

#### CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

# PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM EMPREENDIMENTO DE LAZER NA CIDADE DE RIO VERDE, GO

WELITON DE PAULA SILVA

Rio Verde, GO 2022

#### INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

## PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM EMPREENDIMENTO DE LAZER NA CIDADE DE RIO VERDE, GO

#### WELITON DE PAULA SILVA

Projeto de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira

Rio Verde - GO

Outubro, 2022

#### Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Silva, Weliton de Paula

SSI586

Projeto e dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial em um empreendimento de lazer na cidade de Rio Verde, GO / Weliton de Paula Silva; orientador Dr. Marconi Batista Texeira. -Rio Verde, 2022.
39 p.

TCC (Graduação em Engenharia Civil) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. sustentabilidade. 2. recursos hídricos. 3. água da chuva. 4. projeto hidrossanitário. I. Batista Texeira, Dr. Marconi, orient. II. Título.



### SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

#### Formulário 214/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO



[ ] Tese

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano Sistema Integrado de Bibliotecas

#### TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

[ ] Artigo Científico

#### Identificação da Produção Técnico-Científica

Produto Técnico e Educacional - Tipo:  Nome Completo do Autor: <b>WELITON DE PAULA SILVA</b>	
[ ] Trabalho Apresentado em Evento [ ] Produto Técnico e Educacional - Tipo:  Nome Completo do Autor: WELITON DE PAULA SILVA  Matrícula: 2016102200840407	
Nome Completo do Autor: <b>WELITON DE PAULA SILVA</b>	
·	
·	
Matrícula: 2016102200840407	
Matricula. 2010102200840407	
Título do Trabalho: PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM	UM
EMPREENDIMENTO DE LAZER NA CIDADE DE RIO VERDE, GO	
Restrições de Acesso ao Documento	
	em
Documento confidencial: [ ] Não [ x ] Sim, justifique: Parte do trabalho será submetido para publicação periódicos	
periódicos	

#### **DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- 1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- 3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado

em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 01/11/2022.

#### Assinado eletronicamente Weliton de Paula Silva Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinado eletronicamente Assinatura do orientador Marconi Batista Teixeira

Documento assinado eletronicamente por:

- Weliton de Paula Silva, 2016102200840407 Discente, em 01/11/2022 17:12:17.
- Marconi Batista Teixeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/11/2022 15:55:30.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/11/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 439889 Código de Autenticação: 868eef6040



INSTITUTO FEDERAL GOIANO Campus Rio Verde Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970 (64) 3624-1000



#### SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

#### SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 93/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

#### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 26 dias do mês de outubro de 2022, às 19:00 horas e 15 minutos, reuniu-se por videoconferência (meet.google.com/fyz-btuc-sos) a banca examinadora composta pelos docentes: Marconi Batista Teixeira (orientador), Charles Pereira Chaves (membro) e Lucas Peres Angelini (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM EMPREENDIMENTO DE LAZER NA CIDADE DE RIO VERDE, GO" do estudante **WELITON DE PAULA SILVA**, Matrícula nº 2016102200840407 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano - Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente Ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Marconi Batista Teixeira

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Charles Pereira Chaves

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Lucas Peres Angelini

Membro

#### Observação:

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/10/2022 12:37:39.
- Charles Pereira Chaves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/10/2022 11:30:24.
- Marconi Batista Teixeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/10/2022 11:28:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/10/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 438380

Código de Autenticação: 74e53099c5



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

#### **RESUMO**

SILVA, W. DE P. Projeto e dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial em um empreendimento de lazer na cidade de Rio Verde, GO. 2022. 39p. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *câmpus* Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

A água é um recurso indispensável para a sobrevivência e o crescimento populacional. Devido ao crescimento desordenado e não sustentável em algumas partes do mundo esse recurso tornou-se escasso. A fim de mitigar o estresse hídrico, o sistema de reaproveitamento de água pluvial mostra-se como uma forma alternativa na redução do consumo de água potável. Nesse trabalho avaliou-se a utilização de água da chuva para fins não potáveis. A pesquisa objetivou calcular os principais dispositivos e a elaboração do projeto de um sistema de reaproveitamento de água pluvial em empreendimento comercial. Pelo método de Rippl fez o cálculo da capacidade de armazenamento de água pluvial consoante a pluviosidade, área de captação e demanda para um empreendimento comercial localizado em Rio Verde- GO. Com a vazão de projeto calculou-se as calhas, condutores verticais e horizontais e sistema de bombeamento para elaboração de projeto do sistema de reaproveitamento de água pluvial. Realizou-se um estudo de viabilidade econômica considerando o orçamento para implantação do sistema. Na pesquisa mostra-se que vai gastar aproximadamente 17 anos para recuperar o valor inicial investido considerando a economia gerada na fatura de água cobrada pela companhia pública. Para esse projeto, o custo de implantação considerando o reservatório inferior de concreto armado ou polietileno apresentaram valores similares, sendo viável a construção com os dois sistemas construtivos.

Palavras-chave: sustentabilidade, recursos hídricos, água da chuva, projeto hidrossanitário

#### LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Urbano da Água9
Figura 2. Classificação dos sistemas de projetos prediais hidráulicos conforme a NBR 13531
(ABNT, 1995)
Figura 3. Etapas das atividades técnicas do projeto de edificação conforme a NBR 13531
(ABNT, 1995)14
Figura 4. Metodologia de Pesquisa.
Figura 5. Foto aérea da área de implantação do empreendimento comercial
Figura 6. Planta baixa
Figura 7. Planta cobertura
Figura 8. Precipitação média mensal para Rio Verde-GO, período de 2004 a 2018
Figura 9. Ábaco para dimensionamento de condutores verticais
Figura 10. Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazão em L/min)21
Figura 11. Dimensionamento de condutores verticais
Figura 12. Dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular (Vazão em L/min).
28
Figura 13. Etapas percorridas pela chuva no sistema de aproveitamento de água pluvial31
Figura 14. Tempo de retorno simples do investimento.

#### LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição do consumo de água em habitações residenciais.	11
Tabela 2. Demanda de água pluvial	24
Tabela 3. Cálculo volume do reservatório- Método de Rippl.	25
Tabela 4. Cálculo da vazão das calhas.	26
Tabela 5. Verificação da vazão nas calhas	26
Tabela 6. Dimensionamento da tubulação de recalque e sucção	28
Tabela 7. Perda de carga localizada sução	29
Tabela 8. Altura manométrica do sistema de bombeamento.	29
Tabela 9. Dimensionamento da motobomba.	30
Tabela 10. Orçamento do sistema de reaproveitamento de água pluvial.	32

#### LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS OU SÍMBOLOS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA- Agência Nacional De Água e Saneamento

BDI- Beneficios e Despesas Indiretas

CBIC- Câmara Brasileira da Indústria da Construção

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

FIESP- Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

NBR- Norma Brasileira

PVC- Policloreto de Vinila

SindusCons/SP- Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

ONU- Organização da Nações Unidas

#### **SUMÁRIO**

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
3 JUSTIFICATIVA	8
4 REVISÃO DE LITERATURA	9
4.1 Ciclo Urbano da Água	9
4.2 Sistema de Captação Pluvial	9
4.3 Consumo de Água	11
4.4 Reuso da Água da Chuva no Brasil	11
4.5 Metodologia de Elaboração de Projeto	12
4.6 Análise Econômica	14
5 MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1 Local de Estudo	16
5.2 Planta Baixa e de Cobertura da Edificação	16
5.3 Caracterização de Precipitação do Local	18
5.4 Metodologia de Cálculos	18
5.4.1 Cálculo para dimensionamento dos reservatórios	19
5.4.2 Calhas e condutores	19
5.4.3 Sistema de bombeamento	21
5.5 Elaboração de Projeto	23
5.6 Orçamento	23
5.7 Estudo de Viabilidade Econômica	24
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6.1 Demanda Estimada de Uso de Água Pluvial	24
6.2 Volume do Reservatório	25
6.3 Dimensionamento das Calhas	26
6.4 Dimensionamento dos Condutores	26
6.5 Sistema de Bombeamento	28
6.6 Elaboração de Projeto	30
6.7 Orçamento e Viabilidade Econômica	31
7 CONCLUSÕES	36
8 REFERÊNCIAS RIRLIOGRÁFICAS	37

ANEXO39	
---------	--

#### 1 INTRODUÇÃO

A água constitui um elemento indispensável para a sobrevivência humana, é utilizada em praticamente todas as atividades humanas. Com o crescimento das atividades econômicas nas últimas décadas, o fornecimento de água em quantidade e qualidade satisfatória tornou-se um desafio. Atrelado ao aumento do consumo mundial pelos recursos hídricos, a poluição contínua dos recursos de água natural faz com que a escassez hídrica afete o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida das pessoas (ANDERY E VIEIRA, 2012).

