

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –  
CÂMPUS GOIÂNIA  
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS III  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DANIELLE RODRIGUES MELO**

**Estudo de Caso: Análise de viabilidade econômica / ambiental para  
implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um  
projeto de casa de padrão popular em Goiânia-GO**

Goiânia/GO

2022

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO  
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), 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 IFG.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |                                                                      |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese                                        | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |                                                         |

Nome Completo do Autor:

Matrícula: 20181011030403

Título do Trabalho: Estudo de caso: análise de viabilidade econômica/ambiental para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um projeto de

**Autorização - Marque uma das opções caso de pesquisa popular em Goiânia - GO.**

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.  
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.  
☐ Outra justificativa: \_\_\_\_\_

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

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

- 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 de Goiás 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;
- 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 de Goiás.

Goiânia, 19/12/22  
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

DANIELLE RODRIGUES MELO

**Estudo de Caso: Análise de viabilidade econômica / ambiental para  
implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um  
projeto de casa de padrão popular em Goiânia-GO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Áreas Acadêmicas III do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Civil

Orientador: Prof. Dr. Antônio Henrique Capuzzo  
Martins - IFG

Coorientadora: Prof. Me. Marcela Leão Domiciano -  
IFG

Goiânia/GO

2022

M528e Melo, Danielle Rodrigues.

Estudo de caso: análise de viabilidade econômica para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um projeto de casa de padrão popular em Goiânia-GO / Danielle Rodrigues Melo. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2022.  
53f.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Henrique Capuzzo Martins.

Coorientação: Prof. Me. Marcela Leão Domiciano.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Inclui anexos.

1. Aproveitamento de água. 2. Água pluvial. I. Martins, Antônio Henrique Capuzzo (orientação). II. Domiciano, Marcela Leão (coorientação). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título.

CDD 628.21

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Lana Cristina Dias Oliveira CRB1/ 2.631  
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

Danielle Rodrigues Melo

**Estudo de Caso: Análise de viabilidade econômica / ambiental para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um projeto de casa de padrão popular em Goiânia-GO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Dr. Antônio Henrique Capuzzo Martins (orientador), Marcela Leão Domiciano (co-orientadora), Dr. João Dib Filho, Me. Ayramana Carlos Souza da Silva.

Aprovado em 7 de Dezembro de 2022.

Documento assinado eletronicamente por:

- Marcela Leao Domiciano, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 15/12/2022 20:08:38.
- Joao Dib Filho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/12/2022 13:40:36.
- Antonio Henrique Capuzzo Martins, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/12/2022 12:04:35.
- Ayramanna Carlos Souza da Silva, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 07/12/2022 14:49:45.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC, em 07/12/2022 14:48:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 353736  
Código de Autenticação: 7526a59cf8



## RESUMO

MELO, Danielle Rodrigues. **Estudo de Caso: Análise de viabilidade econômica / ambiental para implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um projeto de casa de padrão popular em Goiânia-GO.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2022.

Segundo Máximo e Darli (2017), a indústria da construção civil, apesar de ser um importante setor para a economia brasileira, pode ser considerada uma das áreas que provocam sérios impactos ao meio ambiente, já que ela possibilita a geração de muitos resíduos e o grande uso dos recursos naturais, incluindo a água que é indispensável para a vida. Para reduzir os efeitos negativos da construção civil no meio ambiente e podendo ter a possibilidade de gerar menos custos para moradores de residências populares, sendo estes afetados pela desigualdade social do país, o aproveitamento de água pluvial pode ser uma boa opção. Segundo Mierzwa *et al.* (2007), o reuso e aproveitamento de águas se apresentam como uma atrativa opção para a minimização dos efeitos da escassez de água e custos, ao passo que, parte do consumo de água será a partir de fontes renováveis que, por vez, podem incidir consideravelmente sobre o preço final dos serviços de abastecimento e, conseqüente, mitigação da exploração deste indispensável recurso natural. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a análise do projeto de uma residência popular que será construída em Goiânia-GO, bem como a realização dos cálculos, visando a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP), em sintonia com a viabilidade ambiental e econômica. Como resultado final, constatou-se uma compensação econômica e ambiental do projeto modificado da residência de baixa renda em virtude do reuso e aproveitamento de água pluvial.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial, viabilidade ambiental, viabilidade econômica.

## ABSTRACT

MELO, Danielle Rodrigues. **Case Study: Economic / environmental feasibility analysis for the implementation of a rainwater reuse system in a project of a popular house in Goiânia-GO.** 2022. Course Completion Paper – Bachelor's Degree in Civil Engineering – Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás, Goiânia, 2022.

According to Máximo and Darli (2017), the construction industry, despite being an important sector for the Brazilian economy, can be considered one of the areas that cause serious impacts to the environment, since it allows the generation of a lot of waste and the great use of natural resources, including water that is indispensable for life. To reduce the negative effects of civil construction on the environment and may have the possibility of generating less costs for residents of affordable housing, who are affected by the country's social inequality, the use of rainwater can be a good option. According to Mierzwa *et al.* (2007), the reuse and use of water presents itself as an attractive option for minimizing the effects of water scarcity and costs, while part of the water consumption will be from renewable sources that, in turn, can affect considerably on the final price of sanitation services and, consequently, mitigation of the exploitation of this indispensable natural resource. Therefore, the objective of this work is to carry out an analysis of a project of a popular residence in Goiânia-GO, as well as the calculations, aiming at a proposal of a new system, considering the implementation of a System of Utilization of Rainwater, in line with environmental and economic viability. As a final result, there was an economic and environmental compensation for the modified project of the low-income residence due to the reuse and use of rainwater.

Keywords: Reuse and use of water, environmental viability, economy viability.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Lana Luciene Rodrigues Melo e Altair José de Melo, além de todos os amigos, familiares e docentes que, de alguma forma, contribuíram para minha formação acadêmica e profissional até agora.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Usos finais da água proveniente do SAAP .....                | 18 |
| Figura 2 - Superfície de captação, telhado .....                        | 19 |
| Figura 3 - Malha instalada sobre caleira.....                           | 20 |
| Figura 4 - Dispositivo usado na primeira lavagem.....                   | 20 |
| Figura 5 - Reservatório superficial .....                               | 21 |
| Figura 6 - Reservatório enterrado .....                                 | 22 |
| Figura 7 - Reservatório elevado .....                                   | 22 |
| Figura 8 - Esquema de um sistema de aproveitamento de água pluvial..... | 23 |
| Figura 9 - Pluviosidade média histórica de Goiânia-GO em 2021 .....     | 25 |
| Figura 10 - Relação entre os pontos influenciadores do SAAP .....       | 26 |
| Figura 11 - Sequência de estudo.....                                    | 28 |
| Figura 12 - Área do telhado.....                                        | 31 |
| Figura 13 - Filtro vertical de baixo custo .....                        | 32 |
| Figura 14 - Corte viável tubulação vertical e caixas .....              | 32 |
| Figura 15 - Planta caixa de passagem.....                               | 33 |
| Figura 16 - Planta desvio e poço de infiltração .....                   | 34 |
| Figura 17 - Válvula Solenoide.....                                      | 35 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Precipitações média das regiões hidrográficas entre 2009 e 2012..... | 24 |
| Tabela 2 - Valor Presente Líquido.....                                          | 37 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|        |                                                                      |
|--------|----------------------------------------------------------------------|
| ANA    | Agência Nacional de Águas                                            |
| BDI    | Bonificação de Despesas Indiretas                                    |
| IFG    | Instituto Federal de Goiás                                           |
| NBR    | Normas Técnicas Brasileiras                                          |
| ONU    | Organização das Nações Unidas                                        |
| SAAP   | Sistema de aproveitamento de água pluvial                            |
| SINAPI | Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil |
| VPL    | Valor Presente Líquido                                               |
| TIR    | Taxa Interna de Retorno                                              |

## SUMÁRIO

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                  | <b>14</b> |
| <b>1.1 Contextualização.....</b>                                                           | <b>14</b> |
| <b>1.2 Objetivo Geral.....</b>                                                             | <b>15</b> |
| <b>1.3 Objetivos Específicos .....</b>                                                     | <b>15</b> |
| <b>1.4 Escopo do Trabalho .....</b>                                                        | <b>15</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                         | <b>16</b> |
| <b>2.1 Consumo de água .....</b>                                                           | <b>16</b> |
| <b>2.2 Moradia e desigualdade social .....</b>                                             | <b>16</b> |
| <b>2.3 Finalidades e requisitos do sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP) ..</b> | <b>16</b> |
| <b>2.4 Componentes SAAP.....</b>                                                           | <b>18</b> |
| <b>2.5 Pontos influenciadores do SAAP.....</b>                                             | <b>24</b> |
| <b>2.6 Retorno econômico do SAAP.....</b>                                                  | <b>27</b> |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                                                                  | <b>28</b> |
| <b>3.1 Escolha da casa e definição das configurações do sistema .....</b>                  | <b>28</b> |
| <b>3.2 Parâmetros e dimensionamentos do projeto .....</b>                                  | <b>28</b> |
| <b>3.3 Avaliação econômica, ambiental e análise de resultados .....</b>                    | <b>29</b> |
| <b>4 RESULTADOS .....</b>                                                                  | <b>30</b> |
| <b>4.1 Escolha da casa e definições das configurações do sistema.....</b>                  | <b>30</b> |
| <b>4.2 Parâmetros e dimensionamentos de projeto .....</b>                                  | <b>30</b> |
| 4.2.1 Captação, Transporte Vertical e Filtração .....                                      | 30        |
| 4.2.2 Transporte Horizontal e Primeira Lavagem .....                                       | 33        |
| 4.2.3 Armazenamento e Distribuição .....                                                   | 35        |
| <b>4.3 Avaliação econômica, ambiental e análise dos resultados.....</b>                    | <b>36</b> |
| 4.3.1 Planilha de custos, despesas .....                                                   | 36        |
| 4.3.2 Planilha de receitas .....                                                           | 36        |
| 4.3.3 Taxa de desconto .....                                                               | 37        |
| 4.3.4 Valor presente líquido e análise econômica .....                                     | 37        |
| 4.3.5 Análise ambiental .....                                                              | 37        |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>                                                                   | <b>39</b> |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>      | <b>41</b> |
| <b>ANEXO I – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA .....</b> | <b>45</b> |
| <b>ANEXO II – BDI .....</b>                  | <b>49</b> |
| <b>ANEXO III – PROJETO SAAP.....</b>         | <b>51</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Segundo Máximo e Darli (2017), a construção civil afeta negativamente o meio ambiente pela geração de resíduos e grande uso de recursos naturais como a água. Neste contexto, visando a redução de problemas ambientais, da escassez de água, e podendo ter a possibilidade de gerar menos custos em residências populares, que sofrem com a desigualdade social do país, o reuso de água pluvial pode ser considerado um caminho promissor.

De acordo com Detoni e Dondoni (2008) é notável que os recursos hídricos do planeta estão se esgotando de maneira gradual e são limitados, ideia reiterada por ANA (2021), sendo que o consumo desenfreado de água em conjunto com a poluição dos mananciais são os fatores relevantes para tal.

A água é indispensável para a vida de qualquer ser vivo. Por ser um recurso não renovável quando se refere à sua potabilidade, faz-se necessária a atividade de captação, tratamento, armazenamento e distribuição. Devido a sua grande procura, torna-se necessário buscar alternativas e meios de uso racional de água.

De acordo com Pereira *et al.* (2008) ao se liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e usos prioritários, o reuso de água pluvial acaba contribuindo para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos. Além disso, o reuso e aproveitamento da água reduz a demanda sobre os mananciais devido à substituição da água potável por água de qualidade inferior em determinadas atividades fins.

Dessa forma, este trabalho se propôs a analisar a viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência de baixa renda, visando o uso racional de água que consequentemente causa menores gastos para o morador possuidor de menor capital disponível, devido a desigualdade social. May (2004) e Maldonato (2016) informam que o aproveitamento de água da chuva é um dos meios mais simples e eficazes para atenuar a crescente escassez de água para consumo.

