

UNIVERSIDADE DO CONTESTADO – UnC
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENGENHARIA CIVIL, SANITÁRIA E AMBIENTAL

TANIA VALENTIM DE LIMA FANTIN

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA DE CHUVA EXECUTADOS EM MATERIAIS ALTERNATIVOS**

CONCÓRDIA/SC

2020

TANIA VALENTIM DE LIMA FANTIN

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA DE CHUVA EXECUTADOS EM MATERIAIS ALTERNATIVOS**

Dissertação, apresentado como exigência para obtenção do título de mestre, do curso de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental, ministrado pela Universidade do Contestado – UnC, Campus Concórdia, sob Orientação dos Professores Me. Tatiane Isabel Hentges e Dr. Marcio Antonio Nogueira Andrade.

CONCÓRDIA/SC

2020

Catálogo na fonte – Biblioteca Universitária Universidade do Contestado
(UnC)

F216a
2020

Fantin, Tania Valentim de Lima

Análise técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva executados em materiais alternativos / Tania Valentim de Lima Fantin ; orientadores: Tatiane Isabel Hentges e Marcio Antonio Nogueira Andrade. – 2020.

91 f. il. color. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental) – Universidade do Contestado, Concórdia, 2020.

Bibliografia: f. 79-85

1. Água de chuva. 2. Reservatórios. 3. Custos. 4. Análise técnica. 5. Análise econômica. I. Hentges, Tatiane Isabel. II. Andrade, Marcio Antonio Nogueira. III. Universidade do Contestado. Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental. III. Título.

CDD 21. ed. 620.007

Elaboração: Josiane Liebl Miranda (CRB-14: 1023)

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EXECUTADOS EM MATERIAIS ALTERNATIVOS

TANIA VALENTIM DE LIMA FANTIN

Este trabalho de Conclusão de Curso foi submetido ao processo de avaliação pela Banca Examinadora para a obtenção do Título de:

Mestre em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental

É aprovada(o) na sua versão final em 19 de maio de 2020, atendendo às normas da legislação vigente da Universidade do Contestado e Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental.

Prof. Dr. Aline Viancelli

Coordenador do Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e
Ambiental

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Tatiane Isabel Hentges
(Orientadora)

Prof. Dr. Fernando Ramos
(Avaliador)

Prof. Dr. Eduardo Roberto Batiston
(Avaliador)

Dedico este trabalho à minha família, meu bem mais precioso. Mãe, pai, irmã, esposo e filhos, amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por Sua eterna compreensão e tolerância, por Seu infinito amor.

Aos meus pais, Remi e Doralina, pelo zelo, carinho e por sempre acreditarem em mim.

À minha “maninha” Cauana, por seu apoio, preocupação e incentivo.

Ao meu esposo Vanderlei e aos meus filhos, Isadora e João Lucas, por todo amor, incentivo, apoio e compreensão. Nada disso teria sentido se vocês não existissem na minha vida.

Ao Professor Marcio por sua orientação e contribuições no decorrer deste trabalho.

A Professora Tatiane pela expressiva participação, efetiva colaboração e extrema dedicação, na qualidade de orientadora deste trabalho.

À Universidade do Contestado, ao programa de Mestrado em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental, a Coordenadora do mestrado, Aline, pelo apoio e atenção. Aos funcionários e professores pelas contribuições nos mais diversos aspectos.

Ao Programa de bolsas universitárias de Santa Catarina - UNIEDU, pela bolsa de estudo.

Enfim, agradeço a todos aqueles que contribuíram para o meu desenvolvimento e me auxiliaram direta ou indiretamente neste trabalho.

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba.” (Guimarães Rosa)

RESUMO

A partir da ação humana, cada vez mais frequentemente as fontes de abastecimento de água estão sendo contaminadas ou destruídas. A estiagem também vem assolando algumas regiões, prejudicando a vida e a produção. Neste contexto, uma fonte alternativa que pode ser aproveitada diretamente é a água de chuva, desta forma, sistemas de aproveitamento da água da chuva tem se tornado uma alternativa para mitigar os problemas gerados em torno da água. O objetivo deste estudo é apresentar tecnologias utilizadas para construção de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água da chuva, executados em madeira, ardósia e aço, bem como, analisar a viabilidade técnica e econômica entre estes sistemas. A metodologia adotada envolve um estudo descritivo da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva numa instituição de ensino, através do dimensionamento dos reservatórios de armazenamento, elaboração do projeto executivo de cada reservatório, levantamento dos custos e a análise de viabilidade técnica e econômica entre estes. O valor total dos custos de implantação desse sistema através dos reservatórios de madeira, ardósia e aço galvanizado, para um volume de 100m³ de água armazenada, foram respectivamente, de R\$60.144,64, R\$ 69.985,03 e R\$ 68.072,82. O Valor Presente Líquido demonstra a viabilidade econômica da implantação dos reservatórios e o payback indica o retorno do investimento no quinto e sexto ano. Para a análise técnica dos três materiais alternativos para os reservatórios de armazenamento, todos são tecnicamente viáveis e a escolha dependerá das prioridades quanto à durabilidade ou facilidade de execução, tendo em vista que a madeira foi considerada mais leve do que a ardósia e o aço. A ardósia devido ao peso elevado necessita da ajuda de guindaste, sendo um processo de montagem das placas lento, necessitando de maiores cuidados de manuseio que os demais materiais. Em relação a durabilidade e manutenção, a ardósia possui alta durabilidade por ser uma rocha e inerte, além de não necessitar de manutenção como a madeira e o aço estando expostos as intempéries. Quanto a disponibilidade, a madeira e o aço serão facilmente encontrados na cidade da implantação deste estudo, já a ardósia tem pouca disponibilidade local para esse uso e apesar do material não ser tão caro, o custo de transporte acresce de forma significativa, num percentual de 50% do valor do material.