O crescimento econômico quando não atrelado a políticas sustentáveis contribuem para aumento de estresse hídrico (relação entre a demanda e disponibilidade de água). Esse desequilíbrio entre a demanda e a oferta pode gerar conflitos em determinadas regiões.

Diante desse cenário, entre os 17 objetivos do Desenvolvimento Sustentável, segundo a ONU está o de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos.

O saneamento pode ser caracterizado, conforme a Lei nº 11.445 de 2007, como o conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo de água pluviais urbanas (ANA, 2022).

É notório que cada parte que compõe o saneamento básico está relacionado entre si, pois não é possível pensar em água potável sem garantir um tratamento adequado aos dejetos domésticos, ou a gestão da água pluvial.

No Brasil, o setor que mais demanda água destina-se a irrigação, atingindo aproximadamente 50 %. Na sequência, com uso de 24 % do total, tem-se o uso para abastecimento urbano. Outros usos são as termoelétricas, as indústrias, abastecimento da população rural e a mineração (ANA, 2022).

Sistemas de captação e utilização de água da chuva mostra-se como uma solução viável entre as alternativas para aumentar a disponibilidade de água, assim como reduz os impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas.

A captação e aproveitamento de águas da chuva em regiões áridas e semiáridas é prática comum em muitas regiões do mundo, inclusive no Brasil. Porém, cabe destacar que a utilização de águas pluviais como fonte alternativa ao abastecimento de água requer uma gestão de qualidade e quantidade suficiente para atender a necessidade dos usuários. Cabe aos profissionais técnicos fazer o gerenciamento desde a concepção de instalação do sistema,

elaboração de projetos, assim como avaliar a viabilidade técnica de implantação e manutenção do sistema.

O aproveitamento de água pluvial pode se dar para finalidades distintas, para uso não potável, tais como lavagem de áreas externas, descargas de vasos sanitários, lavagem de veículos, irrigação. Ou para uso potável, onde a água deve passar por tratamento adequado para torná-la apta ao consumo.

A pesquisa justifica-se, pois o reaproveitamento da água da chuva é considera uma medida sustentável, pode ser implantada em empreendimentos residenciais ou comerciais. Cumulativamente é uma solução que gera economia para abastecimento em regiões onde há oferta limitada de água superficial ou subterrânea.

Portanto, esse trabalho apresenta como objetivo metodologia para elaboração de projeto e dimensionamento de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para uso não potável em um empreendimento comercial.

#### 2 OBJETIVOS

- Dimensionar dos principais dispositivos de um sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva;
- Elaborar o projeto de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fim não potável.
- Realizar a comparação de valores entre um reservatório de concreto armado e outro de Polietileno.

#### **3 JUSTIFICATIVA**

A pesquisa é justificada devido ao grande impacto que as atividades humanas vêm promovendo nos recursos naturais intensificadas após a urbanização e revolução industrial. Entre as principais justificativas, destacam-se:

- Construções sustentáveis;
- Saneamento público;
- Retenção de enchentes;
- Escassez de água potável.

#### 4 REVISÃO DE LITERATURA

#### 4.1 Ciclo Urbano da Água

A água disponível nos centros urbanos passa por várias etapas, o Ciclo Urbano da Água. Basicamente, esse ciclo é constituído desde o início da captação da água nos mananciais, adução da água bruta, passa por tratamentos adequados em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), é distribuída por meio da rede de abastecimento até as habitações. Após o uso nas necessidades antrópicas, a água que era potável, então é descartada em forma de água residuária na rede de coleta de esgoto. As Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE) é responsável pela diminuição da concentração de poluentes e torná-la apta ao despejo em um curso de água (CARNEIRO, 2007).

Paralelamente, o sistema de drenagem, responsável pelo manejo de água pluviais, está incluso no ciclo urbano da água. Soluções adequadas de projetos e implantação no meio urbano de uma rede de drenagem proporciona o equilíbrio entre o volume precipitado de água e o escoamento ao meio físico transformado pela ocupação humana. Nesta gestão, é primordial a prevenção ou mitigação de danos causados por inundações e a manutenção dos ecossistemas associados (CARNEIRO, 2007). Na Figura 1 ilustra o ciclo urbano da água.

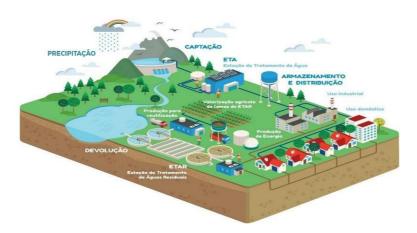


Figura 1. Ciclo Urbano da Água.

**Fonte**: Adaptado, disponível em: <a href="https://www.epal.pt/EPAL/menu/epal/comunica%C3%A7%C3%A3o-ambiental/ciclo-da-%C3%A1gua">https://www.epal.pt/EPAL/menu/epal/comunica%C3%A7%C3%A3o-ambiental/ciclo-da-%C3%A1gua</a>. Acesso em 11/09/2022.

#### 4.2 Sistema de Captação Pluvial

Segundo Tomaz (2005) um sistema de captação de água pluvial tem a função de recolher a água da chuva em uma determinada superfície e armazená-la para que, no período de

sazonalidade posterior, possa utilizá-la. A estimativa de durabilidade de um sistema de captação de água pluvial fica em torno de 20 anos. A composição do sistema é basicamente:

- a) Área de captação;
- b) Condutores verticais e horizontais;
- c) Sistema para reter folhas e sujeiras diversas;
- d) Filtro para limpar impurezas remanescentes na água;
- e) Reservatório subterrâneo;
- f) Motobomba;
- g) Tubulação e conexões;
- h) Caixa d'água.

O volume do reservatório depende da demanda ou consumo de água na habitação, o volume de precipitação pluviométrica média na região, a área de captação e o tempo de estiagem. O reservatório deve ter dispositivos que garante o fechamento, assim como permitir a realização de cloração de forma que evite o acúmulo de impurezas e a proliferação de microrganismos (TOMAZ, 2010).

Segundo relatório elaborado pela ANA, a FIESP e o SindusCons- SP para a conservação e reuso de água em edificações para uso não potável na elaboração de projeto e execução devem considerarem algumas exigências mínimas conforme descrito a seguir (ANA, 2020).

- a. Água para irrigação de jardim e lavagem de pisos não poderá apresentar mau cheiro, conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas, ser abrasiva, manchar superfícies e propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;
- b. Água para descarga em bacias sanitárias não poderá apresentar mau-cheiro, ser abrasiva, manchar superfícies, deteriorar os matais sanitários; propiciar infecções ou a contaminação por vírus, ou bactérias prejudiciais à saúde humana;
- c. Água para lavagem de veículos não poderá apresentar mau-cheiro, ser abrasiva, conter sais ou substancias remanescentes após secagem, propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana;
- d. Âgua para lavagem de roupa deve ser incolor (não turva); não deve apresentar mau-cheiro, ser livre de metais, não deve propiciar infecções ou a contaminação por bactérias à saúde humana.

A qualidade necessária e a destinação final vão determinar o tipo de tratamento da água da chuva. É notório que nas primeiras chuvas a concentração de poluentes e impurezas são maiores. Nas primeiras chuvas do período chuvoso é recomendável fazer o descarte das primeiras águas da chuva e executar uma filtração simples para remoção do material sedimentar de maior dimensão, tais como galhos, folhas e poeiras (CARVALHO JÚNIOR, 2009).