## **1.2 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a viabilidade ambiental e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água em uma casa popular para pessoas de baixa renda em Goiânia-GO.

## **1.3 Objetivos Específicos**

Em relação aos objetivos específicos, destacam-se os seguintes:

- Avaliar o projeto arquitetônico original de uma casa popular;
- Dimensionar a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Elaborar o projeto e orçamento do SAAP da casa popular utilizando software de desenho e Excel;
- Analisar a compensação econômica e análise ambiental do sistema em questão.

## **1.4 Escopo do Trabalho**

No capítulo 01 – Introdução, aborda a contextualização que origina e delimita o tema deste trabalho. Além dos objetivos gerais e específicos, a estrutura do trabalho e seu escopo.

No capítulo 02 – Referencial Teórico, são abordados diversos tópicos essenciais para a devida compreensão do tema como os elementos do sistema de aproveitamento de água pluvial, os parâmetros influenciadores e o retorno econômico.

No capítulo 03 – Metodologia, são apresentados os materiais e métodos a serem utilizados para a realização do trabalho, desde o projeto original até os estudos e análises que devem ser feitos.

No capítulo 04 – Resultados, é o desenvolvimento do trabalho, os cálculos e desenhos e análises.

No capítulo 05 – Conclusões, é a união de todas as análises resultando em uma conclusão final.

Nas referências bibliográficas, apresenta as referências utilizadas para este trabalho.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Consumo de água**

De acordo com May (2004), a água é essencial para o desenvolvimento de diversas atividades humanas, sejam comerciais, industriais, agrícolas ou culturais, além do desenvolvimento da própria vida de todos os seres. Porém, devido ao excesso de uso tem-se gerado uma crise de abastecimento. A ANA (2021) afirma que a água é um recurso natural limitado, sendo este dotado de valor econômico além de essencial para a vida de todos os seres vivos. Além disso, no Brasil, estima-se um aumento de 42% das retiradas de água até 2040, resumindo num incremento de 26 trilhões de litros ao ano extraídos de mananciais. Dessa forma, é reforçada a necessidade de ações de planejamento para que o uso da água seja múltiplo, evitando crises hídricas.

Segundo a ANA (2005), os métodos alternativos, como aproveitamento da água e redução das perdas são necessários para voltar a ter um equilíbrio entre oferta e demanda de água, além de garantir um desenvolvimento social e econômico sustentável.

### **2.2 Moradia e desigualdade social**

Gervasoni e Souza (2020) defendem que as cidades sendo espaços artificiais e socialmente construídos, produzem as desigualdades que permeiam as relações humanas, estabelecendo as diferenças entre ricos e pobres. Nas cidades é estabelecido um ritmo de acumulação que deduz a privação de alguns, sendo isso presente no Brasil desde a sua colonização.

Balbin e Krause (2014) afirmam haver desafios colocados à sociedade para o cumprimento do direito básico da moradia digna que está nos anseios dos movimentos sociais. A produção social e de mercado não são similares, além disso a população de baixa renda não tem grande poder de compra. Nesse contexto, toda a economia em qualquer parte do cotidiano para essa população é bem-vinda. Com o sistema de aproveitamento de água pluvial, a economia se daria na conta de água.

### **2.3 Finalidades e requisitos do sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP)**

Carvalho (2018) informa que o aproveitamento da água de chuva com finalidade para uso doméstico, agrícola e industrial ganha cada vez mais ênfase, já que se mostra como um meio simples de solucionar o problema de escassez da água, a qual pode ser reutilizada de diversas formas. Por isso, para uma sociedade contemporânea que se atenta para questões não



só econômicas, mas também sustentáveis, o SAAP é um atrativo na atualidade, tendo ambas as finalidades (econômicas e sustentáveis).

De acordo com Maldonato (2016), o reuso de águas pluviais:

- i) minimiza o consumo de água da rede pública;
- ii) reduz o uso de água potável onde não é indispensável, como bacias sanitárias;
- iii) apresenta-se como investimento rápido e de baixo custo;
- iv) proporciona retorno de investimento a partir de dois anos e meio;
- v) previne enchentes;
- vi) encoraja a conservação de água.

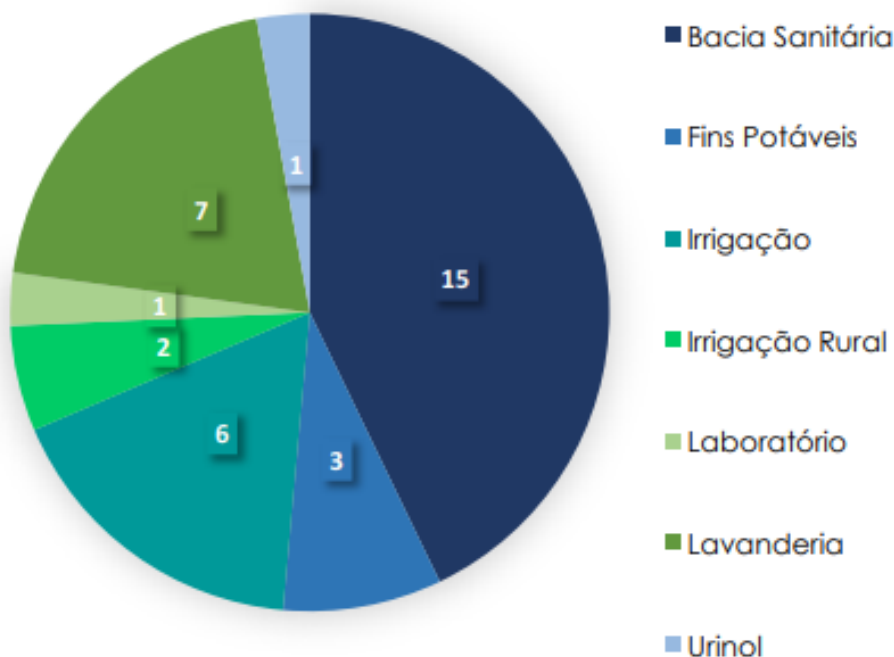
Reis (2016) menciona a importância do seguimento das Normas Regulamentadoras Brasileiras (NBR) para serem atingidos os requisitos de elaboração adequada do projeto. Em se tratando do aproveitamento de águas, o projeto deve seguir a NBR 15527 (ABNT, 2019) que trata de aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis. Já em relação à concepção, tem-se a NBR 5626 (ABNT, 2020) para instalações de água fria e a NBR 10844 (ABNT, 1989) para águas pluviais.

Sacadura (2011) define o SAAP como um sistema que capta a água da chuva que cai sobre a superfície do terreno, a qual após direcionada é armazenada para utilização.

Em um estudo realizado por Brandão (2017) analisou-se que a água pluvial costuma ter diversas destinações quando o sistema é implementado em habitações domésticas, destacando-se o uso para bacias sanitárias, conforme Figura 1.

Segundo Maldonato (2016), mesmo quando a água pluvial se destina para usos menos nobres, como a irrigação urbana ou para a descarga de vasos sanitários, esta deve ser clara, sem cor e sem odor. Já o reuso para fins potáveis Maldonato (2016) destaca que a Organização Mundial da Saúde define os critérios de saúde para o reuso potável como o fato de que não deve existir nenhum coliforme fecal em 100 ml, nenhuma partícula virótica em 1000 ml ou nenhum efeito tóxico para seres humanos, entre outros. A água de reuso pluvial que se destina a lavagem de pisos, lavagem de carros e uso em descargas de vasos sanitários, ou seja, em todos os processos em que o reuso tenha contato humano, recomenda-se ser clorada, pois pode conter agentes infecciosos.

Figura 1 - Usos finais da água proveniente do SAAP



Fonte: Brandão (2017)

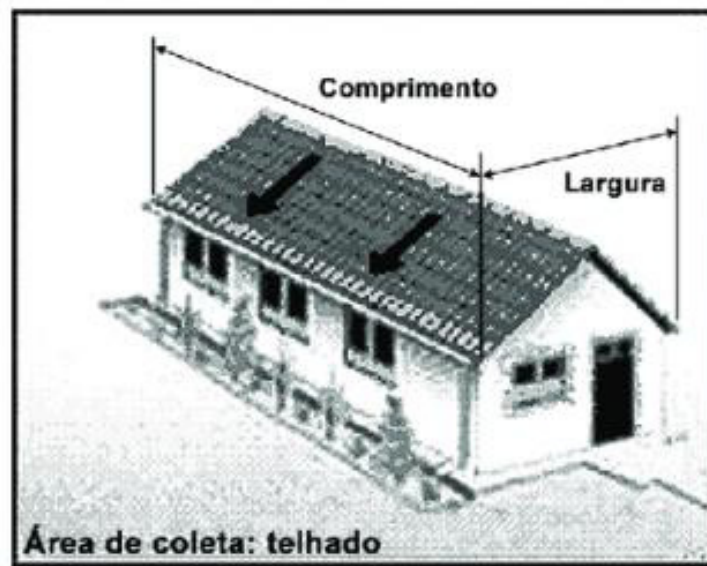
Maldonado (2016) salienta que quanto mais contato com o ser humano esta água de reuso tem ao ser reusada, maior deverá ser o grau de potabilidade, consequentemente, maior o custo envolvido no tratamento desta água. A água deve ser tratada até que ela tenha condições de potabilidade compatíveis para a aplicação escolhida. O custo envolvido neste tipo de tratamento, exceto se for para fim potável, é bastante viável e simples na maioria dos casos.

## 2.4 Componentes SAAP

Para Sacadura (2011), o SAAP é constituído por alguns componentes, como, por exemplo:

- Superfície de captação: costuma ser o telhado da habitação, Figura 2, mas podem ser usados pavimentos que não acumulam poluentes, onde a chuva incide. Os telhados devem ser devidamente limpos e lavados, já que há coeficiente de escoamento para os diferentes tipos de superfície. O volume possível de captação de acordo com a NBR 15527 (ABTN, 2019), pode ser obtido pela Equação 1.

Figura 2 - Superfície de captação, telhado



Fonte: Gonçalves (2006)

$$V = P * A * C * \eta \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

V = volume em litros (anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável);

P = precipitação média em milímetros (anual, mensal ou diária);

A = área de coleta, em metros quadrados;

C = coeficiente de runoff;

$\eta$  fator de captação = eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte do first flush (descarte de filtro).

Maldonato (2016), menciona o fato de que as calhas pluviais devem ser limpas constantemente para impedir a contaminação através de fezes de animais, ou até animais mortos. A manutenção deve ser regular para que se tenha um bom funcionamento do sistema.

- Sistema de transporte: são os algerozes, caleiras e tubos de queda que direcionam a água captada para o reservatório. As caleiras podem ser protegidas por malha em toda a sua extensão podendo ser o material de plástico ou metal, conforme Figura 3.

- Dispositivo primeira lavagem: para eliminar elementos que venham a contaminar a água, a primeira da chuva que entra em contato com o telhado deve ser desviada. O volume de água a desviar pode ser dado pela Equação 2.

$$Vd = P * A$$

(Equação 2)

Onde:

Vd = volume a desviar do sistema (litros);

P = altura de precipitação (mm) admitida para o first flush (em geral 2 mm, NBR 15527);

A = área de captação (m²).

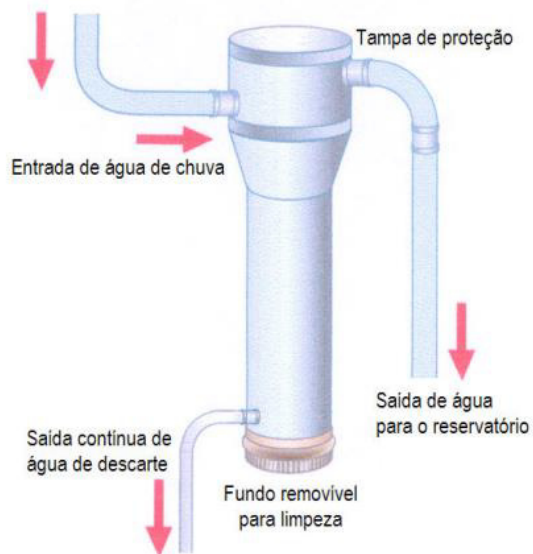
Figura 3 - Malha instalada sobre caleira



Fonte: Berloto (2006)

Na Figura 4 é apresentado o dispositivo comumente usado para primeira lavagem, que mesmo não sendo essencial para o funcionamento mecânico, colabora para a qualidade da água.

