias que alterariam essa condição. **Cloro**: 0,0 mg/L como já era de se esperar, pois não foi realizado nenhum tratamento prévio na água armazenada. **Dureza total**: 16,0 mg/L também se enquadra dentro da portaria; o valor acompanha a interpretação do parâmetro turbidez, em que os procedimentos primários foram bem executados e a possibilidade de solubilização de sais que poderiam estar armazenados no telhado e calhas foi minimizado. **Coliformes totais**: o resultado do ensaio indicou presença, e

este parâmetro não atende à portaria; apesar disso, é preciso considerar que a água não sofreu nenhum tratamento prévio antes da coleta e que inúmeras variáveis podem alterar essa condição, como fezes de pássaros e lagartos, contaminação no momento da coleta, etc.. Sendo assim, para aprofundar mais nessa investigação, seria necessário alterar o método de qualitativo para quantitativo e identificativo das colônias, o que tornaria mais oneroso o procedimento. **Escherichia coli**: o resultado do ensaio indicou ausente o que já era esperado em se tratando de água captada do telhado, visto que a probabilidade de contaminação por fezes humanas seria mínima.

Pelo laudo técnico, concluiu-se que a água armazenada pode ser amplamente utilizada, excetuando-se para o abastecimento humano. Para isso, recomenda-se que seja instalado um sistema de cloração prévio a fim de ajustar os parâmetros mencionados na portaria 2914 do Ministério da Saúde e que esses sejam monitorados com frequência por laboratório competente (Apêndice B).

Foi realizada uma segunda análise da água armazenada, no dia 12 de setembro de 2018, para fazer comparativo com as primeiras águas coletadas (Apêndices C e D).

Após a realização das análises da água armazenada nos reservatórios do Setor de Fruticultura da UFV- *Campus* Florestal nos dias 08 de março de 2018 e 12 de setembro de 2018, foi criada uma tabela para fazer um comparativo com os requisitos legais e normativos com o valor máximo permitido da água para o consumo humano segundo a portaria 2914/2011 e para água para o reuso não potável segundo a Norma Brasileira (NBR) 13696/1997 para a classe 2 (Lavagem de pisos, calçadas, irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos) e classe 4 (Reuso em pomares, cereais, forragens, pastagens para o gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual) (Tabela 18).

TABELA 18 - Resultados das duas análises das águas pluviais armazenadas

Análises	Unidade de Medida	Valores Encontrados no Experimento		Requisitos Legais e Normativos		
		08/03/2018	12/09/2018	Água para Consumo Humano VMP ⁽¹⁾ (Portaria 2914/2011)	Água para Reuso não Potável (NBR 13969/1997)	
					Classe 2	Classe 4
Turbidez	NTU ⁽²⁾	0,6	1,4	< 5,00	< 5,00	< 10,00
Temperatura	°C	23	24	–	–	–
pH	–	6,6	6,7	6,00 a 9,50	–	–
Cloretos	mg/L ⁽³⁾	20,0	27,0	0,2 a 2,0	–	–
Cloro	mg/L	0,0	0,0	0,2 a 2,0	< 5,00	–
Dureza Total	CaCO ₃ ⁽⁴⁾ mg/L	16,00	18,00	< 500,00	–	–
Coliformes totais	mg/L	Presença	Presença	Ausência em 100m/L	<500 NMP ⁽⁵⁾ /500m/L	<5000 NMP/100m/L
<i>Escherichia coli</i>	mg/L	Ausente	Ausente	Ausência em 100m/L	–	–

NOTAS: (1) Valor máximo permitido (2) Unidade de Turbidez. (3) Miligramas por litro (4) Carbonato de Cálcio (5) Número mais provável.

Fonte: Elias Rezende (2018). NBR 13969/1997. Portaria 2914/2011

OBSERVAÇÃO: A NBR 13969/1997 estabelece parâmetros para a Classe 2 com turbidez - inferior a 5; • coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml; • cloro residual superior a 0,5 mg/l. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes e para a Classe 4 • coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100ml; • oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Foi observado que após 06 meses com utilização da água e reposição pelas chuvas que ocorreram nesse período, a Turbidez aumentou 0,8 NTU (TABELA 17), mas continuou dentro dos parâmetros. Em casos específicos o aumento da turbidez pode estar diretamente

relacionado à presença de micro-organismos patogênicos à saúde. A turbidez não é apenas um parâmetro estético para água, mas também um parâmetro sanitário. A remoção da turbidez é primordial para se adquirir uma boa eficiência na desinfecção uma vez que os microrganismos utilizam as partículas suspensas como escudo contra agentes desinfetantes (BRAGA, 2014).

O pH aumentou 0,1, mas continuou dentro dos parâmetros de forma ácida, isso devido ao confinamento inicial e à não realização de nenhum procedimento para neutralizar a água. Cloretos aumentou com 7,0 mg/l continuando acima do parâmetro. O cloreto é o ânion inorgânico mais comumente encontrado em águas e efluentes; sua concentração depende de fatores geológicos e geográficos e das características das águas pluviais da região coletada. Há uma possibilidade de este valor ser das características do telhado no qual a água escoou. O limite de 250 mg/l de cloreto foi fixado para o fornecimento de água potável, pois este é o nível a partir do qual a água passa a ter sabor salgado (TABELA 17).

Cloro continuou zero (TABELA 17), pois não houve nenhuma adição deste produto nos reservatórios, uma vez que a água armazenada está sendo utilizada constantemente e ser destinada a fins não potáveis.

Dureza total aumentou 2,00 mg/l, mas continuou dentro dos requisitos legais e normativos (TABELA 17). A dureza da água é predominantemente causada pela presença de sais de Cálcio e de Magnésio, pois fibra de vidro é um composto filamentosos de finíssimos fios de vidro, agregados através de resinas, silicones, fenóis e outros compostos solúveis em solventes orgânicos. A fibra de vidro pode ainda conter em sua formulação alguns componentes como óxidos de potássio, ferro, cálcio e alumínio.