#### 4.3 Consumo de Água

Pesquisa realizada por Viola (2008) mostram que o ponto de maior consumo de água residencial é no banheiro, independentemente do local onde se encontra a habitação. Vasos sanitários alimentados com o sistema de válvula de descarga é o principal consumidor de água em uma residência. A seguir, na Tabela 1, é apresentado dados de consumo médio nos dispositivos de utilização em uma residência.

Tabela 1. Distribuição do consumo de água em habitações residenciais

Setor da Residência	Porcentagem Média de Utilização
Banheiro	64 %
Bacia Sanitária	30 %
Lavatório	6 %
Chuveiro	28 %
Cozinha	18 %
Pia de Cozinha	15 %
Máquina de Lavar Louça	3 %
Área de Serviço	13 %
Máquina de Lavar Roupa	8 %
Tanque	5 %
Rega de Jardins/Limpeza de Calçadas	5 %

Fonte: Adaptado de Viola, 2008.

#### 4.4 Reuso da Água da Chuva no Brasil

O sistema de captação de água proporciona vários benefícios implicando em construções sustentáveis, além disso mostra ser vantajoso no custo-benefício, gerando economia e impactos ambientais positivos. Atrelado com aprimoramento de tecnologias,

concepção adequada de projetos de manejo dos recursos hídricos, o sistema de captação e utilização de água pluvial visam os seguintes objetivos (CBIC, 2019):

- a. Reduzir o consumo de água da rede pública e do custo com a infraestrutura e operação do fornecimento da mesma;
- b. Reduzir custos, já que o mesmo acontece na maioria das vezes através do telhado, sendo que já faz parte da edificação;
- c. Auxiliar na drenagem das águas da chuva que vão para as galerias e rios, com a redução da lâmina d'água, possibilitando a contenção das enchentes;
- d. Impedir a utilização de água potável em lugares onde não serão necessárias. Ou seja, em locais que não necessitem de água tratada para o uso humano;
- e. Conscientizar a população e incentivar o governo a criar leis e programas que possa ajudar nos problemas ambientais da cidade.

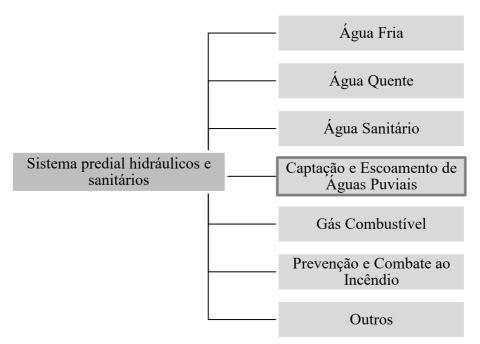
O poder público desempenha papel primordial na elaboração de políticas para uma gestão eficiente dos recursos hídricos. Em São Paulo e Curitiba elaboraram leis municipais que exigem que as edificações nos processos de licenciamento, novas ou reformas, devem possuir sistema de captação de água pluvial, quando os lotes contiverem área superior a 500 m². Devido a condições desfavoráveis do clima, é na região Nordeste que se tem o maior índice de aproveitamento de água da chuva (COHIN, GARCIA e KIPERSTOK, 2014).

#### 4.5 Metodologia de Elaboração de Projeto

Para PMI (2013), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. É um processo com início e fim bem definido. O término pode ser alcançado quando: a) Os objetivos tiverem sido atingidos; b) Quando se concluir que os objetivos não serão ou não poderão ser atingidos; c) Encerramento do projeto; d) Quando o projeto não for mais necessário.

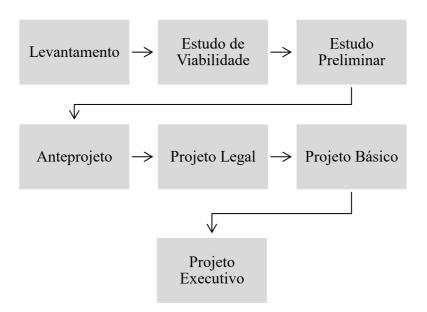
Dentre as diversas disciplinas partes de uma edificação, existe o projeto de instalações prediais. Este pode ser caracterizado como o produto constituído por um conjunto de componentes construtivos defendidos e articulados conforme princípios e técnicas de arquitetura e engenharia para, ao integrar a edificação, desempenhar, em níveis adequados, determinadas funções (ou serviços) de condução de energia, gases, líquido e sólidos NBR 13531 (ABNT, 1995).

Novas tecnologias permitem atualmente aos responsáveis técnicos na elaboração de projeto um melhor entendimento de compatibilidade entre as disciplinas. Os projetistas de sistemas prediais podem contribuir desde a concepção dos ambientes, com as melhores soluções para a acomodação de equipamentos e também com a assessória para a incorporação de novas tecnologias nas edificações. O trabalho segue com o traçado e as definições de posicionamento dos componentes dos sistemas prediais, que levam ao dimensionamento e o detalhamento de cada sistema. Na Figura 2 é apresentado as principais disciplinas nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Nesse projeto de pesquisa vai ser detalhado o sistema de captação de água pluvial, conforme destacamento na figura abaixo.



**Figura 2.** Classificação dos sistemas de projetos prediais hidráulicos conforme a NBR 13531 (ABNT, 1995). **Fonte:** Autor (2022).

A NBR 13531 (ABNT, 1995) divide em etapas as atividades técnicas do projeto de uma edificação, entre as etapas mais comuns, podem-se destacar as descritas na Figura 3. São premissas não exclusivas que servem como referência para a equipe multidisciplinar responsável pela elaboração e construção de um empreendimento imobiliário.



**Figura 3**. Etapas das atividades técnicas do projeto de edificação conforme a NBR 13531 (ABNT, 1995). **Fonte:** Autor (2022).

#### 4.6 Análise Econômica

De acordo com Marinoski e Ghisi (2018), a viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Ou seja, do clima e da população local. A utilização de água de chuva visa principalmente reduzir o consumo de água potável, gerando economia para o usuário e preservando os recursos hídricos do planeta.

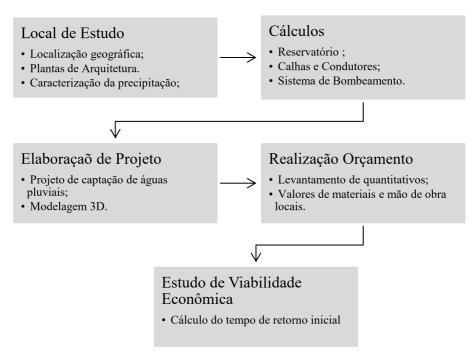
A maior parte do investimento para aplicação de um sistema de captação de água da chuva deve-se a alterações nas instalações hidráulicas e elétricas. A implantação do sistema em habitações em fase de construção é mais barata, uma vez que um projeto dimensionado da forma adequada evita retrabalho com escavação de valas, quebra de parede para passar a tubulação ou adaptações para integração do sistema atual (apenas fornecimento da concessionária) com o sistema híbrido em que pontos de consumo podem ser alimentados da água fornecido pelos órgãos públicos ou captação de água pluvial própria. A lista abaixo mostra os principais investimentos para execução de um sistema de captação de água pluvial para uso não potável (PIZZANO E GONÇALVES, 2011):

Aumento na quantidade de tubulação hidráulica;

- Aumento na quantidade de conexões hidráulicas;
- Adição de uma caixa d'água;
- Adição de uma motobomba;
- Dispositivo de retenção com filtro para tratamentos de água captada da chuva;
- Construção de um reservatório subterrâneo para armazenar a água captada;
- Mão de obra para execução dos serviços.

Apesar do investimento necessário durante a construção, a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água deve ser feita considerando a economia gerada pela não uso de água tratada pelo serviço público no dia a dia pelos usuários em pontos de utilização que não necessitam de água potável. Ao mesmo tempo, o empreendimento torna-se uma construção mais sustentável, melhorando a qualidade de vida dos usuários e das pessoas em torno.