Figura 4 - Dispositivo usado na primeira lavagem



Fonte: May (2004)

- Dispositivos de filtração: o objetivo dos dispositivos de filtração é garantir a remoção de poeira e detritos da água antes de chegar ao tanque.

- Dispositivos de armazenamento: refere-se aos tanques de armazenamento da água que podem ser de vários tipos a depender das condições do terreno ou edificação. De acordo com Reis (2016), os tanques costumam custar 50% ou mais do custo do projeto e podem ser classificados em:

- a) Domésticos superficiais: o local deve ter área livre e para lavagem de área seca e rega de jardins não precisa de bombeamento, Figura 5;

Figura 5 - Reservatório superficial



Fonte: Nakamura (2022)

- b) Domésticos enterrados: é o mais comumente utilizado domesticamente, demonstrado na Figura 6, pode ter um sistema controlador que quando a água acaba transfere automaticamente para o consumo potável;
- c) Doméstico elevado: mais recomendado para edifícios multifamiliares, terá mais área disponível para este fim e o uso de bombeamento será menor se colocado na parte superior. Na Figura 7 temos a exemplificação de um reservatório elevado.

Vale ressaltar que, de acordo com Sacadura (2011), quanto ao material, os reservatórios de polietileno ganharam popularidade devido ao seu baixo custo e à sua durabilidade. Quando utilizados no exterior, devem ter inibidores de radiação UV com objetivo de maior durabilidade.

Esses reservatórios, apesar de apresentarem melhor resistência às radiações, com a durabilidade média de 35 anos, também absorvem calor, o que pode vir a prejudicar a qualidade da água.

Figura 6 - Reservatório enterrado



Fonte: Archiexpo (2022)

Figura 7 - Reservatório elevado



Fonte: Casa Mimosa (2019)

Um dos métodos de cálculo do volume do reservatório é o método Inglês, que segundo Sacadura (2011) é um método que conduz a viabilidade econômica, conforme Equação 3.

$$Vd = 0,05 * P * A \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

V = Volume de água do reservatório (L);



$P$  = Precipitação média anual (mm);

$A$  = Área de captação em Projeção ( $m^2$ ).

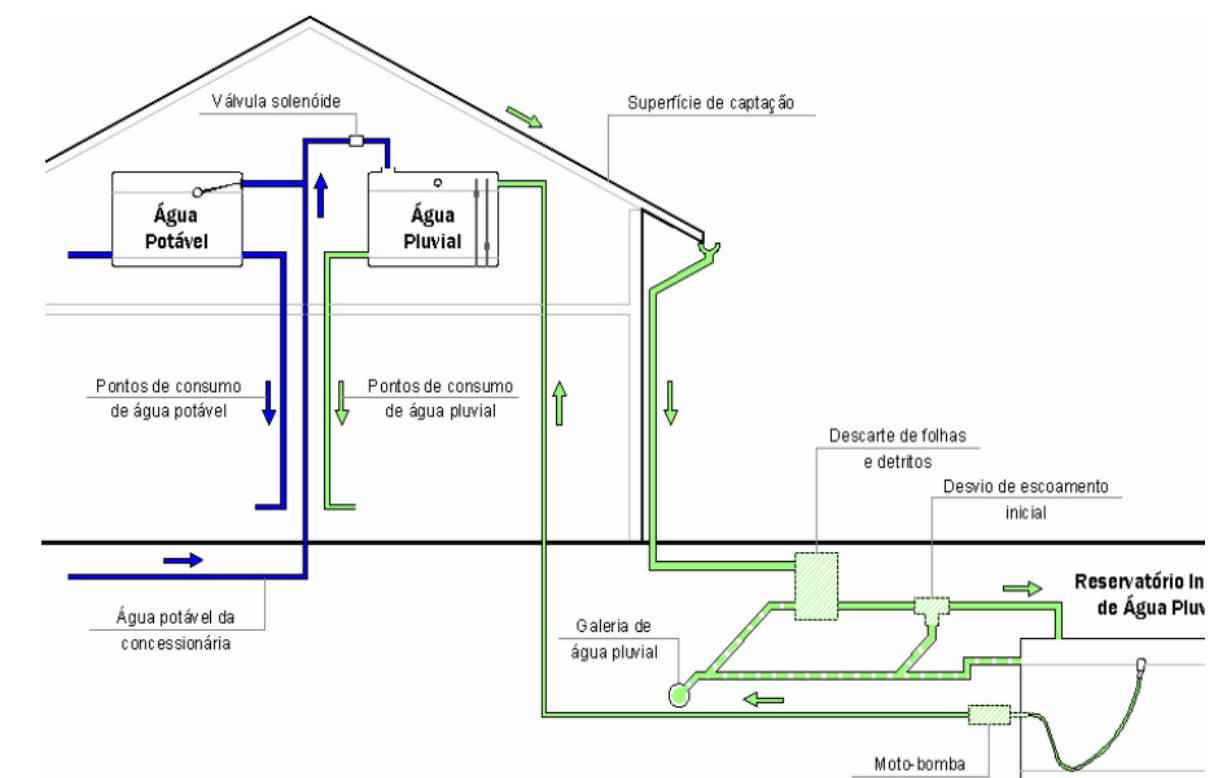
- Rede de distribuição: pode ser feita pela gravidade ou com uso de bombas. Trata-se do sistema de transporte da água da chuva para o destino final, ou seja, para o uso.

- Tratamento: por ser uso não potável, costuma incluir apenas a remoção de partículas.

Reis (2016) ainda cita a importância da existência do realimentador para garantir a alimentação do sistema sem interrupção. O sistema funciona por sensor de nível que libera o abastecimento de água potável no reservatório em períodos de estiagem.

Rocha (2009) demonstra uma alternativa para o sistema de aproveitamento água pluvial com o realimentador e um reservatório inferior e superior, ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Esquema de um sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: Rocha (2009)

## 2.5 Pontos influenciadores do SAAP

Barros e Campos (2021) informam que há seis principais pontos influenciadores para o funcionamento dos SAAP, sendo eles:

1) Questões climáticas – É um ponto indispensável para reaproveitamento de água pluvial, afinal cada clima tem seus índices pluviométricos os quais são analisados em intervalos de períodos de anos que estima a quantidade precipitada e consequentemente a quantidade de água que provavelmente será coletada no período, ou seja, a oferta. O clima também influencia partículas de sujeira acumuladas, nos climas secos existe uma maior retenção, diminuindo a qualidade da água captada. A Tabela 1 apresenta as precipitações nas regiões do Brasil.

Tabela 1 - Precipitações média das regiões hidrográficas entre 2009 e 2012

| Região Hidrográfica          | Total anual precipitado (mm)                                                                    |                                                                                                 |                                                                                                 |                                                                                                   |                 |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|                              | 2009                                                                                            | 2010                                                                                            | 2011                                                                                            | 2012                                                                                              | Média histórica |
| Tocantins-Araguaia           |  1952        |  1549        |  1941        |  1530        | 1774            |
| Amazônica                    |  2329        |  2019        |  2330        |  2246        | 2205            |
| Paraguai                     |  1441        |  1369        |  1517        |  1412        | 1359            |
| Atlântico Nordeste Oriental  |  1390        |  771         |  1295        |  575         | 1052            |
| Atlântico Leste              |  1037        |  989         |  983         |  686         | 1018            |
| Paraná                       |  1786        |  1487        |  1632        |  1450        | 1543            |
| Parnaíba                     |  1356        |  901         |  1242        |  732         | 1064            |
| São Francisco                |  1109        |  888         |  1127        |  668         | 1003            |
| Atlântico Sul                |  1897        |  1719        |  1770        |  1454        | 1644            |
| Uruguai                      |  1798        |  1686        |  1822        |  1476        | 1623            |
| Atlântico Sudeste            |  1556        |  1401        |  1533        |  1265        | 1401            |
| Atlântico Nordeste Ocidental |  2284        |  1460        |  2004        |  1252        | 1700            |
| <b>BRASIL</b>                |  <b>1928</b> |  <b>1619</b> |  <b>1894</b> |  <b>1651</b> | <b>1761</b>     |

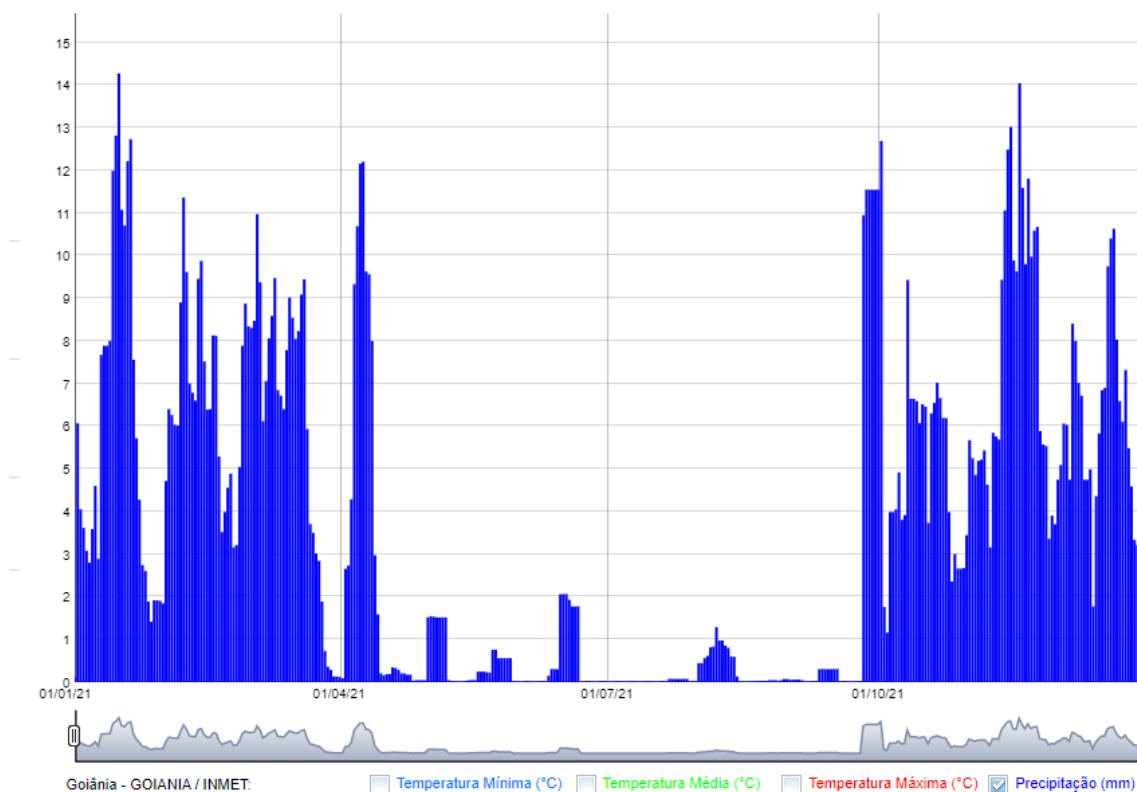
| Diferença percentual em relação à média histórica na RH                             |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| < - 15%                                                                             | - 15% a -10%                                                                        | - 10% a 10%                                                                         | 10% a 15%                                                                           | > 15%                                                                                 |
|  |  |  |  |  |

Fonte: ANA (2013)



Reis (2016) menciona como a questão climática influencia na viabilidade financeira e tempo de retorno do investimento. A Tabela 1 evidencia a grande variedade pluviométrica no país. Na região onde será o estudo deste trabalho, Goiânia-GO, fica evidente a precipitação mais acentuada entre janeiro e abril e entre outubro e dezembro, conforme Figura 9.