Coliformes totais continuaram presentes devido a resíduos de fezes de pássaros provenientes do telhado, e *Escherichia coli* continuou ausente dentro dos parâmetros.

Por fim, foi realizado um monitoramento contínuo de todo o sistema e priorizado o reuso da água armazenada para a irrigação das mudas frutíferas.

5.4 Análise da viabilidade econômica

No mercado financeiro nacional existem várias formas de analisar o retorno financeiro, como: i) Payback – retorno – trata-se de um indicador estratégico usado nas empresas para calcular o período de retorno de investimento em um projeto); ii) TIR que é a taxa interna de retorno, usada como referência quando um investimento pode ter retorno igual

a zero; iii) VPL, é valor presente líquido, é a fórmula matemático-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada menos o custo do investimento inicial.

Realizou-se uma análise da viabilidade econômica, optando-se pelo método de PAYBACK dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais dimensionados por ser o mais utilizado no mercado financeiro nacional. Essa análise teve como objetivo determinar o tempo de retorno do capital investido no projeto.

Utilizou-se o custo total do projeto instalado no Setor de Fruticultura da UFV – *Campus Florestal* para verificar a viabilidade econômica do investimento (Tabela 19).

TABELA 19 - Custo total do projeto

MATERIAL	VALOR
Material utilizado para construção da base para os dois reservatórios	R\$1.367,00
Mão de obra para construção da base para os reservatórios	R\$1.610,00
Material hidráulico para instalação	R\$5.197,30
Mão de obra de bombeiro hidráulico	R\$1.500,00
Filtro de Água pluvial Autolimpante de 100 mm	R\$ 40,00
TOTAL	R\$9.714,30

Fonte: Elias Rezende (2017).

Com base na tabela de tarifas da COPASA/MG, foi verificado que, por se tratar de uma Instituição Pública, a taxa de aplicação é de R\$8,078 para um consumo maior entre 10 e 20 metros cúbicos de água por mês (Tabela 20).

TABELA 20 – Tarifas do custo da água aplicáveis aos usuários no ano 2018

ANEXO

(a que se refere o art. 1º da Resolução Arsae-MG 111, de 28 de junho de 2018)

TARIFAS APLICÁVEIS AOS USUÁRIOS – REAJUSTE TARIFÁRIO 2018

Categorias	Faixas	Tarifas			
		Água	EDC	EDT	Unidade
Residencial Social	Fixa	7,19	2,71	6,82	R\$/mês
	0 a 5 m³	0,56	0,21	0,54	R\$/m³
	> 5 a 10 m³	1,583	0,596	1,504	R\$/m³
	> 10 a 15 m³	3,255	1,229	3,089	R\$/m³
	> 15 a 20 m³	3,948	1,481	3,750	R\$/m³
	> 20 a 40 m³	4,440	1,649	4,224	R\$/m³
	> 40 m³	7,134	2,668	6,780	R\$/m³
Residencial	Fixa	15,97	6,03	15,15	R\$/mês
	0 a 5 m³	1,12	0,42	1,07	R\$/m³
	> 5 a 10 m³	3,165	1,192	3,007	R\$/m³
	> 10 a 15 m³	6,509	2,457	6,178	R\$/m³
	> 15 a 20 m³	7,895	2,962	7,500	R\$/m³
	> 20 a 40 m³	8,879	3,297	8,448	R\$/m³
	> 40 m³	14,267	5,335	13,560	R\$/m³
Comercial	Fixa	23,94	9,03	22,72	R\$/mês
	0 a 5 m³	2,82	1,02	2,69	R\$/m³
	> 5 a 10 m³	3,826	1,405	3,647	R\$/m³
	> 10 a 20 m³	8,528	3,235	8,086	R\$/m³
	> 20 a 40 m³	9,762	3,703	9,258	R\$/m³
	> 40 a 200 m³	10,439	3,944	9,906	R\$/m³
	> 200 m³	11,397	4,286	10,823	R\$/m³
Industrial	Fixa	23,94	9,03	22,72	R\$/mês
	0 a 5 m³	2,82	1,02	2,69	R\$/m³
	> 5 a 10 m³	3,826	1,405	3,647	R\$/m³
	> 10 a 20 m³	8,528	3,235	8,086	R\$/m³
	> 20 a 40 m³	9,762	3,703	9,258	R\$/m³
	> 40 a 200 m³	10,439	3,944	9,906	R\$/m³
	> 200 m³	11,397	4,286	10,823	R\$/m³
Pública	Fixa	19,94	7,52	18,93	R\$/mês
	0 a 5 m³	2,75	1,02	2,64	R\$/m³
	> 5 a 10 m³	3,487	1,283	3,322	R\$/m³
	> 10 a 20 m³	8,078	3,067	7,659	R\$/m³
	> 20 a 40 m³	8,977	3,403	8,514	R\$/m³
	> 40 a 200 m³	10,211	3,871	9,684	R\$/m³
	> 200 m³	10,942	4,140	10,381	R\$/m³

EDC: esgotamento dinâmico com coleta (37,5% da tarifa de água)

EDT: esgotamento dinâmico com coleta e tratamento (95% da tarifa de água)

Fonte: COPASA/MG (2018).

Foi calculado o tempo de retorno do capital investido com base nos reservatórios para 10.000 litros para o armazenamento de água pluvial, instalados no Setor de Fruticultura da UFV – *Campus* Florestal. Mesmo sabendo que o ideal do reservatório para o armazenamento da água captada seria para 30.610,76 litros, a Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal estava passando por corte no orçamento, optando-se por trabalhar com um recurso financeiro reduzido, assim foi adquirido apenas reservatórios para 10.000 litros, mas com capacidade de ampliação futura.

Utilizou-se uma taxa fixa de 5% para reajuste do preço da água e manteve 5% como média de inflação anual, para calcular o tempo de retorno do capital investido no projeto. Sabendo que tanto o reajuste no preço da água quanto o reajuste da inflação anual depende de variáveis, as quais não são constantes (Tabela 21 A, B, C e D).