#### **5 MATERIAL E MÉTODOS**



**Figura 4.** Metodologia de Pesquisa. **Fonte:** Autor (2022).

#### 5.1 Local de Estudo

O projeto do sistema de captação de água da chuva será elaborado para uma obra de um empreendimento comercial com fim recreativo localizado da cidade de Rio Verde-GO. Na Figura 5 mostra-se uma imagem aérea do local de estudo extraída do Google Maps.



**Figura 5.** Foto aérea da área de implantação do empreendimento comercial. **Fonte:** Autor (2022).

#### 5.2 Planta Baixa e de Cobertura da Edificação

A planta baixa do empreendimento, que foi feito o projeto de sistema de captação de água, é apresentado na Figura 6. Consiste em uma área de lazer que contém 240 m² de projeção de cobertura útil (área de captação). O dimensionamento de demanda foi considerado o uso de água nas bacias sanitárias, mictórios, assim como lavagem em área externa (calçadas). Ao todo o projeto tem 100 m² de calçada em pedra Pirenópolis, 6 vasos sanitários com caixa acoplada e 3 mictórios.

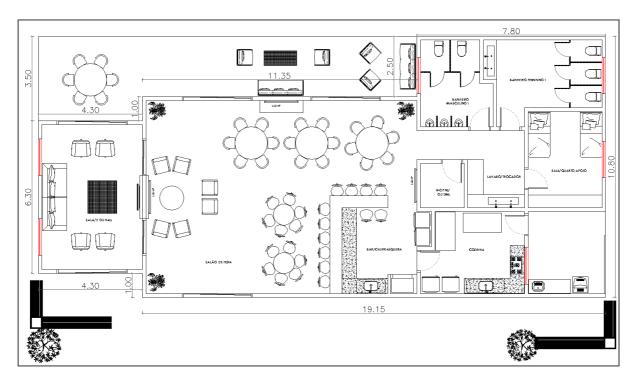


Figura 6. Planta baixa. Fonte: Autor (2022).

A cobertura do empreendimento foi considerada em telha do tipo fibrocimento com inclinação de 15%. As calhas foram projetadas para serem em chapa galvanizada. Os condutores verticais em PVC da linha série normal. Os detalhes da planta de cobertura são mostrados na Figura 7.

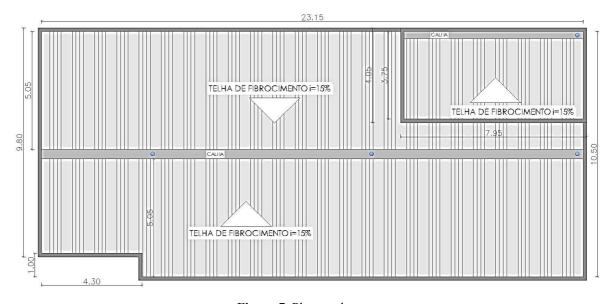


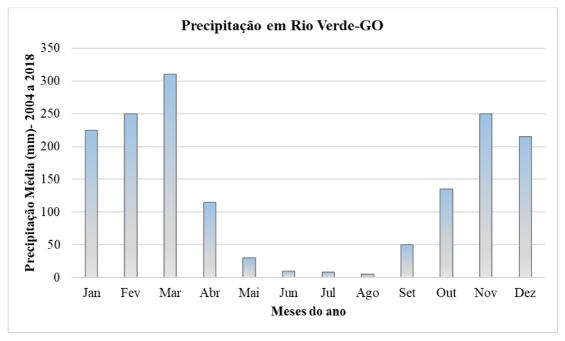
Figura 7. Planta cobertura.

.

**Fonte:** Autor (2022).

#### 5.3 Caracterização de Precipitação do Local

O município de Rio Verde encontra-se na região sudoeste do Estado de Goiás. A média pluviométrica fica entre 1500 a 1800 mm/ano, com predomínio chuvoso entre os meses de novembro a abril e menores índices pluviométricos ocorrendo em junho, julho e agosto. A Figura 8 mostra a média de precipitação mensal para o período de 2004 a 2018 conforme o INMET- Estação Rio Verde- A025. Os dados foram compilados em planilho do software Excel, assim como serviu como plataforma para elaboração do gráfico abaixo (LOPES SOBRINHO, *et al.*, 2020).



**Figura 8.** Precipitação média mensal para Rio Verde-GO, período de 2004 a 2018. **Fonte:** Adaptado (LOPES SOBRINHO, *et al.*, 2020).

Mediante os dados do gráfico acima, o valor médio de precipitação anual é de aproximadamente de 1621 mm.

#### 5.4 Metodologia de Cálculos

#### 5.4.1 Cálculo para dimensionamento dos reservatórios

Seguindo prescrição da NBR 15527 (ABNT, 2007), o método utilizado para o dimensionamento dos reservatórios foi conforme a metodologia de Rippl. Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$
 (Eq. 01)

 $Q_{(t)} = C x$  precipitação da chuva<sub>(t)</sub> x Área de captação

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

Sendo que:  $\sum D_{(t)} \le \sum Q_{(t)}$ 

onde:

 $S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t;

Q<sub>(t)</sub> é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

 $D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

#### **5.4.2** Calhas e condutores

As calhas e condutores horizontais e verticais devem ser dimensionados consoante o período de retorno escolhido, vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, conforme determina a NBR 10844 (ABNT, 1989). No projeto foi considerado que as calhas feitas chapas de galvanizada e os condutores verticais e horizontais em PVC.

A vazão de projeto deve ser calculada conforme a fórmula abaixo:

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$
 (Eq. 02)

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min

I= intensidade pluviométrica, em mm/h

A =área de contribuição, em  $m^2$ 

A inclinação das calhas deve ser uniforme e com valor mínimo de 0,5%.

O dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada abaixo:

$$Q = K x \frac{s}{n} x R_{H}^{2/3} x i^{1/2}$$
 (Eq. 03)

Em que:

Q = vazão de projeto, em L/min

S = área de seção molhada, em m<sup>2</sup>

n= coeficiente de Rugosidade, no trabalho considerou o material como metal, então n=0.011

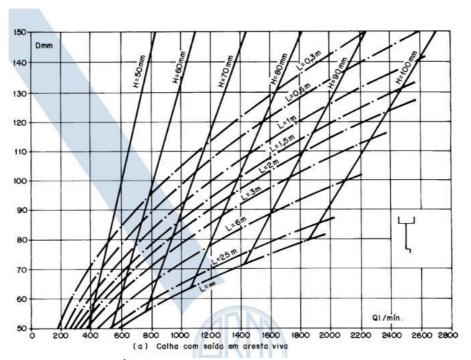
R = raio hidráulico, em m

i = declividade da calha, m/m

K = 60.000

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989) a intensidade pluviométrica (mm/h) considerada nesse trabalho é a mesma para a cidade de Goiânia, para um período de retorno de 25 anos, ou seja, 192 mm/h.

O diâmetro interno dos condutores verticais devem ser de no mínimo 70 mm. O dimensionamento dever ser feito correlacionado a vazão de projeto (L/min), com a altura da lâmina de água na calha (mm) e comprimento do condutor vertical (m). O diâmetro interno do condutor vertical é obtido por ábaco. A Figura 9 mostra o ábaco utilizado para o cálculo dos condutores verticais.



**Figura 9.** Ábaco para dimensionamento de condutores verticais. **Fonte:** NBR 10844 (ABNT, 1989).

Os condutores horizontais devem ser projetados sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento dos condutores horizontais é feito segundo a Figura 10.