Figura 9 - Pluviosidade média histórica de Goiânia-GO em 2021



Fonte: Agritempo (2021)

Segundo Reis (2016), em Goiânia-GO, devido ao calor e umidade, as precipitações podem ocorrer final de tarde ou de noite. Outrossim, o inverno é seco e no verão ocorrem chuvas curtas e com maior intensidade, enquanto primavera e outono tem temperaturas mais amenas.

2) Demanda de água – A ONU sugere uma recomendação mínima dos padrões de uso de água. A demanda de água da residência leva em conta a quantidade estimada de pessoas e a renda dos moradores. No caso do aproveitamento pluvial, é levado em consideração também a destinação final.

3) Área de captação do telhado – Questão de grande importância e influencia diretamente na quantidade de água que será captada, muitas vezes sendo necessário a captação pela pavimentação bem como quando a área do telhado é pequena, não sendo suficiente quando considerada isoladamente.

4) O material utilizado no telhado – Influencia na qualidade da água captada, afinal alguns materiais retêm mais sujeira do que outros e podem até soltar algumas partículas, o que influencia no coeficiente de escoamento de cada material.

5) Formas dos edifícios – Diversas variantes influenciam no cálculo da real quantidade de água que conseguira ser capitada com inclinação e forma dos telhados, inclinação das fachadas. A inclinação da própria chuva é levada em conta.

6) Práticas comuns dos SAAP – Esse eixo é citado pelo autor como a da identificação dos padrões do SAAP, os materiais e os tipo de sistema mais utilizados. A Figura 10 ilustra a relação entre os pontos influenciadores do SAAP.

Figura 10 - Relação entre os pontos influenciadores do SAAP



## 2.6 Retorno econômico do SAAP

Para Reis (2016), um projeto deve ter sua viabilidade econômica. Dessa forma, algumas variáveis são extremamente importantes neste quesito, como por exemplo, o levantamento de preços e características específicas de cada região.

Num mundo capitalista em que é visado o lucro é sempre importante visualizar o lado econômico da ideia que se pretende aplicar, sendo assim tem-se o “payback”, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Segundo, Ferraz e Silva (2015), o payback, trata-se de um método econômico que analisa quanto tempo será preciso para se ter um retorno do investimento feito, não sendo considerados efeitos de composição de juros, baseando-se apenas nas receitas líquidas ao longo do tempo. Todavia, segundo Reis (2016) e diversos outros autores, como Campos (2012) esse método não é o mais adequado para o SAAP.

Campos (2012) indica o VPL, como a melhor ferramenta, a qual segundo Reis (2016), determina se o investimento é vantajoso ou não. Para aceitação do projeto, o respectivo VPL deve ser positivo, ou seja, o retorno maior que o investimento. O cálculo já leva em consideração a inflação ao longo do tempo.

O VPL é obtido conforme Equação 4.

$$VPL = -I + \sum \frac{FCt}{(1+i)^t} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

I = Valor do investimento inicial;

FCt = Fluxo de caixa esperado ao longo do tempo;

t = Período;

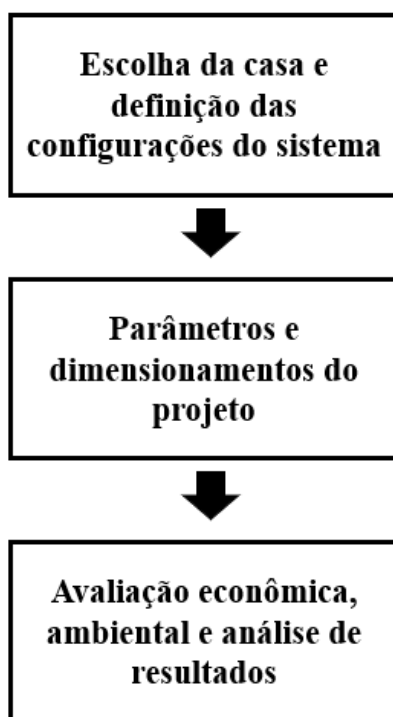
i = Taxa de desconto.

Quanto à TIR, de acordo com Reis *et al.* (2016) é a taxa de rendimento do período que pode ser obtida igualando o VPL a zero, dessa forma  $i = TIR$ . O valor obtido pode ser comparado com a taxa de juros do mercado para análise da viabilidade econômica.

### 3 METODOLOGIA

Para a determinação da sequência da metodologia foi tomada como base a sequência de estudo de Reis *et al.* (2016) para a produção da sequência de estudo deste trabalho em questão, Figura 11.

Figura 11 - Sequência de estudo



Fonte: A autora (2022)

#### 3.1 Escolha da casa e definição das configurações do sistema

A casa escolhida foi um projeto de uma casa de padrão de moradias de baixa renda, na região de Goiânia-GO, que ainda não foi construída. Sendo utilizado o AutoCad para a representação do SAAP.

Para o norteamento do projeto foram utilizadas as normas NBR 5626 (ABNT, 2020) e NBR 15527 (ABNT, 2019). De acordo com a área disponível da casa, foi definida a localização e quantidade dos elementos do SAAP, bem como os pontos de captações e a existência de reservatório superior e/ou inferior.

#### 3.2 Parâmetros e dimensionamentos do projeto

Para uma média mais precisa foram analisados os índices pluviométricos de um período de 25 anos da cidade de Goiânia-GO, sendo o reservatório de polietileno. Além disso, salienta-se que a água de aproveitamento será destinada exclusivamente para descargas de bacias

sanitárias, limpeza de pisos externos e de automóveis. Reitera-se que de acordo com Maldonato (2016), o reuso para fins de limpeza, quando se tem a água captada também da pavimentação ao redor da residência, como é o caso em questão, possibilita um melhor resultado, visto que essas áreas costumam ser lavadas com detergente, o que proporciona uma melhoria do resultado no reuso para lavagem.

Foi verificado por Sacadura (2011) que para zonas de menor pluviosidade, caso que se encaixa na cidade de Goiânia-GO, faz-se necessários reservatórios com dimensões superiores as calculadas, para compensar as épocas secas, armazenando mais água nas épocas chuvosas. Para determinar o volume ideal do reservatório de armazenamento de água pluvial foi utilizado o método inglês (já mencionado no referencial teórico) e feita a análise da possibilidade de se considerar um volume maior de reservação.

### **3.3 Avaliação econômica, ambiental e análise de resultados**

Utilizou-se a tabela SINAPI para o Estado de Goiás, onerada com a data de referência mais próxima do momento da elaboração do orçamento, para obter o preço dos serviços necessários para acrescentar o sistema pluvial na residência. Além disso, foi feita a montagem de cotações e elaborou-se um orçamento contendo todos os elementos do projeto, definindo a compensação econômica.

Quanto à viabilidade ambiental, de acordo com a quantidade estimada de água pluvial reservada, foi prevista a quantidade de água tratada da rede pública que não será mais utilizada, o que, consequentemente, possibilitará um menor consumo de água tratada, colaborando com o meio ambiente.

Tomando Sacadura (2011) como referência, sabe-se que a análise de viabilidade busca determinar as possibilidades de sucesso econômico do SAAP. Portanto, por meio deste estudo foram feitas previsões dos proveitos e dos custos gerados e assim calculados indicadores de viabilidade.

Para o cálculo de viabilidade utilizou-se o VPL que, como já mencionado anteriormente, mostra-se recomendado para tal situação. Após todos os cálculos e desenhos finalizados, os resultados encontrados foram devidamente analisados.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Escolha da casa e definições das configurações do sistema**

A casa escolhida trata-se de um projeto de casa padrão popular que será executada na cidade de Goiânia-GO num lote de 250 m<sup>2</sup> ao todo, sendo 60 m<sup>2</sup> construídos - dois quartos, um banheiro, uma sala, uma cozinha e lavanderia - 25 m<sup>2</sup> de área permeável e o restante área impermeável. Tendo posse do projeto arquitetônico da casa, foi possível fazer a análise da melhor configuração com posicionamento de todos os elementos do SAAP que abastecerá o vaso sanitário da residência e uma torneira na parte frontal da casa para lavagem de carro e do piso exterior.

Dentre os projetos arquitetônicos que foram disponibilizados para o estudo, optou-se pelo mencionado anteriormente devido ao estreitamento lateral da casa que dificulta a comunicação de muitas tubulações entre a parte inferior e frontal da casa, sendo assim um estudo mais condizente com a realidade empírica que se tem hoje em dia, haja vista que casas populares costumam ter o lote mais comprido e estreito.

Entretanto, o projeto é de autoria de pessoa externa a este trabalho, portanto não foi disponibilizado o projeto hidrossanitário da residência, apenas o posicionamento da caixa d'água de água tratada e da bacia sanitária. Dessa forma, caso o projeto seja executado, é preciso primeiramente fazer a compatibilização com os projetos complementares, especialmente o hidrossanitário, para evitar problemas de elementos se cruzarem de maneira indevida, sendo que neste caso seria necessária a alteração do desenho.

### **4.2 Parâmetros e dimensionamentos de projeto**

#### **4.2.1 Captação, Transporte Vertical e Filtração**

A área considerada para a captação, a qual segue as recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2019) e NBR 10844 (ABNT, 1989), é representada pelo telhado, pelo solo impermeabilizado e pelas paredes externas da casa, devido ao fato de a chuva poder ter algumas inclinações causadas pelo vento que devem ser consideradas no cálculo da área de captação. Sendo assim, para o estudo de caso, têm-se 60 m<sup>2</sup> para a captação apenas do telhado (conforme representado na Figura 12), cujo material é cerâmico, o qual influencia nas dimensões da calha e 250 m<sup>2</sup> ao todo ao se considerar as paredes e descartar a área permeável da residência.

Figura 12 - Área do telhado



Fonte: A autora (2022)

Quanto às calhas, foram dispostas uma em cada lateral da casa, sendo que se optou por uma tubulação vertical de condução em cada lado da edificação, que também seguiram os parâmetros das NBR 15527 (ABNT, 2019) e NBR 10844 (ABNT, 1989). Na tubulação vertical inseriu-se um filtro para folhas, com intuito de garantir uma água com bons parâmetros de qualidade (conforme Figura 13).

Ao se fazer as cotações dos filtros que seriam utilizados a princípio na tubulação horizontal, haja vista que filtraria a água captada tanto do piso impermeável quanto da cobertura, optou-se pelo vertical localizado na tubulação de queda. Essa opção se apresentou como uma opção menos onerosa, questão considerável ao se analisar a viabilidade econômica, que o filtro disposto na tubulação horizontal, cerca de vinte vezes mais barata.