TABELA 21A - Valor do investimento, da água, consumo diário e a inflação anual

Valor total investimento (R\$)	9.714,30
Valor água (m ³)	8,078
Consumo diário (m ³)	0,4
Inflação projetada (%/ano)	5%

Fonte: Elias Rezende (2018); COPASA/MG (2017).

TABELA 21B - Cálculo da economia mensal de reuso da água pluvial

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Dias mês	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Consumo mensal (m ³)	12,4	11,2	12,4	12,0	12,4	12,0	12,4	12,4	12,0	12,4	12,0	12,4	146,00
Gasto mensal	-	-	-	0,44	7,40	9,63	10,94	10,01	3,20	-	-	-	-
Economia mensal (R\$)	100,17	90,47	100,17	93,38	40,39	19,15	11,79	19,31	71,09	100,17	96,94	100,17	843,20

Fonte: Elias Rezende (2018).

TABELA 21 C - Tabela do custo da água para Instituições Públicas

	Fixa	19,94	7,52	18,93	R\$/mês
	0 a 5 m ³	2,75	1,02	2,64	R\$/mês
	> 5 a 10 m ³	3,487	1,283	3,322	R\$/mês
PÚBLICA	> 10 a 20 m ³	8,078	3,067	7,659	R\$/mês
	> 20 a 40 m ³	8,977	3,403	8,514	R\$/mês
	> 40 a 200 m ³	10,211	3,871	9,684	R\$/mês
	> 200 m ³	10,942	4,140	10,381	R\$/mês

Fonte: COPASA/MG (2017).

TABELA 21D - Tabela do Payback Descontado

Anos	Fluxo de caixa (R\$)	Saldo (R\$)
1	843,20	843,20
2	885,36	1.728,56
3	929,63	2.658,19
4	976,11	3.634,30
5	1.024,91	4.659,21
6	1.076,16	5.735,37
7	1.129,97	6.865,34
8	1.186,47	8.051,81
9	1.245,79	9.297,60
10	1.308,08	10.605,68
11	1.373,48	11.979,16
12	1.442,16	13.421,32
13	1.514,27	14.935,59

Fonte: Elias Rezende (2018).

Após esse cálculo, conclui-se que o tempo necessário para o retorno do capital investido foi de 13 anos (Tabela 22).

TABELA 22 - Tempo necessário para o retorno do capital investido para 13 anos

Ano	Fluxo de caixa	Descontado	Saldo
0	-R\$ 9.714,30	-R\$ 9.714,30	-R\$ 9.714,30
1	R\$ 843,20	R\$ 803,10	-R\$ 8.911,20
2	R\$ 885,36	R\$ 803,10	-R\$ 8.108,11
3	R\$ 929,63	R\$ 803,10	-R\$ 7.305,01
4	R\$ 976,11	R\$ 803,10	-R\$ 6.501,91
5	R\$1.024,91	R\$ 803,10	-R\$ 5.698,82
6	R\$1.076,16	R\$ 803,10	-R\$ 4.895,72
7	R\$1.129,97	R\$ 803,10	-R\$ 4.092,62
8	R\$1.186,47	R\$ 803,10	-R\$ 3.289,53
9	R\$1.245,79	R\$ 803,10	-R\$ 2.486,43
10	R\$1.308,08	R\$ 803,10	-R\$ 1.683,34
11	R\$1.373,48	R\$ 803,10	-R\$ 880,24
12	R\$1.442,16	R\$ 803,10	-R\$ 77,14
13	R\$1.514,27	R\$ 803,10	R\$ 725,95

TMA 5,00%

Payback 12,10 Descontado

Fonte: Elias Rezende (2018).

O segundo cálculo considerou os mesmos critérios da taxa fixa de 5% para reajuste do preço da água e manteve 5% como média de inflação anual para calcular o tempo de retorno do capital investido no projeto.

Foi calculado o tempo de retorno do capital investido com base nos reservatórios ideais de 30.610,76 litros para o armazenamento de água pluvial, que é a média dos cinco métodos de cálculo de dimensionamento do reservatório para armazenamento de águas pluviais, para verificar o tempo necessário para o retorno do capital investido.

Com isso aumentaria o custo do projeto dos reservatórios para mais 20.611 litros de água captada, ou seja, o custo de mais dois reservatórios equivalente ao valor de R\$7.610,00 (2018) (Tabela 23 A, B, C e D).

TABELA 23A - Valor do investimento, da água, consumo diário e a inflação anual

Valor total investimento (R\$)	17.324,30
Valor água (m ³)	8,078
Consumo diário (m ³)	0,4
Inflação projetada (%/ano)	5%

Fonte: Elias Rezende (2018); COPASA/MG (2017).

TABELA 23B - Cálculo da economia mensal de reuso da água pluvial

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Dias mês	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Consumo mensal (m³)	12,4	11,2	12,4	12,0	12,4	12,0	12,4	12,4	12,0	12,4	12,0	12,4	146,00
Economia mensal (R\$)	100,17	90,47	100,17	96,94	100,17	96,94	100,17	100,17	96,94	100,17	96,94	100,17	1.179,42

Fonte: Elias Rezende (2018).

TABELA 23C - Tabela da COPASA/MG para Instituições Públicas

	Fixa	19,94	7,52	18,93	R\$/mês
	0 a 5 m ³	2,75	1,02	2,64	R\$/mês
	> 5 a 10 m ³	3,487	1,283	3,322	R\$/mês
PÚBLICA	> 10 a 20 m ³	8,078	3,067	7,659	R\$/mês
	> 20 a 40 m ³	8,977	3,403	8,514	R\$/mês
	> 40 a 200 m ³	10,211	3,871	9,684	R\$/mês
	> 200 m ³	10,942	4,140	10,381	R\$/mês

Fonte: COPASA/MG (2017).