	Diâmetro interno	<u></u> 0,011		<u>n</u> = 0,012				<u>n</u> = 0,013					
	(D) (mm)	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

**Figura 10.** Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazão em L/min). **Fonte:** NBR 10844 (ABNT, 1989).

#### 5.4.3 Sistema de bombeamento

#### Vazão de recalque

Segundo o trabalho desenvolvido por Pierezan (2005), a vazão de recalque pode ser determina pela expressão abaixo.

$$Q_{rec} = \frac{CD}{NF}$$
 (Eq. 04)

Em que:

Q<sub>rec</sub> = vazão de recalque (m<sup>3</sup>/h)

CD = consumo diário de água não potável (m³/dia)

NF = número de horas de funcionamento da bomba

#### Diâmetro de recalque e sucção

O diâmetro de recalque foi calculado conforme pesquisa realizada por Roggia (2007), pela fórmula de Forchmeir.

$$D_{rec} = 1.3 \text{ x } Q_{rec}^{1/2} \text{ x } t^{1/4}$$
 (Eq. 05)

Onde:

D<sub>rec</sub> = diâmetro de recalque (m)

 $Q_{rec} = vazão de recalque (m^3/s)$ 

t = número de horas de funcionamento sobre 24 horas diárias.

A NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda adotar 6 horas como o tempo de funcionamento da bomba. Para o diâmetro de sucção adota-se valor imediatamente superior ao estabelecido para o recalque.

#### Altura monométrica

Coscareli (2010) apresenta em sua pesquisa equações que permitem a determinação da altura manométrica, nesse trabalho utilizou essa metodologia para efetuar os cálculos, apresentado a seguir.

$$H_{\text{man}} = H_{\text{man,rec}} + H_{\text{man, suc}}$$
 (Eq. 06)

Onde:

 $H_{man} = altura manométrica total (m)$ 

H<sub>man,rec</sub> = altura manométrica de recalque (m)

H<sub>man, suc</sub> = altura manométrica de sucção (m)

$$H_{\text{man,rec}} = H_{\text{rec}} + \Delta H_{\text{rec}}$$
 (Eq. 07)

Onde:

H<sub>rec</sub>= desnível entre a bomba e o ponto mais alto do recalque (m)

 $\Delta H_{rec}$ = perda de carga do recalque (m)

$$\Delta H_{rec} = j_{rec} \times L_{trec}$$
 (Eq. 08)

Em que:

j<sub>rec</sub> = perda unitária no recalque

L<sub>trec</sub> = comprimento real da tubulação mais os comprimentos equivalentes (m)

$$H_{\text{man,suc}} = H_{\text{suc}} + \Delta H_{\text{suc}}$$
 (Eq. 09)

Em que:

H<sub>man,suc</sub> = altura manométrica de sucção (m)

H<sub>suc</sub> = desnível entre a bomba e o ponto mais alto da sucção (m)

 $\Delta H_{\text{suc}}$  = perda de carga na sucção (m)

$$\Delta H_{\text{suc}} = j_{\text{suc}} \times L_{\text{tsuc}}$$
 (Eq. 10)

Em que:

j<sub>suc</sub> = perda unitária na sucção

 $L_{tsuc}$  = comprimento real da tubulação de sucção mais os comprimentos equivalentes (m)

O cálculo da perda de carga distribuída pela expressão amplamente difundida no meio acadêmico, a de Hazen-Williams.

$$j = 10,643 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87}$$
 (Eq. 11)

Em que:

j = perda de carga distribuída (m/m)

Q = vazão do fluido (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de rugosidade

D = diâmetro da tubulação (m)

A perda de carga localizada ocorre em trechos da tubulação onde há presença de acessórios ou conexões ao longo da tubulação, assim como na entrada e saída da tubulação. O comprimento equivalente para cada peça de utilização é em função do material, do tipo de conexão e do seu diâmetro. Esse valor deve ser encontrado em tabelas fornecidas pelo fabricante.

#### • Sistema de bombeamento

Após o cálculo da vazão de recalque e a altura manométrica total deve consultar um catálogo de fabricante de motobomba para escolher o modelo e especificações de potência.

#### 5.5 Elaboração de Projeto

Após o dimensionamento do sistema de captação de aproveitamento de água foi elaborado do projeto no *software* Revit. Nesse programa faz toda a modelagem 3D do sistema e permite quantificar a lista de materiais necessários para implementação do sistema.

#### 5.6 Orçamento

Após o levantamento dos materiais foi realizado a estimativa de custo de implementação utilizando preços dos materiais e mão de obra praticado na região. Com isso foi possível avaliar

a viabilidade financeira do projeto comparando o custo de aplicação do projeto em relação à economia gerada ao longo dos anos com a tarifa de água fornecida pelo sistema público.

#### 5.7 Estudo de Viabilidade Econômica

A viabilidade econômica foi investigada ao buscar o tempo necessário de retorno do investimento inicial. Comparou-se o valor gasto para a implantação do sistema, em relação à economia gerada ao longo desse período pela redução do consumo de água tratada oferecida pela rede pública de abastecimento. Cabe ressaltar que não foi considerado nessa análise variáveis como gasto de manutenção preventiva ou corretiva nesse período. No custo de operação não foi considerado o gasto com energia elétrica para o funcionamento do sistema de recalque de água do reservatório inferior para o superior. Por se tratar de uma pesquisa em nível de monografia não foi elaborado uma análise econômica de forma detalhada, tais como *payback* simples ou *payback* descontado.

#### 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 6.1 Demanda Estimada de Uso de Água Pluvial

A demanda de água diária estimada está em função da população e quantidade consumida por cada pessoa. O consumo *per capita* para um empreendimento comercial adotado foi de 120 L/pessoa, adaptado de Dornelles (2012). O volume de água captada pelo sistema de reaproveitamento foi considerado seu aproveitamento apenas nas bacias sanitárias e para uso em área externa, ou seja, para limpeza de calçadas, com a porcentagem de consumo *per capita* conforme a Tabela 1. A demanda diária é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Demanda de água pluvial.

População média diária	12 pessoas
Consumo per capita	120 L
Consumo estimado de água do sistema aproveitamento pluvial- Bacia sanitária- <i>Per capita</i> (Conforme Tabela 1)	120 Lx60 %x30 %= 21,6 L
Consumo estimado de água do sistema aproveitamento pluvial- Área externa- <i>Per capita</i> (Conforme Tabela 1)	120 Lx5 %= 6 L
Consumo total diário de água do sistema de aproveitamento pluvial	12x(21,6+6)= 331,2 L

**Fonte:** Autor (2022).

A população média diária foi estimada em conversa com o proprietário do empreendimento quanto ao intuito de locação da construção apenas para um grupo fechado de pessoas, com isso chegou-se no valor de 12 pessoas por dia, durante 7 dias da semana.

#### 6.2 Volume do Reservatório

O reservatório foi dimensionado conforme o método analítico de Rippl, para demanda constante e coeficiente de Runoff de 0,8, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Cálculo volume do reservatório- Método de Rippl.

Coeficiente	de runoff (CR) =	0,8					
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório
	(mm)	(m³)	(m <sup>2</sup> )	(m³)	(m³)	(m³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	225	8	240	43	-35	0	E
Fevereiro	250	8	240	48	-40	0	E
Março	310	8	240	60	-52	0	E
Abril	115	8	240	22	-14	0	E
Maio	30	8	240	6	2	2	D
Junho	12	8	240	2	6	8	D
Julho	8	8	240	2	6	14	D
Agosto	6	8	240	1	7	21	D
Setembro	50	8	240	10	-2	19	S
Outubro	135	8	240	26	-18	1	S
Novembro	250	8	240	48	-40	0	E
Dezembro	230	8	240	44	-36	0	E
Total	1621	96		312	Volume=	21	

#### Descrição da planilha:

Coluna 1 = Meses

Coluna 2 = Intensidade pluviométrica mensal

Coluna 3 = Demanda mensal de água pluvial da edificação

Coluna 4 = Área de captação da edificação

Coluna 5 = (Coluna 2) x (Coluna 4) x (Coeficiente de runoff) / (100)

Coluna 6 = (Coluna 3) - (Coluna 5)

Coluna 7 = (Coluna 7 mês anterior) + (Coluna 6 mês atual)

Se o valor resultante for menor que zero adotar zero

Coluna 8 = Se (Coluna 7) for igual a zero, valor resultante "E" (Nível do reservatório está extravasando)

Se (Coluna 7 mês atual) for maior do que (Coluna 7 mês anterior), valor resultante "D" (Nível do reservatório está descendo)

Se (Coluna 7 mês atual) for menor do que (Coluna 7 mês anterior), valor resultante "S" (Nível do reservatório está subindo)

**Fonte:** Autor (2022).

O cálculo da chuva média mensal foi feito considerando o período de 2004 a 2018, conforme Figura 8. O volume total obtido pelo método de Rippl foi de 21 m³. Com esse volume de água armazenada é suficiente para suprir a demanda por aproximadamente 63 dias. O volume do reservatório adotado ficou de 3,50 m x 3,00 m x 2,50 m (largura x comprimento x altura), considerando uma folga em relação ao volume útil.