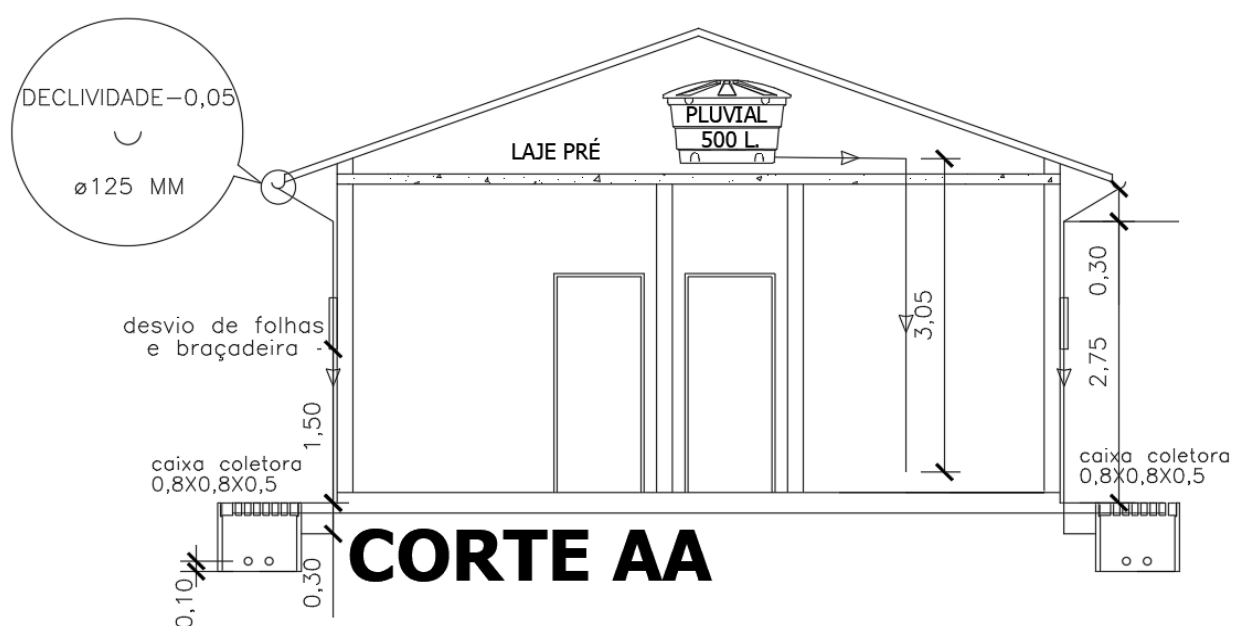
Figura 13 - Filtro vertical de baixo custo



Fonte: Sempresustentavel (2014)

Além disso, para a água que vem do piso, optou-se pela inserção de tampa perfurada, que possui furos com diâmetro de 20 mm, na caixa coletora a qual se localiza ao final da tubulação vertical (Figura 14), que acaba sendo uma barreira para corpos estranhos oriundos do piso impermeável, o qual também é fonte de abastecimento do SAAP.

Figura 14 - Corte viável tubulação vertical e caixas



Fonte: A autora (2022)







### 4.2.3 Armazenamento e Distribuição

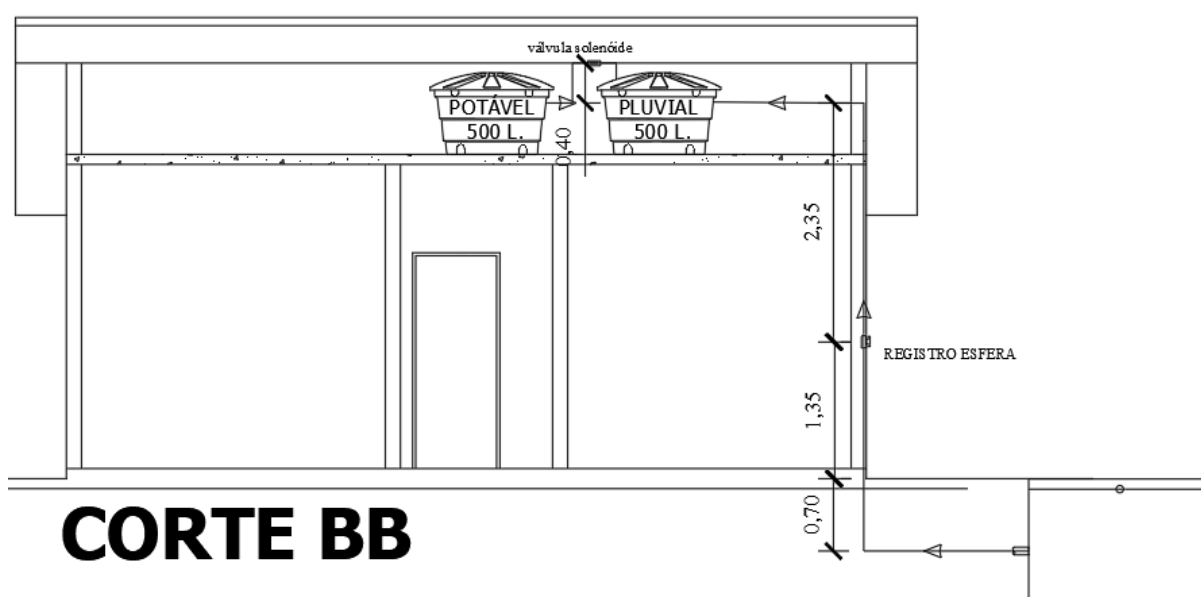
O armazenamento foi dividido entre reservatório superior e inferior. Sendo que o inferior foi calculado de acordo com a Equação 3, levando em consideração a área de 250 m<sup>2</sup> e uma precipitação média de 178,8 mm que considera a precipitação média dos últimos 25 anos em Goiânia de acordo com Capozzoli *et al.* (2019). O resultado obtido foi de 2235 L, e conforme recomendação de Sacadura (2011), arredondou-se o valor para 2500 L, visando considerar as dimensões um pouco maiores que as calculadas.

Quanto ao reservatório superior foi considerado um volume de 500 L, uma vez que a altura do telhado e o posicionamento da caixa d'água de água tratada, existentes no projeto arquitetônico, foram condicionantes para tal escolha, sendo ambas de 500 L, pluvial e tratada.

Além disso, salienta-se que a caixa superior abastecerá apenas o vaso sanitário, já que a alimentação da torneira para a lavagem de carro ocorrerá por meio do reservatório inferior o qual possui o extravasor também direcionado para o poço de infiltração.

Quanto à distribuição, para fins de cálculo, foi considerada uma casa com um total de quatro pessoas residentes e apenas uma peça do vaso sanitário abastecida pelo reservatório superior e uma torneira diretamente pelo inferior. Para que o sistema relacionado ao banheiro permaneça funcionando em épocas de escassez de chuva, tem-se uma válvula solenoide (como mostrado na Figura 17), entre a caixa d'água de água tratada e a de água pluvial para que o sistema possa também ser abastecido pela água tratada.

Figura 17 - Válvula Solenoide



Fonte: A autora (2022)

Para que a água do reservatório inferior chegue até o superior será feita a utilização de uma bomba submersa que tem seus parâmetros baseados na altura manométrica que requer o sistema, material da tubulação e toda a perda de carga que ocorre no caminho.

### **4.3 Avaliação econômica, ambiental e análise dos resultados**

#### **4.3.1 Planilha de custos, despesas**

Para a montagem da planilha orçamentária foi feito o levantamento quantitativo de todos os elementos que constituem o SAAP, desde a calha até a destinação final (conforme Anexo I). Utilizou-se as composições fornecidas pela planilha SINAPI não desonerada do mês de agosto de 2022. Quanto aos elementos não contemplados pela planilha SINAPI, foram realizadas composições próprias contendo cotações de preços médios na região. Ao final do valor total encontrado foi acrescida a Bonificação de Despesas Indiretas com o percentual que leva em consideração ser uma obra simples, que não visa lucratividade.

#### **4.3.2 Planilha de receitas**

A concessionária de água tratada de Goiânia, Saneago, considerando o final de 2021, cobra para a categoria residência social o valor de R\$ 2,29 reais por m<sup>3</sup>, considerando que se tenha um consumo de até 10 m<sup>3</sup> por mês. Sendo que o aumento da tarifa anual de água será de 8,85%.

Para o cálculo do que seria economizado em um ano foram considerados os seguintes valores de demanda:

- Quantidade de pessoas na casa: 4 pessoas
- Quantidade de Litros gastos em cada descarga sanitária: 6 L
- Quantidade de vezes em que a bacia sanitária é utilizada (dia-pessoa): 5 vezes
- Lavagem de carro e todo piso externo (3x no mês), incluso calçada: 2100 L
- Potencial de economia: 47%

Para o potencial de economia foi considerado que o sistema não funcionará durante todo ano, uma vez que aproximadamente metade dos meses do ano têm chuva, como é possível verificar na Figura 9, representando a oferta de forma ilustrativa. Portanto, considerando a oferta e a demanda, e comparando com os resultados obtidos por Oliveira (2019) referentes a cidade de Goiânia, foi considerado um percentual de 47% de demanda suprida pela água pluvial que será utilizada para alimentar os pontos de utilização já especificados.

### 4.3.3 Taxa de desconto

A taxa de desconto irá considerar a desvalorização do dinheiro com o decorrer do tempo, garantindo assim uma subtração mais verídica do que viria a ser o valor final obtido depois do tempo determinado. Foi considerado um valor de 0,4%, o mesmo considerado por Oliveira (2019).

### 4.3.4 Valor presente líquido e análise econômica

Devido a vida útil dos materiais hidrossanitários ser de no mínimo 20 anos, foi considerado um tempo de 25 anos para a análise. Utilizando a equação 4 e considerando um valor de investimento de R\$ 10.723,27, tem-se, conforme Tabela 2:

Tabela 2 – Valor Presente Líquido

| <b>Tempo</b> | <b>Volume reservatório necessário por ano (L)</b> | <b>Potencial da demanda suprida pela chuva (%)</b> | <b>Volume economizado por ano (L)</b> | <b>Preço por L considerando o aumento do valor de água (R\$)</b> | <b>Valor Presente líquido (L)</b> |
|--------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 ano        | 77040                                             | 47                                                 | 36208,8                               | 0,0023                                                           | -10640,68                         |
| 5 anos       | 77040                                             | 47                                                 | 36208,8                               | 0,0035                                                           | -10102,27                         |
| 10 anos      | 77040                                             | 47                                                 | 36208,8                               | 0,0053                                                           | -8862,91                          |
| 15 anos      | 77040                                             | 47                                                 | 36208,8                               | 0,0082                                                           | -6543,41                          |
| 20 anos      | 77040                                             | 47                                                 | 36208,8                               | 0,0125                                                           | -2375,43                          |
| 25 anos      | 77040                                             | 47                                                 | 36208,8                               | 0,0191                                                           | 1780,69                           |

Fonte: A autora (2022)

Dessa forma, percebe-se que em menos de 25 anos será possível obter um valor positivo de Valor Presente Líquido, o que significa que o investimento começaria a dar retorno a partir do ponto em que  $VPL=0$ , que nesse caso será de aproximadamente 22 anos.

### 4.3.5 Análise ambiental

De acordo com a Tabela 2, do ponto de vista mensurável a economia de água seria de, aproximadamente, 36208,8 L anualmente. Sabe-se que essa água, a princípio, teria sua origem advinda do manancial e seria direcionada para a rede de esgoto ou uma galeria pluvial, tendo agora sua origem e destino de forma mais sustentável, exceto o sanitário cuja a origem pluvial é vantajosa, mas o destino permanecerá a rede de esgoto.

Nesse contexto, insere-se a parte da vantagem ambiental que é imensurável, em se tratando da água utilizada na torneira da frente da casa para lavagem do carro e do piso externo, a água extravasada da caixa d'água inferior e a água do desvio. Esta agora possui como principal destino final, além do da sarjeta da rua da casa de forma subsidiária, o poço de infiltração que não só diminui a sobrecarga no esgoto, mas também faz com que o retorno da água para o lençol corrobore com o equilíbrio ambiental dos lençóis freáticos. Os lençóis sofrem com a extração indiscriminada de suas águas e têm sua reposição prejudicada pela pavimentação considerável das áreas urbanas que impedem que a água penetre no solo, daí a vantagem do poço de infiltração.

## 5 CONCLUSÕES

Após a análise dos dados obtidos com o projeto e seu orçamento, considerando o método Inglês para o dimensionamento do reservatório e utilizando-se do método do Valor Presente líquido, foi possível concluir que o Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial, para este estudo de caso se mostrou viável, já que o VPL terá um valor positivo de R\$ 1.780,69 considerando um tempo de 25 anos, sendo que o retorno iniciará com 22 anos. Vale ressaltar que o recomendado para vida útil das instalações hidrossanitárias é de 20 a 30 anos, sendo, portanto, 22 anos um tempo razoável quando se pensa em matérias de boa qualidade.