TABELA 23D - Tabela do Payback Descontado

Anos	Fluxo de caixa (R\$)	Saldo (R\$)
1	1.179,42	1.179,42
2	1.238,39	2.417,81
3	1.300,31	3.718,12
4	1.365,33	5.083,45
5	1.433,59	6.517,04
6	1.505,27	8.022,31
7	1.580,54	9.602,85
8	1.659,56	11.262,41
9	1.742,54	13.004,95
10	1.829,67	14.834,62
11	1.921,15	16.755,77
12	2.017,21	18.772,98
13	2.118,07	20.891,05
14	2.223,97	23.115,02
15	2.335,17	25.450,19
16	2.451,93	27.902,12

Fonte: Elias Rezende (2018).

Após esse cálculo, conclui-se que o tempo necessário para o retorno do capital investido foi de 16 anos. Aumentou o reservatório e também aumentou em 3 anos o tempo necessário para o retorno do capital investido (Tabela 24).

TABELA 24 - Tempo necessário para o retorno do capital investido para 16 anos

Ano	Fluxo de caixa	Descontado	Saldo
0	-R\$ 17.324,30	-R\$ 17.324,30	-R\$ 17.324,30
1	1.179,42	R\$ 1.123,23	-R\$ 16.201,07
2	1.238,39	R\$ 1.123,23	-R\$ 15.077,84
3	1.300,31	R\$ 1.123,23	-R\$ 13.954,61
4	1.365,33	R\$ 1.123,23	-R\$ 12.831,38
5	1.433,59	R\$ 1.123,23	-R\$ 11.708,15
6	1.505,27	R\$ 1.123,23	-R\$ 10.584,92
7	1.580,54	R\$ 1.123,23	-R\$ 9.461,69
8	1.659,56	R\$ 1.123,23	-R\$ 8.338,46
9	1.742,54	R\$ 1.123,23	-R\$ 7.215,23
10	1.921,15	R\$ 1.123,23	-R\$ 6.092,00
11	2.017,21	R\$ 1.123,23	-R\$ 4.968,77
12	2.118,07	R\$ 1.123,23	-R\$ 3.845,54
13	2.223,97	R\$ 1.123,23	-R\$ 2.722,31
14	2.335,17	R\$ 1.123,23	-R\$ 1.599,08
15	2.451,93	R\$ 1.123,23	-R\$ 475,85
16	2.574,52	R\$ 1.123,23	R\$ 647,38

TMA 5,00%

Payback 15,41 Descontado

Fonte: Elias Rezende (2018)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode perceber, o presente estudo se lançou numa reflexão acerca da captação e do reuso de águas pluviais sob a ótica da Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental por meio de pesquisa de campo realizada no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa - *Campus Florestal/MG*.

Tal reflexão partiu do contexto da crescente necessidade de economizar os recursos hídricos, uma vez que esses recursos estão cada vez mais escassos em decorrência do crescimento populacional e, principalmente, pelo uso inconsequente desse bem pelo homem.

Primeiramente, foi feita uma abordagem literária do tema, trabalhando a importância da água no mundo, sua escassez, o aproveitamento cronológico das águas pluviais no planeta Terra, no Brasil, e em Florestal/MG, ciclo hidrológico e suas interferências antrópicas, dimensionamento do reservatório para o armazenamento de águas pluviais e modelos de dimensionamento, legislação sobre o aproveitamento da água pluvial, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade ambiental, a fim de estabelecer o substrato teórico da pesquisa.

Para as Instituições de Ensino, a questão da sustentabilidade ambiental é de suma importância para que não só a comunidade acadêmica, mas toda a sociedade, possa se conscientizar sobre a necessidade de economizar a água - bem essencial à sobrevivência humana.

A pesquisa de campo foi realizada no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa - *Campus Florestal/MG*, no período janeiro de 2017 a dezembro de 2018, objetivando analisar a possibilidade da instalação do projeto. Assim sendo, realizou-se uma análise apurada dos resultados da pesquisa até culminar numa análise geral quanto à viabilidade técnica e econômica de todo o projeto.

Nessa perspectiva um fator importante foi o baixo custo de investimento em relação ao grande valor agregado para o meio ambiente; fator este preponderante para o sucesso de uma sociedade voltada ao bem comum e à preservação ecológica de nosso planeta haja vista a complexidade e a escassez dos recursos hídricos existentes. Quanto à viabilidade econômica deste projeto, foi realizada uma análise pelo método de PAYBACK (Tempo de retorno do capital investido) com o objetivo de calcular o tempo de retorno do capital investido. O projeto instalado com o reservatório para 10.000 litros de águas pluviais terá um retorno em aproximadamente 13 anos; seguindo os cálculos de dimensionamento pelos métodos aqui

descritos (Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Inglês), foi possível constatar que deveria-se aumentar os reservatórios com capacidade para mais 20.000 litros de águas, elevando o custo do projeto e aumentando o tempo de retorno do capital investido para 16 anos. Com isso, pode-se observar que a parte mais onerosa do projeto é o investimento nos reservatórios.

Este projeto será apresentado à Administração Superior da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal, vindo ao encontro do plano de desenvolvimento ambiental estabelecido pela Comissão Própria de Avaliação desta Instituição.

Vale salientar que o trabalho apresentou um resultado significativo quanto à captação e ao armazenamento da água pluvial uma vez que, em apenas 06 dias consecutivos os reservatórios atingiram sua capacidade máxima de armazenamento - 10.000 litros de água - atendendo às expectativas previstas no projeto.

A água armazenada será utilizada, em períodos secos, para irrigação das mudas frutíferas e, em períodos chuvosos, para outros fins, tais como: lavar passeios, janelas, implementos e maquinários agrícolas, ou ferramentas do Setor de Fruticultura da UFV – *Campus* Florestal, já que, conforme análise da qualidade da água essa pode ser utilizada para fins não potáveis. Para que possa vir a ser usado com finalidade de abastecimento humano, entretanto, recomenda-se que seja instalado um sistema de cloração prévia desta água a fim de ajustar os parâmetros mencionados na Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, e que estes sejam monitorados com frequência por um laboratório competente.