#### 6.3 Dimensionamento das Calhas

O resultado da vazão nas calhas do telhado com telha de fibrocimento está expresso na Tabela 4. A vazão de projeto é calculada conforme a Equação 2.

Tabela 4. Cálculo da vazão das calhas.

Intensidade pluviométrica	192 mm/h
Área de contribuição	240 m <sup>2</sup>
Vazão de projeto	768 L/min

**Fonte:** Autor (2022).

Adotou-se para a calhas as seguintes dimensões retangulares, 10 cm de altura (5 cm para perímetro molhado) e 40 cm de largura. O condutor é feito de metal não ferroso, com isso foi determinado que o coeficiente de rugosidade é de 0,011. A verificação das dimensões das calhas para a vazão de projeto é apresentada na Tabela 5. O cálculo da vazão de verificação das dimensões das calhas foi feito pela Equação 3, fórmula de Manning.

Tabela 5. Verificação da vazão nas calhas.

Área de seção molhada	0,02 m <sup>2</sup>
Coeficiente de Rugosidade	0,011
Raio hidráulico	0,04 m
Declividade	0,50 %
Perímetro molhado	0,50 m
Vazão nas calhas	902,22 L/min

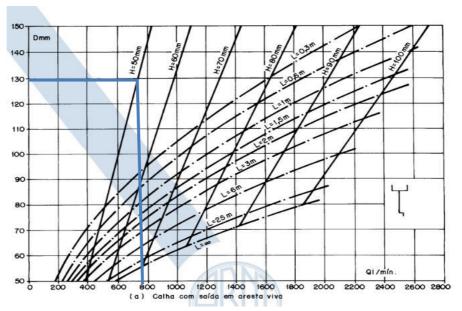
**Fonte:** Autor (2022).

As dimensões das calhas estão satisfatórias, pois a vazão para uma calha de seção retangular 10 x 40 cm (902,22 L/min) é maior que a vazão de projeto determinada pela intensidade pluviométrica (768 L/min).

#### 6.4 Dimensionamento dos Condutores

O dimensionamento dever ser feito correlacionado a vazão de projeto (L/min), com a altura da lâmina de água na calha (mm) e comprimento do condutor vertical (m). O diâmetro interno do condutor vertical é obtido por ábaco, conforme NBR 10844 (ABNT, 1989). No projeto elaborado o comprimento do condutor vertical considerado é a medida da altura do

bocal da calha até a parte superior da laje, medida adotada foi de 0,30 m. A Figura 11 mostra o valor da seção do condutor vertical.



**Figura 11.** Dimensionamento de condutores verticais. **Fonte:** Adaptado NBR 10844 (ABNT, 1989).

Por critérios técnicos quanto possibilidade de entupimento de algum bocal de saída da calha foi admitido 4 saídas com bitola de 100 mm cada, uma vez no local da construção tem várias árvores. Porém, conforme a Figura 11, foi adotado 2 tubos condutores de 100 mm de diâmetro.

Os condutores horizontais foram projetados com inclinação de 1%. Material em PVC. O dimensionamento dos condutores horizontais é feito conforme a Figura 12.

	Diâmetro interno	metro interno $\underline{n} = 0,011$ (D)			<u>n</u> = 0,012 <u>n</u> = 0,013							3	
	(mm)	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

**Figura 12.** Dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular (Vazão em L/min). **Fonte:** Adaptado NBR 10844 (ABNT, 1989).

Com a vazão encontrada na Figura 12, foram necessários 3 condutores de 100 mm de diâmetro para suprir a demanda da vazão de projeto.

#### 6.5 Sistema de Bombeamento

#### • Vazão de recalque

O cálculo da vazão de recalque foi realizado pela Equação 4, para um consumo diário de  $0,221~\text{m}^3/\text{dia}$ , com o número de horas de funcionamento da bomba de 6~h, tem-se uma vazão de  $0,000010~\text{m}^3/\text{s}$ .

#### • Diâmetro de recalque e sucção

O diâmetro de recalque foi calculado conforme Equação 5. A Tabela 6 mostra os valores encontrados para os diâmetros de recalque e sucção.

**Tabela 6.** Dimensionamento da tubulação de recalque e sucção.

Qrec	$0,000010 \text{ m}^3/\text{s}$
Número de horas de funcionamento sobre 24 horas diárias	0,25 h
$ m D_{calculado}$	2,91 mm
$D_{ m rec}$	20 mm
$D_{ m suc}$	25 mm

**Fonte:** Autor (2022).

O modelo de bomba recomendável para esse sistema de captação de água pluvial é submersível, com isso não tem tubulação de recalque. O diâmetro de sucção adotado foi uma bitola comercial acima do escolhido para o recalque. O sistema de tubulação para a sucção foi de PVC, linha soldável.

#### • Altura monométrica

O cálculo da perda de carga localizada é apresentado na Tabela 7. Foi considerado a tubulação em PVC para um diâmetro de 25 mm, foi consultado o catálogo de um fabricante para a determinação do comprimento equivalente unitário de cada dispositivo. O cálculo da altura manométrica é apresentado na Tabela 8, foi utilizado as Equações 6 a 11. O comprimento da tubulação e altura manométrica de sucção considerado no cálculo está correspondente o projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial em anexo.

**Tabela 7.** Perda de carga localizada sução.

Dispositivo	Comprimento Equivalente (m)	Quantidade	Comprimento Equivalente Total (m)
Válvula de pé e crivo	9,5	1	9,5
Joelho 90°	1,2	9	10,8
Joelho 45°	0,5	2	1
Tê 90° direto	0,8	1	0,8
Válvula de retenção	2,7	1	2,7
Registro Gaveta	0,2	4	0,8
Saída da Canalização	0,9	1	0,9
	Total	•	26,5

**Fonte:** Autor (2022).

Tabela 8. Altura manométrica do sistema de bombeamento.

	$H_{ m suc}$	8,47 m			
	jsuc	0,000035 m/m			
Sucção	$L_{tsuc}$	26,5+30,45= 56,95 m			
	$\Delta H_{ m suc}$	0,002 m			
	H <sub>man,suc</sub>	8,472 m			
$ m H_{man}$		8,472 m			

**Fonte:** Autor (2022).

#### • Motobomba

O cálculo da bomba é feito pela Equação 12. Adotou-se um rendimento de 70%, para o cálculo desse dispositivo consultou o manual da Schneider consoante os parâmetros apresentados na Tabela 9.

$$N = \frac{1000 x Q x H_{man}}{75 x \eta}$$
 (Eq. 12)

Em que:

N = potência motriz (cv)

 $Q = Vazão (m^3/s)$ 

 $H_{man} = Altura manométrica (m)$ 

 $\eta$  = rendimento.

Tabela 9. Dimensionamento da motobomba.

Q	0,00001 m³/s
H <sub>man</sub>	8,472 m
η	70 %
N calculado	0,002 cv
N adotado	1/6 ev

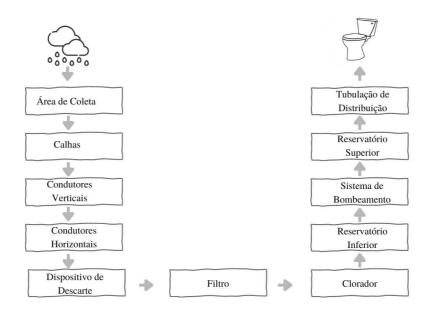
**Fonte:** Autor (2022).