Como o estudo em questão utilizou uma casa de padrão popular, tal resultado implica em retorno econômico relevante após 22 anos para os habitantes do local, haja vista que se trata de um desconto que incidirá na conta de água todo mês. Dessa forma, vale ressaltar que para uma família de baixa renda e vulnerável, qualquer economia na parte essencial da vida é bem vinda para que se possa ter mais recursos financeiros para investir numa vida mais digna e com maior qualidade.

Além do viés financeiro, também se tem o ambiental, o qual tem seu benefício na economia de água que antes seria retirada diretamente do manancial e agora encontra sua origem da água advinda da chuva, sendo uma economia de, aproximadamente, 36208,8 litros por ano. Evidencia-se que a economia de água apresenta benefícios ambientais, principalmente, considerando a possibilidade de os resultados satisfatórios poderem influenciar na instalação do sistema em outras casas ou prédios, fazendo com que a economia de água cresça ainda mais.

Outrossim, se refere a água utilizada na lavagem de piso e automóveis que a priori, sem o SAAP, seria direcionada para um sistema de esgoto ou para uma galeria pluvial. Sendo assim, de forma indireta também existe certa economia referente ao pagamento de taxa de esgoto além do benefício ambiental dessa água poder infiltrar de forma adequada no solo pelo poço de infiltração através do desvio ou extravasor.

Vale ressaltar que cada construção possui uma arquitetura e condições de construção completamente diferente, e que uma casa já construída teria outros acréscimos no orçamento, haja vista que teria o desfazimento de partes já construídas. Sendo assim, este trabalho pode influenciar no desenvolvimento de outros estudos de caso e outras formas de dimensionamento, especialmente do reservatório, já que a norma traz outros métodos, além de existirem programas para o dimensionamento de tal, como o Netuno.

Como já foi deixado explícito, o projeto tem como referência uma casa popular, portanto o valor cobrado na água pela concessionária Saneago é menor, o que consequentemente faz com que o retorno do investimento demore mais do que se fosse considerada uma casa de categoria residencial normal. Sendo assim, um estudo com uma casa residencial normal ou já construída seria uma boa alternativa para verificar se as alterações realmente seriam significativas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Water resources management in Brasil**. Brasília, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil**. São Paulo, 2021.

AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento Agrometeorológico**. 2021. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/graficoEstacao.jsp?siglaUF=GO>>. Acesso em: 28 de abril de 2022.

ARCHIEXPO. **Reservatório enterrado - Commercial**. 2022. Disponível em: <<https://www.archiexpo.com/pt/prod/alumasc-exterior-building-products/product-69636-1640247.html>>. Acesso em 12 de junho de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalações prediais de águas fria. Rio de Janeiro, 2020.

BALBIM, Renato; KRAUSE, Cleandro. **Produção social da moradia: um olhar sobre o planejamento da Habitação de Interesse Social no Brasil**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 16, n. 1, p. 189-189, 2014.

BARROS, Renata Lima; CAMPOS, Marcus André Siqueira. **Diretrizes arquitetônicas para o desenvolvimento de sistemas de aproveitamento de água pluviais: um mapeamento de literatura**. Simpósio nacional de sistemas prediais, v. 2, 2021.

BERLOTO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. Dissertação realizada sob a supervisão do Professor Doutor Mário Neves do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2006.

BRANDÃO, Verônica Ribeiro. **Avaliação ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social**. Goiânia, 2017.

CAMPOS, Marcus André Siqueira. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de particles swarm optimization**. 2012. 95 P. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

CAPOZZOLLI, Caluan Rodrigues; PICKBRENNER, Karine; PINTO, Éder José Andrade. **Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias – Município Goiânia**. São Paulo, 2019.

CARVALHO, Andreina Cristina. **Proposta de um sistema predial de aproveitamento de águas pluviais para o bloco de laboratórios do Instituto Federal de Goiás (IFG) - Câmpus Jataí**. Jataí, 2018.

CASA MIMOSA – Hidráulica e Acabamentos. **5 Cuidados que você deve ter ao fazer instalação de caixa d'água**. 2019. Disponível em: <<https://blog.casamimosa.com.br/5-cuidados-que-voce-deve-ter-ao-fazer-instalacao-de-caixa-dagua/>>. Acesso em 12 de junho de 2022.

DETONI, Terezinha Lucia; DONDONI, Paulo Cezar. **A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica**. Revista Ciências Administrativas, v. 14, n. 2, 2008.

FERRAZ, Marshall Ferreira Almeida; SILVA, Evaristo Marcos. **Estudo de Viabilidade de um Sistema de Tratamento para Reutilização de Água em Finalidades Domiciliares Diversas**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 3, p. 702-712, 2015.

GERVASONI, Tássia A.; SOUZA, Carina Lopes de. **O Direito à Moradia e as contradições da Desigualdade Social**. Juris Poiesis-Qualis B1, v. 23, n. 32, p. 273-294, 2020.

GONÇALVES, Ricardo Franci. **Uso racional da água em edificações**, Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MALDONATO, Ane Denise Piccini. **Boas práticas para os projetos de Reúso de água em Edificações**. São Paulo, 2016.

MÁXIMO, Mariana de Moraes; DALRI, Thais Silveira. **Análise de custos da implantação de tecnologias sustentáveis em residências populares**. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo; SILVA, Mauricio Costa Cabral; RODRIGUES, Luana Di Beo. **Águas Pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado**. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 4, p. 29-37, 2007.

NAKAMURA, Juliana. **5 dicas para fazer o dimensionamento correto de caixas d'água**. 2022. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/5-dicas-para-fazer-o-dimensionamento-correto-de-caixas-dagua/18863>>. Acesso em 12 de junho de 2022.

OLIVEIRA, Rayssa Cantuário de Oliveira. **Influência das séries históricas de dados pluviométricos no dimensionamento do sistema predial de aproveitamento de Água pluvial de uma unidade de ensino**. Goiânia, 2019.

PEREIRA, Leandro Roncato; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco YM. **Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m<sup>2</sup> de cobertura**. Recuperado em, v. 10, 2008.

REIS, Fernanda Pinheiro Rocha; CRUVINEL, Lucas Barbosa; PACHECO, Rodrigo Moreira. **Comparação Econômica de Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial para Habitação de Interesse Social**. Goiânia, 2016.

REIS, Pedro Henrique Ribeiro. **Avaliação econômica de sistema de aproveitamento de água pluvial em edificação residencial multifamiliar em três capitais brasileiras**. Goiânia, 2016.

ROCHA, Vinicius Luis. **Validação do algoritmo do programa netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas**

**de aproveitamento de água pluvial em edificações.** 166 p. (Dissertação Mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

SACADURA, Francisco Oliveira Martins Oom. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios.** 2011. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. **Projeto experimental do filtro de água de chuva de baixo custo modelo alto-limpante.** Disponível em: <  
<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/filtro-de-agua-de-chuva.htm>>.  
Acesso em 15 de outubro de 2022.

## **ANEXO I – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA**

| <div>  <b>INSTITUTO FEDERAL</b><br/> Goiás<br/> Câmpus Goiânia </div> <div> <b>Planilha Orçamentária - SAAP</b> </div> <div> REF. 01/08/2022 NÃO DESONERADO </div> |              |        |                                                                                                                                                                                               |     |       |              |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|--------------|-------------------|
| Item                                                                                                                                                                                                                                                | Referência   | Código | Descrição                                                                                                                                                                                     | Un. | Qtde  | Preço        | Preço Total (R\$) |
| 1.1                                                                                                                                                                                                                                                 | Cotação 6    |        | Bomba submersa vibratória para poço Potência 300 Watts, elevação de 50 m                                                                                                                      | un  | 1,00  | R\$ 291,31   | R\$ 291,31        |
| 1.2                                                                                                                                                                                                                                                 | Composição 1 |        | Caixa d'água de 2500 L, polietileno                                                                                                                                                           | un  | 1,00  | R\$ 2.241,39 | R\$ 2.241,39      |
| 1.3                                                                                                                                                                                                                                                 | Composição 2 |        | Caixa d'água de 500 L, polietileno                                                                                                                                                            | un  | 1,00  | R\$ 259,46   | R\$ 259,46        |
| 1.4                                                                                                                                                                                                                                                 | Composição 4 |        | Caixa de COLETA 0,8*0,8*0,5, tampa perfurada                                                                                                                                                  | un  | 2,00  | R\$ 694,17   | R\$ 1.388,34      |
| 1.5                                                                                                                                                                                                                                                 | Composição 5 |        | Caixa de INFILTRAÇÃO 0,6*0,6*0,8                                                                                                                                                              | un  | 1,00  | R\$ 358,27   | R\$ 358,27        |
| 1.6                                                                                                                                                                                                                                                 | Composição 3 |        | Caixa de inspeção 60*60*50                                                                                                                                                                    | un  | 1,00  | R\$ 327,19   | R\$ 327,19        |
| 1.7                                                                                                                                                                                                                                                 | Composição 6 |        | CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019 com protetor | m   | 18,00 | R\$ 71,94    | R\$ 1.294,92      |
| 1.8                                                                                                                                                                                                                                                 | Composição   |        | Cruzeta 75 mm                                                                                                                                                                                 | un  | 2,00  | R\$ 139,90   | R\$ 279,80        |
| 1.9                                                                                                                                                                                                                                                 | SINAPI       | 104164 | CURVA 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_06/2022                                                            | un  | 2,00  | R\$ 58,62    | R\$ 117,24        |
| 1.10                                                                                                                                                                                                                                                | SINAPI       | 89410  | CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2022                                                                    | un  | 9,00  | R\$ 11,64    | R\$ 104,76        |
| 1.11                                                                                                                                                                                                                                                | Cotação 3    |        | Filtros                                                                                                                                                                                       | un  | 2,00  | R\$ 107,35   | R\$ 214,70        |
| 1.12                                                                                                                                                                                                                                                | SINAPI       | 91174  | FIXAÇÃO DE TUBOS VERTICAIS DIÂMETROS MAIORES QUE 40 MM E MENORE S OU IGUAIS A 75 MM COM ABRAÇADEIRA METÁLICA RÍGIDA TIPO D 1 1/2", FIXADA EM PERFILADO EM ALVENARIA. AF_05/2015               | m   | 5,50  | R\$ 2,88     | R\$ 15,84         |
| 1.13                                                                                                                                                                                                                                                | SINAPI       | 102603 | FURO EM CAIXA D'ÁGUA COM ESPESSURA DE 2 ATÉ 5 MM E DIÂMETRO DE 100 MM AF_06/2021                                                                                                              | un  | 1,00  | R\$ 9,03     | R\$ 9,03          |

| Item | Referência | Código | Descrição                                                                                                                                   | Un. | Qtde | Preço (R\$) | Preço Total (R\$) |
|------|------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|-------------|-------------------|
| 1.14 | SINAPI     | 102591 | FURO EM CAIXA D'ÁGUA COM ESPESSURA DE 2 ATÉ 5 MM E DIÂMETRO DE 25 MM. AF_06/2021                                                            | un  | 1,00 | R\$ 3,79    | R\$ 3,79          |
| 1.15 |            | 89518  | JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_06/2022          | un  | 1,00 | R\$ 19,87   | R\$ 19,87         |
| 1.16 | SINAPI     | 102601 | FURO EM CAIXA D'ÁGUA COM ESPESSURA DE 2 ATÉ 5 MM E DIÂMETRO DE 75 MM. AF_06/2021                                                            | un  | 4,00 | R\$ 7,29    | R\$ 29,16         |
| 1.17 | SINAPI     | 89524  | JOELHO 45 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_06/2022         | un  | 4,00 | R\$ 32,09   | R\$ 128,36        |
| 1.18 | SINAPI     | 89380  | LUVA DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM X 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2022             | un  | 1,00 | R\$ 11,63   | R\$ 11,63         |
| 1.19 | SINAPI     | 89378  | LUVA, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_06/2022                               | un  | 3,00 | R\$ 6,59    | R\$ 19,77         |
|      | SINAPI     | 89549  | REDUÇÃO EXCÊNTRICA, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 X 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_06/2022 | UN  | 4,00 | R\$ 18,92   | R\$ 75,68         |
| 1.20 | SINAPI     | 94490  | REGISTRO DE ESFERA, PVC, SOLDÁVEL, COM VOLANTE, DN 32 MM - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2021                                            | un  | 1,00 | R\$ 32,83   | R\$ 32,83         |