6.1 Recomendações

O estudo apresentou um tempo de retorno de capital investido de 13 a 16 anos, considerado aceitável em decorrência da relevância e da importância da reutilização das águas pluviais para a sustentabilidade ambiental do planeta.

Assim sendo, recomendamos que este projeto seja ampliado para todas as outras 115 edificações da UFV – *Campus* Florestal, totalizando 42.690,56 m² de área construída que se multiplicada pelas 1.393,4 mm (Médias Anuais Totais – Florestal/MG), possibilitaria a Universidade captar um total de aproximadamente 59.485 m³ de água.

6.2 Limitações da pesquisa

O projeto de captação e de armazenamento de águas pluviais se dá dentro de uma Instituição Federal, a qual tem suas características próprias, não sendo possível, portanto, a implantação em todas as edificações, o que seria o ideal. Por isso, utilizou-se como amostra experimental ou como projeto piloto apenas o prédio principal do Setor de Fruticultura da UFV – *Campus* Florestal.

Tendo como o principal fator limitante a questão orçamentária financeira, uma vez que, a Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal estava passando por corte no orçamento, optando-se por trabalhar com um recurso financeiro reduzido.

Outra limitação a se considerar é a sazonalidade pluviométrica que vem ocorrendo nos últimos anos.

6.3 Sugestões para futuras pesquisas

Dado que uma pesquisa não se limita a si mesma, o presente trabalho proporcionou suposições adicionais para novos estudos ligados ao tema. Assim, são feitas algumas sugestões para futuras pesquisas sobre o tema em questão, tais como: elaboração e aplicação de pesquisa qualitativa com as mesmas dimensões da estrutura proposta, incluindo outras edificações; ampliação de estudos comparativos com outras instituições do mesmo segmento de mercado a fim de comparar a Instituição de Ensino pesquisada e as demais; aplicação e comparação do mesmo projeto no IFMG – *Campus* Bambuí, comparando-se os seus resultados e, por fim, a continuidade da mensuração da presente pesquisa ao longo do tempo visando uma avaliação da evolução da reutilização da água pluvial.

6.4 Conclusão

Sob essa perspectiva, conclui-se que o presente trabalho de pesquisa científica obteve êxito quanto aos objetivos propostos inicialmente. Tal ideia de desenvolver um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais para reuso em diversos processos hídricos no Setor de Fruticultura em Florestal, onde se localiza o *Campus* da Universidade Federal de Viçosa, foi viabilizado com estudos climatológicos da região com intuito de verificar o potencial de captação de águas pluviais. Vale ainda ressaltar que a proposta de criação do sistema de captação por gravidade, composto por calhas, tubulação de condução e reservatórios de armazenamento das águas pluviais, assegurou a viabilidade econômica com baixo custo, pautado na sustentabilidade, sem a necessidade de consumo de energia elétrica ou motor a combustão.

As águas pluviais armazenadas sem tratamento adequado podem ser utilizadas apenas para consumo não potável. Entretanto, a água pluvial tem potencial para utilização na irrigação de mudas frutíferas e para lavagem ferramentas, de implementos agrícolas, de janelas e de passeios dos prédios, entre outros.

A sustentabilidade vem equilibrando os pilares econômicos, sociais e ambientais. Sua importância se dá na compatibilização e no desenvolvimento da preservação ambiental, no trato com as políticas públicas e com os recursos naturais, ao planejar e executar planos e projetos, quer sejam nos ambientes públicos ou privados, em áreas urbanas e/ou rurais, vislumbrando um futuro com uma sociedade cada vez mais justa e respeitável.

Logo, para que ocorra o desenvolvimento sustentável, é necessário haver a harmonização entre o desenvolvimento econômico, a preservação ambiental, a justiça social, a qualidade de vida e o uso racional dos recursos naturais, principalmente a água.

O desenvolvimento sustentável é aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das gerações vindouras.

Assim, para que haja uma sustentabilidade ambiental é necessário priorizar a qualidade e não a quantidade, com a redução do consumo de matérias-primas e de produtos, aumentando a reutilização e reciclagem.

7. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalações Prediais de Água Fria**, Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844: Instalações de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527 Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.

ALHO, Cleber J. R. **Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica**. Estudos avançados, v.26, n.74, p.151-166, São Paulo, 2012.

AMORIM, S.V.; PEREIRA, D.J.A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil / The Evolution of Water Resources Management in Brazil**. Brasília; ANA, 2002.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015**. Brasília, 2015. 88p.

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Aproveitamento Imediato da Água de Chuva**. 563X **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais – GESTA**: 2013.

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

APPAN, A. **A dual-mode system for harnessing roof water for non-potable uses**. Urban Water. ASA, Brasil, 1999.

ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. **Programa Cisternas ganha prêmio como uma das políticas públicas mais relevantes no combate à desertificação**. Brasil, 2017.

BARBOSA, Raquel Tirello Zandemonigne. **Recomendações para a habitação unifamiliar sustentável com base em seis dimensões de sustentabilidade e em diretrizes do selo casa azul.** 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional v. 4, n. 1, p. 75-108, Taubaté, SP, Brasil, 2008.

BINDA, A; BRAGAS, L; BELLO, I; FERNANDEZ, O.V.Q. **A Geometria do Canal Fluvial em Trechos Rurais e Urbanos no Córrego Lonqueador, Francisco Beltrão, Sudoeste do Paraná.** VII Simpósio Brasileiro de Geomorfologia/II Encontro LatinoAmericano de Geomorfologia. Belo Horizonte-MG. 2008

BOTELHO, R.G.M & SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil.** Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed., 2010.

BOERS, Th. M.; BEN-AHER, J. A review of rainwater harvesting. **Agricultural Water Management**, v. 5, p. 145-158, 1982

BRAGA, F. P. **Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água do município de Juiz de Fora - MG.** Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014.

BRASIL. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIAS E ESTATÍSTICAS. **Panorama da Cidade de Florestal / MG**, Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Médias pluviométricas mensais anuais totais (1980 – 2010) da cidade de Florestal/MG.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Consumo sustentável: Manual de educação.** Brasília: Consumers International - MMA/ MEC/ IDEC, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Portaria nº 1.469: Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília, out. 2001.