#### 6.6 Elaboração de Projeto

A NBR 15527 (ABNT, 2007) as tubulações e demais componentes devem ser diferenciados das tubulações de água potável. O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada. Os pontos de consumo, como, por exemplo, torneira de jardim, devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição "água não potável". Também os reservatórios de água de distribuição de água potável e de água de chuva devem ser separados.

No projeto dos reservatórios deve considerar os seguintes dispositivos: extravasor de esgotamento, cobertura, ventilação e segurança. Eles devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998).

A Figura 13 mostra as principais etapas do sistema de reaproveitamento de água da chuva consideradas na elaboração do projeto. As plantas e vistas do projeto serão apresentadas em anexo neste trabalho.



**Figura 13.** Etapas percorridas pela chuva no sistema de aproveitamento de água pluvial. **Fonte:** Autor (2022).

#### 6.7 Orçamento e Viabilidade Econômica

O custo de implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial foi realizado considerando preços executados em empresas na região de Rio Verde. A Tabela 10 mostra o orçamento detalhado dos materiais e mão de obra para execução do sistema de aproveitamento de água pluvial. Cabe ressaltar que não foi considerado itens que são indispensáveis ao sistema de captação de água pluvial caso não houvesse o armazenamento e distribuição dessa água. Portanto, materiais como calhas, condutores horizontais e verticais, alimentação dos dispositivos, estes que seriam necessários mesmo não havendo o sistema de aproveitamento de água pluvial, não foram considerados no orçamento. Com isso, o orçamento consta apenas elementos indispensáveis ao projeto de reaproveitamento de água pluvial.

Tabela 10. Orçamento do sistema de reaproveitamento de água pluvial.

(continua)

	(continua)						
Índice	Item	Qtd.	Unid.	Unitário (R\$)		To	otal (R\$)
1	Serviços Preliminares						
1.1	Projetos	1	vb	R\$	750,00	R\$	750,00
1.2	Diversos	1	vb	R\$	1.000,00	R\$	1.000,00
2	Equipamentos e Ferramentas						
2.1	Martelete	2	dia	R\$	90,00	R\$	180,00
2.2	Locação de Caçamba	1	mês	R\$	350,00	R\$	350,00
2.3	Locação Betoneira	1	mês	R\$	300,00	R\$	300,00
2.4	Retroescavadeira	4	h	R\$	180,00	R\$	720,00
2.5	Compactador	2	dia	R\$	120,00	R\$	240,00
3	Fundação						
3.1	Mão de obra	10,5	vb	R\$	50,00	R\$	525,00
3.2	Brita 0	0,525	m³	R\$	141,67	R\$	74,38
3.3	Malha 4,2 mm 15 x 15	10,5	m <sup>2</sup>	R\$	13,15	R\$	138,08
3.4	Concreto moldado in loco Fck – 25 MPa	5,0644	m³	R\$	520,00	R\$	2.633,49
3.5	Escavação manual	2	m³	R\$	100,00	R\$	200,00
3.6	Escavação mecânica	40	m	R\$	10,00	R\$	400,00
3.7	Tabua Pinus 2 x 30 cm - 3 m	10	un	R\$	38,00	R\$	380,00
3.8	Tabua Pinus 2 x 10 cm - 3 m	5	un	R\$	12,00	R\$	60,00
3.9	Prego c/ cabeça 17 x 21 PCT 1 kg	3	un	R\$	21,00	R\$	63,00
4	Estrutura						
4.1	Mão de obra	33	vb	R\$	25,00	R\$	825,00
4.2	Coluna 7 x 17 cm ferro 8 mm com 28 estribos	33	un	R\$	125,00	R\$	4.125,00
4.3	Concreto moldado in loco Fck – 25 MPa	1,386	m³	R\$	520,00	R\$	720,72
4.4	Aço CA-50	50	kg	R\$	8,50	R\$	425,00
4.5	Aço CA-60	25	kg	R\$	8,50	R\$	212,50
4.6	Arame recozido nº 12	5	kg	R\$	18,00	R\$	90,00
4.7	Arame recozido nº 18	5	kg	R\$	18,00	R\$	90,00
5	Paredes						
5.1	Mão de obra	32,5	vb	R\$	35,00	R\$	1.137,50

Tabela 11. Orçamento do sistema de reaproveitamento de água pluvial.

(continua)

4	(continua						
Índice	Item	Qtd.	Unid.	Uni	tário (R\$)	To	otal (R\$)
5.2	Bloco de concreto 14 x 19 x 39 cm	455	un	R\$	3,50	R\$	1.592,50
5.3	Aditivo Plastificante 18 L	0,5	un	R\$	70,00	R\$	35,00
5.4	Impermeabilizante Tecplus 1 – 18 L	0,5	un	R\$	100,00	R\$	50,00
5.5	Argamassa Cimento, areia, plastificante, impermeabilizante 1:4	1	m <sup>3</sup>	R\$	420,00	R\$	420,00
6	Impermeabilização						
6.1	Impermeabilização com manta asfáltica	43	m <sup>2</sup>	R\$	75,00	R\$	3.225,00
6.2	Emulsão Asfáltica 18 L	43	m <sup>2</sup>	R\$	20,00	R\$	860,00
7	Laje						
7.1	Mão de obra	10,5	vb	R\$	85,00	R\$	892,50
7.2	Escora de Eucalipto h= 3 m	10	un	R\$	15,00	R\$	150,00
7.3	Concreto Usinado Fck 25 MPa	0,84	m³	R\$	520,00	R\$	436,80
7.4	Aço CA-50	15	kg	R\$	8,50	R\$	127,50
7.5	Aço CA-60	10	kg	R\$	8,50	R\$	85,00
7.6	Arame recozido nº 12	2	kg	R\$	18,00	R\$	36,00
7.7	Arame recozido nº 18	2	kg	R\$	18,00	R\$	36,00
7.8	Tabua Pinus 2 x 30 cm - 3 m	5	un	R\$	38,00	R\$	190,00
7.9	Malha 4,2 mm 15 x 15	10,5	m <sup>2</sup>	R\$	13,15	R\$	138,08
8	Instalações Elétricas						
8.1	Mão de obra	1	vb	R\$	600,00	R\$	600,00
8.2	Materiais de instalações elétricas	1	vb	R\$	750,00	R\$	750,00
8.3	Quadro de Comando	1	vb	R\$	250,00	R\$	250,00
9	Instalações Hidráulicas				,		,
9.1	Mão de obra	1	vb	R\$	1.200,00	R\$	1.200,00
9.2	Tubos- Linha Soldável	1	vb	R\$	280,00	R\$	280,00
9.3	Tubos- Linha Série Normal	1	vb	R\$	1.200,00	R\$	1.200,00
9.4	Conexões	1	vb	R\$	550,00	R\$	550,00

**Tabela 12.** Orçamento do sistema de reaproveitamento de água pluvial.

(conclusão)

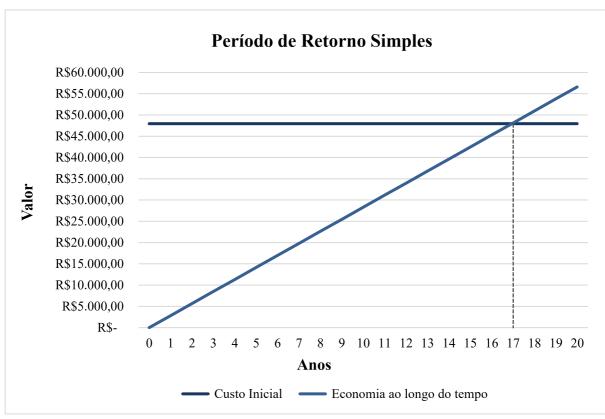
Índice	Item	Qtd.	Unid.	Unitário (R\$)		To	otal (R\$)
9.5	Válvulas	1	vb	R\$	400,00	R\$	400,00
9.6	Registros	1	vb	R\$	120,00	R\$	120,00
9.7	Clorador	1	vb	R\$	320,00	R\$	320,00
9.8	Filtro	3	vb	R\$	1.500,00	R\$	4.500,00
9.9	Motobomba	1	vb	R\$	1.200,00	R\$	1.200,00
9.10	Caixa de Inspeção	2	vb	R\$	250,00	R\$	500,00
9.11	Tampa Caixa de Inspeção	3	vb	R\$	250,00	R\$	750,00
9.12	Caixa d'água 500 L	1	vb	R\$	380,00	R\$	380,00
10	Serviços Complementares						
10.1	Execução Guarda Corpo Metálico	1	vb	R\$	600,00	R\$	600,00
10.2	Base Caixa d'água Superior	1	vb	R\$	850,00	R\$	850,00
	Total					R\$	38.364,03

Fonte: Autor (2022).