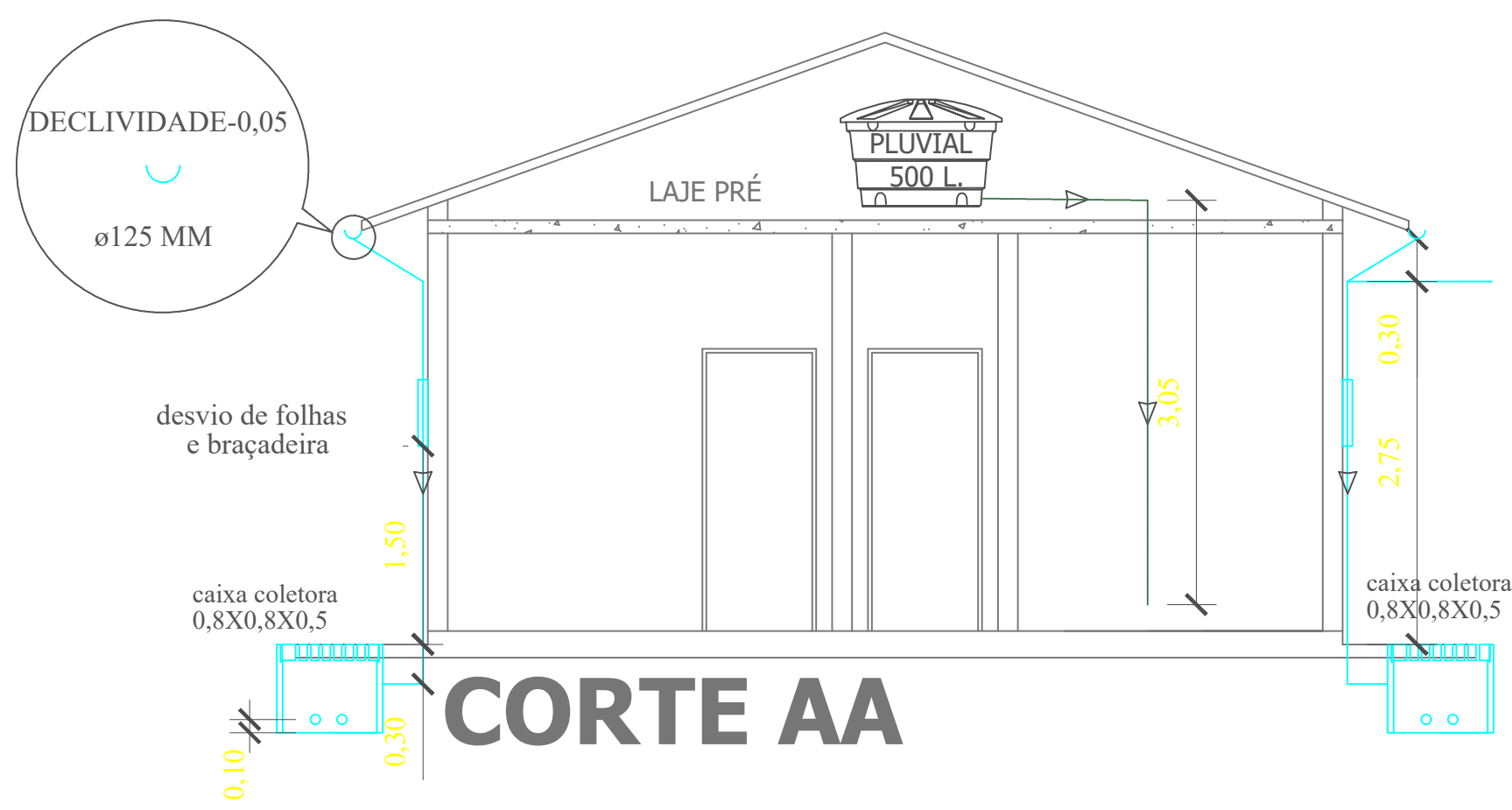
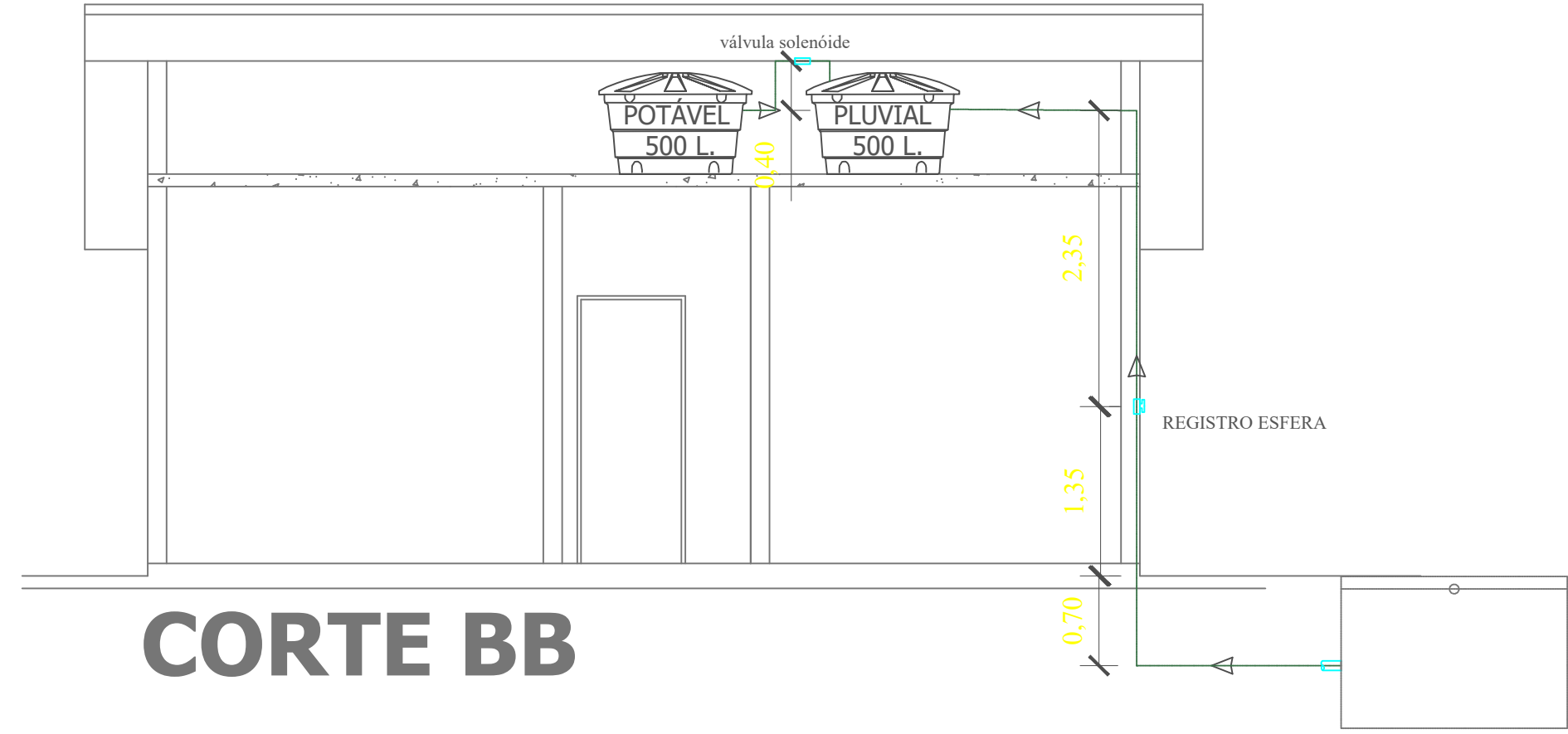
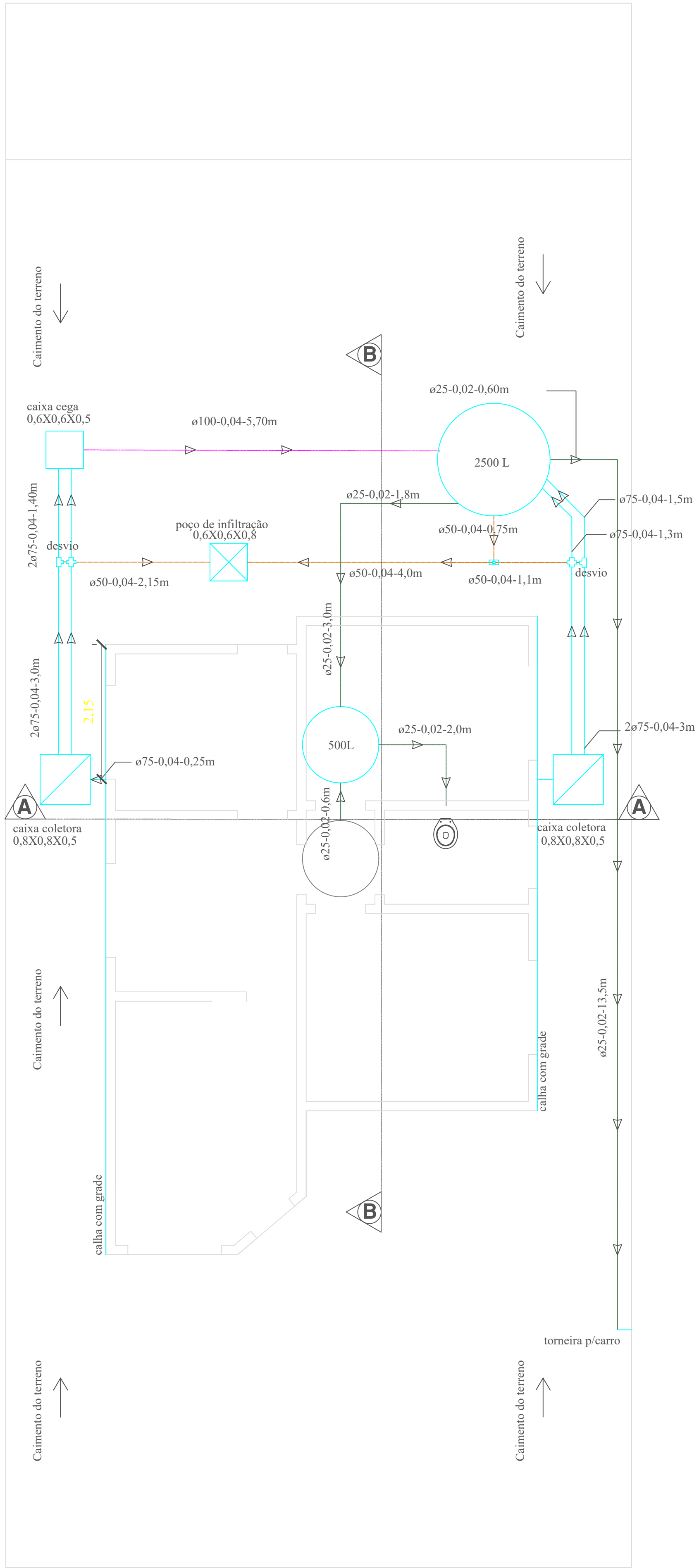


**ANEXO II – BDI**

|          | DISCRIMINAÇÃO                                                                               |           | B.D.I.       |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| <b>1</b> | Taxas Gerais: $TG = [1+(AC/100)] \times [1+(DF/100)] \times [1+(R/100)] \times [1+(L/100)]$ | <b>TG</b> | -            |
| 1.1      | Rasteio da Administração Central                                                            | AC(%)     | 1,00         |
| 1.2      | Despesas Financeiras                                                                        | DF(%)     | 3,00         |
| 1.3      | Riscos, Seguro e Garantia do Empreendimento                                                 | R(%)      | 4,00         |
| 1.4      | Lucro                                                                                       | L(%)      | 4,00         |
| <b>2</b> | Impostos : $I = (i^0+i^1+i^2+i^3)$                                                          | <b>I</b>  | -            |
| 2.1      | COFINS                                                                                      | $i^0(\%)$ | 3,00         |
| 2.2      | ISS                                                                                         | $i^1(\%)$ | 5,00         |
| 2.3      | PIS                                                                                         | $i^2(\%)$ | 0,70         |
| 2.4      | Outros                                                                                      | $i^3(\%)$ |              |
|          | <b>B.D.I. presumido = <math>\{ [TG / (1 - (I / 100))] - 1 \} \times 100</math></b>          |           | <b>12,52</b> |