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. **Estabelece os limites máximos permitidos para dezenas de parâmetros que precisam ser respeitados em toda água para consumo humano distribuída no território nacional.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

CARLON, Márcia Regina. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC.** 2005. 202 f. Dissertação Mestrado Acadêmico em Ciência e Tecnologia Ambiental do Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, SC, 2005.

CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. 115 p. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

CHIN, A. **Urban transformation of river landscapes in a global context**. Geomorphology, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Implicações geográficas relacionadas com as mudanças climáticas**. Boletim de Geografia Teórica, v. 23, p. 18-31, 1993.

COELHO NETTO, A.L. **Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia**. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2.ed. 1995.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000. **Estabelece a classificação das águas doces, sobras e salinas essencial à defesa dos níveis de qualidade avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade**. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 29 de nov. 2000.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. **Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas**. Diário oficial da República Federativa do Brasil, p. 11-356. Brasília, 18 de jun. 1986.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Relatório de qualidade da água**. 2007.

CUNHA, S.B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Orgs) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1995.

CURITIBA. **Lei nº 8681 de 11 de julho de 1995. Dispõe sobre a instalação de Postos de Abastecimento de Combustível e Serviços e cria a obrigatoriedade em executar medidas preventivas de proteção ao meio ambiente, especialmente no sistema de armazenamento de combustíveis**. Câmara de Vereadores de Curitiba. 1995.

CURITIBA. **Lei nº 10785 de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE**. Câmara de Vereadores de Curitiba. 2003.

D'ALVA, O. A.; FARIAS, L. O. P. **Programa Cisternas: um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização**. Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate, Brasília, 2007.

DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e.V. DIN 1989-1 – **Rainwater harvesting systems – Part 1: planning, installation, operation and maintenance**. Alemanha, abr. 2002.

FERNANDES, D. R. M.; MEDEIROS NETO, V. B.; & MATTOS, K. M. da C. **Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna na UFRN/RN.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

FERREIRA, D.F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis-SC.** 2005. 152 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.

FOLADORI, G. **Avanços e Limites da Sustentabilidade Social.** *Revista Paranaense de Desenvolvimento.* Curitiba, n. 102, p. 103-113, jan./jun. 2002.

GALIZIA TUNDISI, José; MATSUMURA TUNDISI, Takako, Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica** [en linea] 2010,

GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

GNADLINGER, João. **Coleta de água de chuva em áreas rurais.** Juazeiro, BA: IRPAA, 2000.

GNADLINGER, João. **Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semi-árido brasileiro.** In: Anais do 6º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2007.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico – uma visão realista.** In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (org.) **Águas doces do Brasil – capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras, 1999.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **XII Censo Demográfico.** Brasil, 2010.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para Entendimento do Reuso Planejado da Água e Algumas Considerações sobre Possibilidade no Brasil.** 1987. 198 p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

LEFF, Enrique. **La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable: Economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza.** In: **Debates Neoliberalismo de guerra y recursos naturales.** OSAL. ano VI, n. 17. mai./ago. 2005.

LIMA, Jeferson Alberto de [et al]. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial : análise de 40 cidades da Amazônia.** Eng Sanit Ambient, v. 16, n.65, p. 291–298, 2011.

LOPES, J. E. G.; SANTOS, R. C. P. **Capacidade de reservatórios.** 2002. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – Escola Politécnica da USP. São Paulo, julho. 2002.

MACHADO, F. O.; CORDEIRO, J. S.. **Aproveitamento das Águas Pluviais: Uma Proposta Sustentável**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 7º, 2004, São Luís, MA. Anais... São Luís: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2004.

MAGALHÃES, Álvaro. **Piscininha, a última invenção contra enchente**. Estadão: Jornal da Tarde, 17 dez. 2001.

MARCONDES, Adalberto. **Atlas Ambiental**. 1 ed. São Paulo, 2008.

MARINOSK, A.K.; GHISI, E. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2008.

MAUDE B.; CLAUDIA M. B. **Água pacto azul: a crise global da água e a batalha pelo controle da água potável no mundo**. Editora M. Books. São Paulo, 2009.

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

MCMAHON, T.A. and MEIN, R.G., **Reservoir Capacity and Yield**. Elsevier, New York, N.Y, 1978.

MENDES, Jefferson Marcel Gross. **Dimensões da sustentabilidade**. Revista das Faculdades Santa Cruz, v. 7, n. 2, p. 49–60, 2009.

MORAES, D.S.L ; JORDÃO, D.Q **Degradação de Recursos Hídricos e seus Efeitos sobre a Saúde Humana** Rev. Saúde Pública, 2002.

NGIGI, S. N.. **Optimization of rainwater catchment systems design parameters in the arid and semiarid lands of Kenya**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999. Petrolina.

NASCIMENTO, N.O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 36-48, mar.2005.

OLIVEIRA, M.A.T; HERRMANN, M.L.P . **Ocupação do Solo e Riscos Ambientais na Área Conurbada de Florianópolis**. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil – 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

ONU – Organizações das Nações Unidas. **Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento**. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. 1987.

ONU – Organizações das Nações Unidas - **Agenda 2030 para desenvolvimento sustentável** 2015.

OPA/CEPIS. **Água: Não ao desperdício, não à escassez!** Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. ABES. 2002.

PARCEY, A.; CULLIS, A. **Rainwater Harvesting**. Great Britain Photobooks, 1996.

PETERS, E. J.; **Sizing of rainwater cisterns for domestic water supply in the Grenadines**. In: Conferência internacional sobre sistemas de captação de água de chuva. 1999.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

PORTO, E. R. et al. **Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semi-árido Brasileiro: O Que Tem Sido Feito e como Ampliar Sua Aplicação no Campo**. Centro de Pesquisa do Trópico Semi-Árido (CPATSA), 1999.

QIANG, Z. **Uma maneira sustentável para desenvolvimento rural integrado na área montanhosa da China**. In: 7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo da Água de Chuva. Caruaru, 2009.