Adotou-se um BDI de 25% aplicado sobre o custo de mão de obra e materiais, com isso, o orçamento final para implantação desse projeto foi de R\$ 47.955,04.

O estudo de viabilidade econômica da instalação do sistema de reaproveitamento pluvial teve como referência a economia de água potável que o sistema proporcionaria no valor da tarifa cobrada pela companhia pública (Saneago). O empreendimento foi caracterizado para o cálculo da tarifa de água como comercial I, em que tem o valor de 11,79 (R\$/m³) para o consumo de água e o valor de 11,79 (R\$/m³) para coleta, afastamento e tratamento de esgoto.

Considerando o consumo diário exposto anteriormente para o empreendimento, o projeto em capacidade de economia de aproximadamente 10 m³/mês na fatura. No ano representa uma economia aproximada de R\$ 2829,60. Em termos financeiros simplificado, com essa economia anual, precisa-se de aproximadamente 17 anos para o retorno do investimento inicial, conforme mostra na Figura 14. Trabalho desenvolvido por BARROS e MESSANY (2014) encontraram um período de retorno ainda maior, aproximadamente de 37 anos.



**Figura 14.** Tempo de retorno simples do investimento. **Fonte:** Autor (2022).

A análise econômica do projeto não considerou gastos com operação e manutenção do sistema, assim como taxa de juro e risco do empreendimento. Também deve-se ressaltar que o estudo econômico não considera a correção do valor da fatura por m³ ao longo do tempo em análise.

Fez-se também um comparativo considerando o reservatório inferior sendo de polietileno em vez de concreto armado, conforme apresentado na Tabela 10. A estimativa de custo desse reservatório foi de R\$ 15.000,00, considerando material e transporte. Para o cálculo do orçamento com reservatório de plástico foi retirado os itens 4, 5, 6, 7 da Tabela 10, porém foi adicionado o valor do reservatório em substituição a esses itens. Assim, com o mesmo BDI,

de 25%, a implantação do projeto considerando o reservatório de polietileno ficou com o valor de R\$ 46820,00. Não houve uma economia significativa em relação aos sistemas construtivos analisados, porém, o reservatório de polietileno mostra-se uma tecnologia menos sujeita a patologia e manutenções futuras, como por exemplo impermeabilização.

#### 7 CONCLUSÕES

A pesquisa conclui seu objetivo com êxito, buscou dimensionamento e elaboração de projeto para um sistema de reaproveitamento de água pluvial para um empreendimento de lazer situado em Rio Verde-GO. Portanto, fez o dimensionamento dos principais dispositivos que constitui um sistema de reaproveitamento de água pluvial, posteriormente elaboração plantas e vistas isométricas de projeto. A reutilização dessa água foi considerada uso não potáveis, para utilização em bacias sanitárias e limpeza de área externas.

Adotou-se o método de Rippl como referência para o cálculo do volume do reservatório. De acordo com a área de coleta, demanda e pluviosidade local, foi necessário um reservatório com capacidade de 21 m³. Todas as partes do sistema de aproveitamento foi dimensionada com intuito de parametrizar a elaboração de projeto e orçamento do sistema para a análise econômica de implantação.

Por fim, verificou-se que esse sistema de aproveitamento de água pluvial geraria economia de 10 m³/mês de economia de água potável. Apesar da economia, o período de retorno do investimento satisfatório, de aproximadamente 17 anos. Concomitantemente, há um impacto sustentável significativo pela não degradação dos recursos hídricos naturais e contribuição no saneamento ambiental local.

Fez também um comparativo de orçamento para implantação do reservatório inferior ser de concreto armado ou polietileno. Conclui-se que não houve uma diferença de custo significativa entre os dois sistemas construtivos.

Como sugestão para pesquisas futuras, sugere-se o estudo de viabilidade econômica precisa fazer um estudo mais aprofundado das variáveis de custo de operação e manutenção do sistema, assim como análise financeira considerando juros e inflação sobre o capital investido.

#### 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Janeiro, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO- ANA. (2020). **Conservação e reuso da água em edificações.** Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <a href="https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?cd=161985">https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?cd=161985</a>>. Acesso em: 08 de set. de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO- ANA. (2022). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Disponível em: <a href="https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf-c295c3a15204/attachments/ODS6\_Brasil\_ANA\_2ed\_digital\_simples.pdf">https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf-c295c3a15204/attachments/ODS6\_Brasil\_ANA\_2ed\_digital\_simples.pdf</a> . Acesso em: 08 de set. de 2022.

ANDERY, P. R. P.; VIEIRA, M. P. C. (2012). **Dificuldades e estratégias para sustentação dos Programas de Garantia da Qualidade na Construção Civil Brasileira**. In: Simpoisio IberoAmericano sobre Calidad y Competitividad en las Construcciones.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5626: Instalação

predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.	().		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	. NBR	10844:	Instalações
prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1995.			,
	. NBR 1	3531: El	aboração de
projetos de edificações – atividades técnicas. Rio de Jan			3
	. NBR 1	<b>5527</b> : Ági	ua da chuva-
Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para			

BARROS, J. B. P; MESSANY, R. Viabilidade de reuso de águas residuárias em uma residência unifamiliar no município de Curitiba — Paraná. 2014. 122f. Monografia Trabalho de Conclusão de Graduação em Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC (2019). Guia orientativo das normas de conservação de água, fontes alternativas não potáveis e aproveitamento de água de chuva em edificações. Brasília, DF, Brasil.

CARNEIRO, C. S. F. **O** ciclo urbano da água: uma abordagem pedagógica. 2007. 165f. Dissertação (Mestrado em Física e Química para o Ensino) - Universidade de Trás dos Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 2007.

CARVALHO JÚNIOR, S. B. (2009). Engenharia colaborativa: uma visão para a engenharia simultânea e o uso de ambientes colaborativos para arquitetura e engenharia civil. In: Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação. São Paulo.

- COHIN, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. (2014). Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: Simpósio De Recursos Hídricos do Nordeste, 9. Salvador. Anais. Salvador, Bahia.
- DORNELLES, F. Aproveitamento e água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial. 2012. 234f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2012.
- LOPES SOBRINHO, O. P. et al. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de Rio Verde, Goiás. V. 27. Dourados-MS: Revista Brasileira de Climatologia, 2020.
- MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 423-443, jan./mar. 2018.
- PIEREZAN, M. Estudo sobre o aproveitamento de águas pluviais em residências unifamiliares. Dissertação (Especialização em Tecnologia Ambiental) Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2005.
- PIZZANO, C. X.; GONÇALVES, L. **Sistema de aproveitamento de água em casas populares**. 2011. 86f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Graduação em Engenharia de Produção Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- PMI. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK<sup>®</sup>. 5. ed. EUA: Project Management Institute, 2013. 569 p.
- ROGGIA, M. N. Estruturação de uma metodologia para projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações. 2007. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2007.
- TOMAZ, P. **Água Pague menos**. 2010. Disponível em: <a href="http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/">http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/</a>. Acesso em: 10 set. 2022.
- TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005. 180 p.
- VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas: o estudo de caso da cidade do Samba**. 2008. 398f. Dissertação (Mestrado em Engenharia em Ciências em Planejamento Energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