### **ANEXO III – PROJETO SAAP**





## APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Autores do projeto: DANIELLE RODRIGUES MELO  
REVISÃO - Dr. ANTÔNIO HENRIQUE CAPUZZO MARTINS

INSTITUTO FEDERAL  
Campus Goiânia

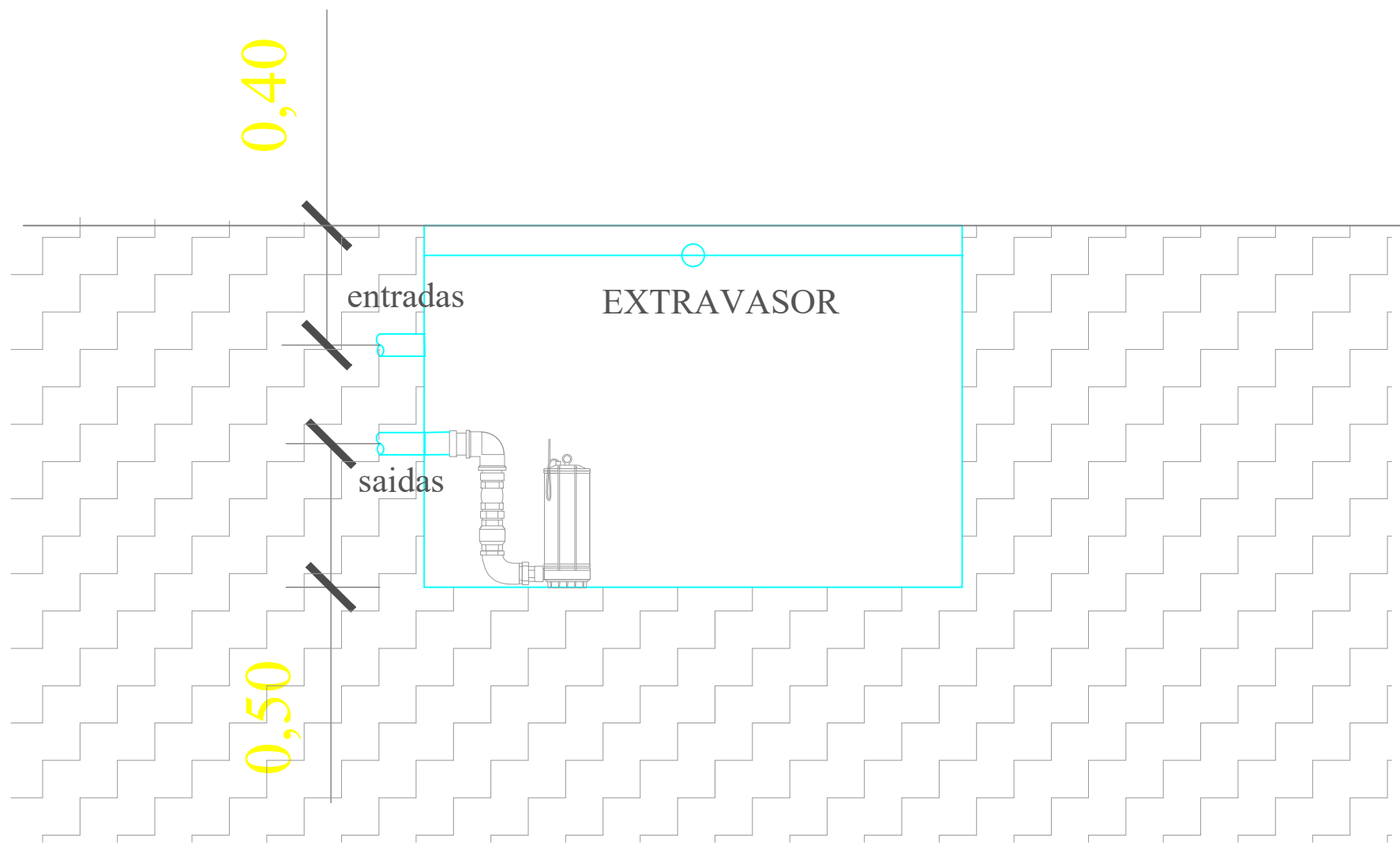
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL  
ÁREA DO TERRENO: A = 2500  
ÁREA CONSTRUÇÃO: A = 6000

CONTEÚDO: TÉRREO SAAP

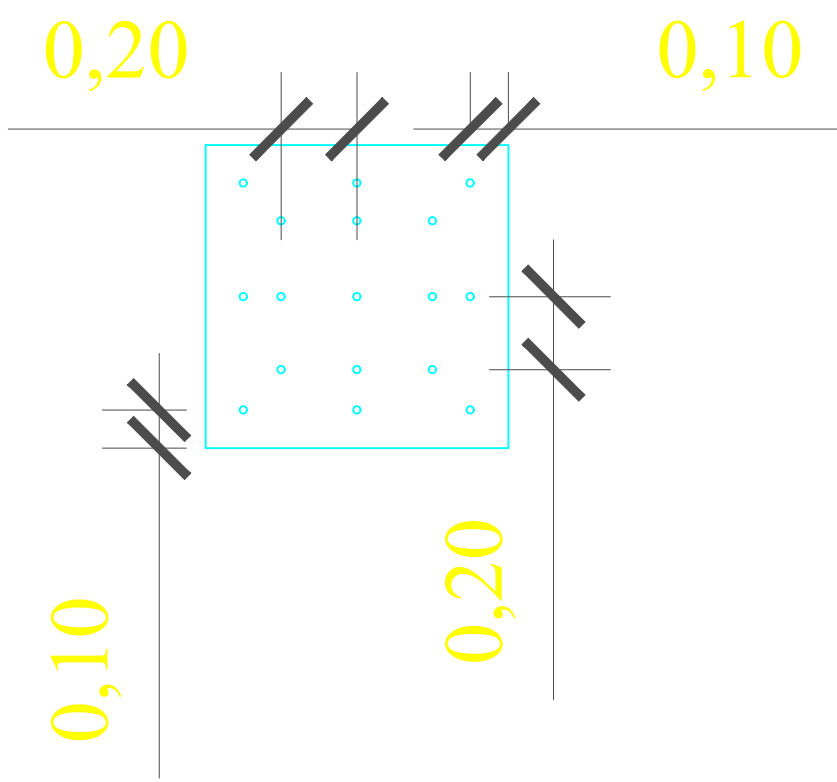
1/2

DATA: 12 de maio de 2022  
ESCALA: 1:50

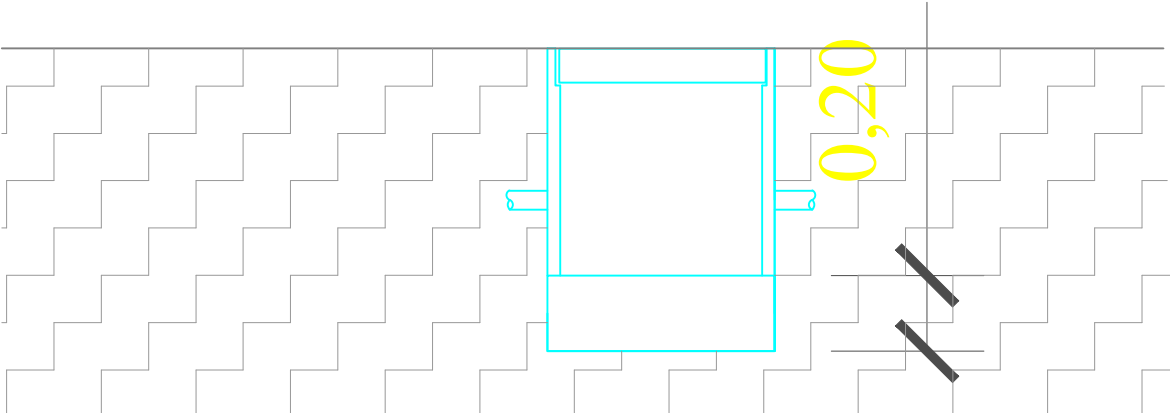




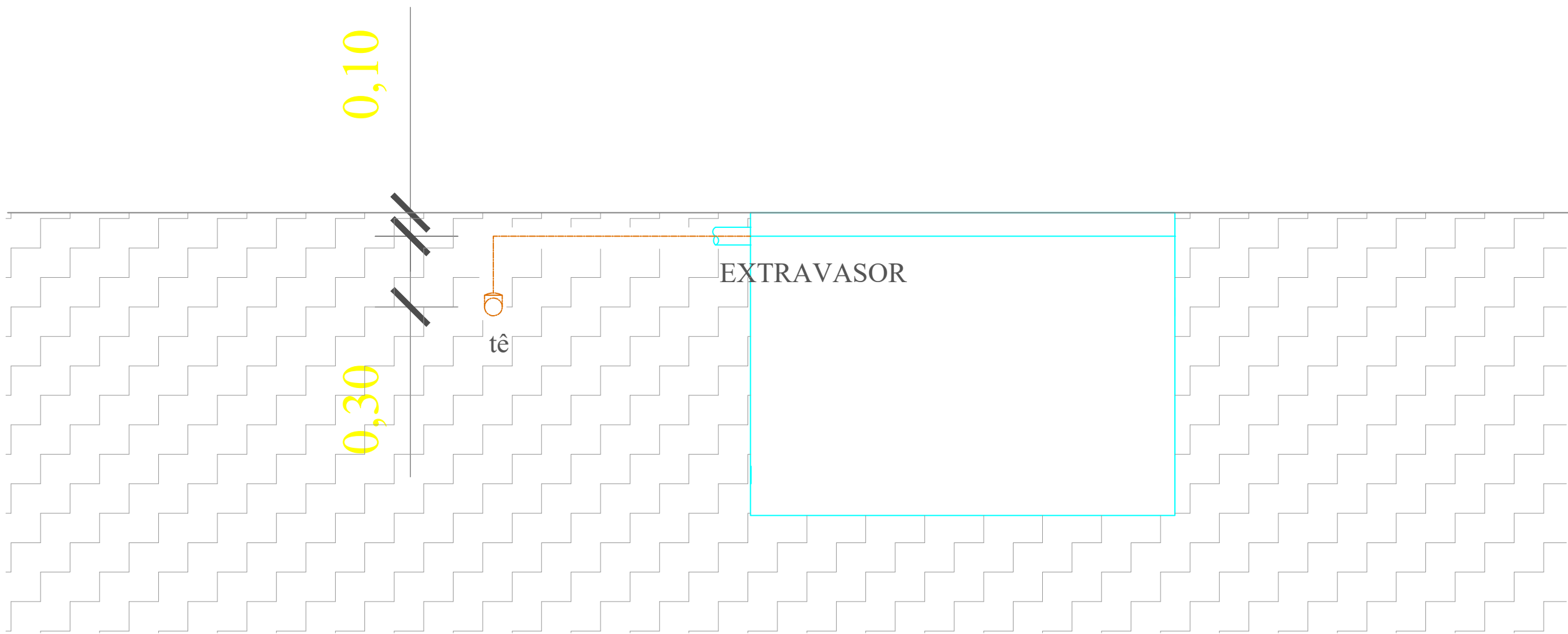
CX PLUVIAL INFERIOR



TAMPA CAIXA COLETORA



POÇO DE INFILTRAÇÃO



CX PLUVIAL INFERIOR  
saída do extravasor