REBELO, Peters, Madelon. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Madelon Rebelo Peters – Florianópolis, 2006. 109f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental.

REBOUÇAS, A. da C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. Bahia Análise & Dados, 2003.

REBOUÇAS, A.C. **Águas doce no mundo e no Brasil**. In: **Águas Doces do Brasil**. Aldo da Cunha Rebouças (Org). Escrituras Editora, 1999.

REZENDE, O.M. **Manejo sustentável de águas pluviais: uso de paisagens multifuncionais em drenagem urbana para controle das inundações**. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2010.

RIO DE JANEIRO. **Decreto Municipal nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004**. Diário Oficial do Município, Rio de Janeiro, 2004.

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

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 1993.

SÃO PAULO. Lei municipal n.º 13.276, de 4 de janeiro de 2002. **Torna obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².** Diário Oficial do Município, São Paulo, 2002.

SCHERER, F.A. **Uso racional da água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação.** 257 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. **Formas de Abordagem do Processo Erosivo Conforme o Tipo de Uso e Ocupação do Solo.** In: Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. Editora Rima: São Carlos, 2004.

SILVEIRA, A.L.L. **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.** In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4. ed. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

TAVARES, A. C. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semi-árido Paraibano.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

TERPSTRA, P. M. J. **Sustainable water usage systems: model for the sustainable utilization of domestic water in urban areas.** Water Science Technology, 1999.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, **Texas Guide to Rainwater Harvesting,** Austin, 2ª Ed. Edition, 1997.

THOMAS, T. **Choosing rainwater tanks for the sertão.** 3rd Brazilian Rainwater Catchment Symposium, Campina Grande, Brazil, 2001.

THOMAS, T; MCGEEVER, B.; **Underground storage of rainwater for domestic use including construction details of a low-cost cistern and pumps.** Working Paper, 1997.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água:** Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W. . **Drenagem urbana e Controle de Erosão.** VI Simpósio nacional de controle da erosão. mar./abr.1998, Presidente Prudente, São Paulo, 1998.

TUCCI, C.E.M. . **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.7 n.1. Jan./Mar. 5-27, 2002.

TUCCI, C.E.M.. **Águas Urbanas**. In: TUCCI, C.E.M. & BERTONI, J.C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 2003.

TUCCI, C.E.M.. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades. Global Water Partnership. World Bank. UNESCO, 2005.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRÍGUEZ, S. L. **Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa)**. IIE, IIEGA, PROAQUA, ELEKTRO, 2003.

TUNDISI, José Galizia. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. Cienc. Cult., São Paulo, 2003.

TUNDISI, José Galizia. **Novas Perspectivas para Gestão de Recursos Hídricos**. REVISTA USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, junho/Agosto, 2006.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, 2008.

WATER safety. **Isthewater in yourrainwatertank safe to drink?** Health Department of Western Australia, 2005.

WEINER, L. **Rain water cisterns in Israel`s Negev desert: Past and present development**. In: **Internacional Raiwater Catchment Systems**. III, 1987, Tailândia. Proceedings. Tailândia, 1987.

WERNECK, G.A.M. **Sistemas de Utilização da Água de Chuva nas Edificações: O Estudo de Caso da Aplicação em Escola de Barra do Pirai, RJ**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ). Rio de Janeiro, 2006.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). **Água e Emprego: Fatos e Números Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos recursos Hídricos** Preparado por WWAP | Michael Tran, Engin Koncagul e Richard Connor. Italia, UNESCO: 2016.

UFV – Universidade Federal de Viçosa. **Relatório do Departamento de Estação de Tratamento de Água Ufv- Campus Florestal**, Florestal, 2018.

UFV – Universidade Federal de Viçosa. **Relatório do Departamento de Engenharia Ufv- Campus Florestal**, Florestal, 2018.

UFV – Universidade Federal de Viçosa. **Síntese Histórica da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal**, Florestal, 2018.

USGS – United States Geological. **Survey science for a changing world - U.S. Geological Survey**, 2013.

VIEIRA, V.T. & CUNHA, S.B.. **Mudanças na Rede de Drenagem Urbana de Teresópolis-RJ**. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil** – 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

APÊNDICES

Apêndice A

Resultado das análises físico - química e microbiológica (08/03/2018)



UFV – CAMPUS FLORESTAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Laboratório de Gestão Ambiental e Química
CNPJ 25944455-0003-58

Rodovia LMG 818, Km 06
CEP – 35690-000 – Florestal – MG
Fone/ Fax : (31) 35362266 - 3345

LAUDO DE ANALISE

No. Ufv- 23576

Data da Emissão : 08/03/2018

DADOS DO CLIENTE

Cliente -- 011 – PROJETO CDA - ELIAS

CNPJ –

Endereço – CAMPUS UNIVERSITÁRIO CEDAF – Ufv – SETOR DE FRUTICULTURA , FLORESTAL - MG

DADOS DA AMOSTRA

Identificação - Ufv-23576

Local da Coleta :

AM1- SAÍDA DOS RESERVATÓRIOS

Tipo de Amostra – Simples

Responsável pela Coleta – Assistente de Laboratório – Matrícula -10981-9 (Emerson F. Santos)

Analista de campo – EMERSON

Data da Coleta - 08/03/18

Hora da análise – 8:00

EXECUÇÃO DE ANÁLISES

Data e Hora de Início – 08/03/18 - 8:00

Data e Hora de Término - 09/03/18 – 9:00

RESULTADOS

Encontram-se nas tabelas das páginas seguintes e referem-se exclusivamente a amostra analisada.

AMOSTRAGEM

Realizada em campo (Turbidímetro Policontrol Patrimônio 224677, pHmetro de bancada Patrimônio 309690).

ANÁLISES	UNIDADE MEDIDA	MÉTODO	RESULTADO AM1	PARÂMETROS P. 2914(**)
Turbidez	NTU	ABNT MB 3227	0,6	< 5,00
Temperatura	°C	-	23	-
pH	---	ABNT NBR 14339	6,6	6,00 a 9,50
Cloretos	mg/L	SWWA 4110 B	20,0	0,2 a 2,0
Cloro	mg/L	SMEWW *	0,0	0,2 a 2,0
Dureza Total	mg/L	SWWA 2340 C	16,00	< 500,00
Coliformes Totais	----	SWWA9223B	PRESENÇA	Ausente
Escherichia coli	---	SWWA9223B	AUSENTE	Ausente

Notas

(*)Parâmetros de acordo com Portaria Nº 2914 – Ministério da Saúde – Dezembro de 2011

LQ = Limite de Quantificação

NA = Não se aplica.

A incerteza expandida relatada é baseada na incerteza padrão combinada, multiplicada por um fator abrangente k=2 para um nível de confiança de 95%.

*** Proibido a reprodução parcial deste documento.

Resultado conferido e aprovado eletronicamente por:

Apêndice B

Conclusão das análises físico - química e microbiológica (08/03/2018)

UFV - CAMPUS FLORESTAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Laboratório de Gestão Ambiental e Química
CNPJ 25944455-0003-58

Rodovia LMG 818, Km 06
CEP - 35690-000 - Florestal - MG
Fone/ Fax : (31) 35362266 - 3345

LAUDO DE ANALISE**No. UFV- 23576****Data da Emissão : 08/03/2018****Conclusão**

De acordo com os parâmetros analisados neste, no que tange ao parâmetro de Residual de Cloro e Coliformes Totais, o mesmo não satisfaz ao padrão da Portaria 2914 Ministério da Saúde 2011, no que diz respeito a captação para fins de abastecimento humano, sendo assim recomenda-se que seja instalado um sistema de cloração prévia desta água, a fim de ajustar os parâmetros aqui mencionado conforme Portaria vigente, e que estes sejam monitorados com frequência por laboratório competente, caso a finalidade de consumo seja abastecimento humano.

Os demais parâmetros aqui analisados atendem perfeitamente a Portaria 2914 Ministério da Saúde 2011.

Emerson Flávio Santos
Laboratório UFV- 10981-9

Apêndice C

Resultado das análises físico - química e microbiológica (12/09/2018)



UFV – CAMPUS FLORESTAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Laboratório de Gestão Ambiental e Química
CNPJ 25944455-0003-58

Rodovia LMG 818, Km 06
CEP – 35690-000 – Florestal – MG
Fone/ Fax : (31) 35362266 - 3345

LAUDO DE ANALISE

No. UFV– 23599

Data da Emissão : 12/09/2018

DADOS DO CLIENTE

Cliente – - 011 – PROJETO CDA - ELIAS

CNPJ –

Endereço – CAMPUS UNIVERSITÁRIO CEDAF – UFV – SETOR DE FRUTICULTURA , FLORESTAL - MG

DADOS DA AMOSTRA

Identificação - UFV-23599

Local da Coleta :

AM1- SAÍDA DOS RESERVATÓRIOS

Tipo de Amostra – Simples

Responsável pela Coleta – Assistente de Laboratório – Matrícula -10981-9 (Emerson F. Santos)

Analista de campo – EMERSON

Data da Coleta - 12/09/18

Hora da análise – 9:00

EXECUÇÃO DE ANÁLISES

Data e Hora de Início – 12/09/18 - 9:00

Data e Hora de Término - 13/09/18 – 14:00

RESULTADOS

Encontram-se nas tabelas das páginas seguintes e referem-se exclusivamente a amostra analisada.

AMOSTRAGEM

Realizada em campo (Turbidímetro Policontrol Patrimônio 224677, pHmetro de bancada Patrimônio 309690).

ANÁLISES	UNIDADE MEDIDA	MÉTODO	RESULTADO AM1	PARÂMETROS P. 2914(**)
Turbidez	NTU	ABNT MB 3227	1,4	< 5,00
Temperatura	°C	-	24	-
pH	---	ABNT NBR 14339	6,7	6,00 a 9,50
Cloretos	mg/L	SWWA 4110 B	27,0	0,2 a 2,0
Cloro	mg/L	SMEWW *	0,0	0,2 a 2,0
Dureza Total	mg/L	SWWA 2340 C	18,00	< 500,00
Coliformes Totais	---	SWWA9223B	PRESENÇA	Ausente
Escherichia coli	---	SWWA9223B	AUSENTE	Ausente

Notas

(*)Parâmetros de acordo com Portaria Nº 2914 – Ministério da Saúde – Dezembro de 2011

LQ = Limite de Quantificação

NA = Não se aplica.

A incerteza expandida relatada é baseada na incerteza padrão combinada, multiplicada por um fator abrangente k=2 para um nível de confiança de 95%.

*** Proibido a reprodução parcial deste documento.
Resultado conferido e aprovado eletronicamente por:

Apêndice D

Conclusão das análises físico - química e microbiológica (12/09/2018)

UFV – CAMPUS FLORESTAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
Laboratório de Gestão Ambiental e Química
CNPJ 25944455-0003-58

Rodovia LMG 818, Km 06
CEP – 35690-000 – Florestal – MG
Fone/ Fax : (31) 35362266 - 3345

LAUDO DE ANALISE**No. UFV– 23599**

Data da Emissão : 12/09/2018

Conclusão

De acordo com os parâmetros analisados neste, no que tange ao parâmetro de Residual de Cloro e Coliformes Totais, o mesmo não satisfaz ao padrão da Portaria 2914 Ministério da Saúde 2011, no que diz respeito a captação para fins de abastecimento humano, sendo assim recomenda-se que seja instalado um sistema de cloração prévia desta água, a fim de ajustar os parâmetros aqui mencionado conforme Portaria vigente, e que estes sejam monitorados com frequência por laboratório competente, caso a finalidade de consumo seja abastecimento humano.

Os demais parâmetros aqui analisados atendem perfeitamente a Portaria 2914 Ministério da Saúde 2011.

Emerson Flávio Santos
Laboratório UFV- 10981-9