Palavras-Chave: Água de chuva. Reservatórios. Custos. Análise técnica. Análise econômica.

ABSTRACT

As a result of human action, water supply sources are increasingly contaminated or destroyed. The drought has also been plaguing some regions, damaging life and production. In this context, an alternative source that can be harnessed directly is rainwater, thus, systems for harnessing rainwater have become an alternative to mitigate the problems generated around water. The objective of this study is to present technologies used to build reservoirs for rainwater harvesting systems, made of wood, slate and steel, as well as to analyze the technical and economic feasibility between these systems. The adopted methodology involves a descriptive study of the implementation of the rainwater utilization system in an educational institution, through the dimensioning of the storage reservoirs, elaboration of the executive project of each reservoir, survey of costs and the analysis of technical and economic feasibility among these. The total cost of implementing this system through wooden, slate and galvanized steel reservoirs, for a volume of 100m³ of stored water, was R \$ 60,144.64, R \$ 69,985.03 and R \$ 68,072.82, respectively. The Net Present Value demonstrates the economic feasibility of implementing the reservoirs and the payback indicates the return on investment in the fifth and sixth year. For the technical analysis of the three alternative materials for the storage reservoirs, all are technically feasible and the choice will depend on the priorities regarding durability or ease of execution, considering that wood was considered lighter, than slate and steel. Slate due to its high weight needs the help of a crane, being a slow process of assembling the slabs, requiring greater handling care than other materials. Regarding durability and maintenance, slate has high durability because it is a rock and inert, in addition to not needing maintenance like wood and steel being exposed to the weather. As for availability, wood and steel will be easily found in the city where this study was implemented, since slate has little local availability for this use and although the material is not so expensive, the cost of transportation increases significantly, in a percentage of 50% of the material value.

Keywords: Rain water. Reservoirs. Costs. Technical analysis. Feasibility economic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cisterna da Basílica - Istambul, Turquia.....	22
Figura 2: Cisterna Bizantina - Negev, Israel	23
Figura 3: Reservatório de Madeira – Escola Prof. Mansueto Boff, Concórdia – SC..	26
Figura 4: Tanques de Madeira em NYC	26
Figura 5: Montagem das placas de ardósia, armadura e argamassagem manual	28
Figura 6: Método construtivo do Reservatório em aço galvanizado	29
Figura 7: Etapas da pesquisa.....	35
Figura 8: Cobertura da edificação e Local de implantação do reservatório.....	36
Figura 9: Croqui do sistema de captação de água de chuva (vista em planta)	40
Figura 10: Croqui dos reservatórios interligados entre si	42
Figura 11: Tarifa consumo água	52
Figura 12: Reservatório do Condomínio Agroenergético em Itapiranga/SC.....	57
Figura 13: Reservatório de madeira de 60m ³	58
Figura 14: Vista externa (argamassado) e interna (placa de ardósia) do reservatório	59
Figura 15: Evolução tarifária dos valores praticados de 2013 a 2019.....	68
Figura 16: VPL para os sistemas com reservatórios em madeira, ardósia e aço.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição de indicadores econômicos	56
Quadro 2: Resultado dos indicadores analisados dos reservatórios.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Legislações em cidades brasileiras	32
Tabela 2 - Principais dimensões do reservatório de ardósia	46
Tabela 3 - Armadura do reservatório de ardósia com capacidade para 100 m ³	47
Tabela 4 - Principais dimensões do reservatório e das vigas de madeira	48
Tabela 5 - Armadura do reservatório de madeira com capacidade para 100 m ³	49
Tabela 6 - Reservatório em chapas de aço galvanizado parafusadas com capacidade para 100 m ³	50
Tabela 7 - Custos do reservatório de madeira	61
Tabela 8 - Custos do reservatório de ardósia	62
Tabela 9 - Custos do reservatório de aço galvanizado	63
Tabela 10 - Custo do dispositivo descarte das águas das primeiras chuvas e dispositivo descarte dos sólidos	64
Tabela 11 - Custo dos tubos, conexões, acessórios, caixas d'água e bomba	65
Tabela 12 - Custo total dos sistemas de aproveitamento de água da chuva	66
Tabela 13 - Custo do consumo mensal de energia elétrica	66
Tabela 14 - Custo de manutenção do reservatório de madeira	67
Tabela 15 - Custo de manutenção do reservatório de ardósia	67
Tabela 16 - Fluxo de caixa anual para Reservatório de Armazenamento em Madeira	69
Tabela 17 - Fluxo de caixa anual para Reservatório de Armazenamento em Ardósia	69
Tabela 18 - Fluxo de caixa para Reservatório de Armazenamento em Aço Galvanizado	70
Tabela 19 - Fluxo de caixa acumulado dos reservatórios	72
Tabela 20 - Comparação técnica entre três materiais utilizados para a construção de reservatórios	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA.....	18
2.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....	20
2.3 TÉCNICAS ADOTADAS HISTORICAMENTE PARA A CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIOS	21
2.4 TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS EM RESERVATÓRIOS	24
2.4.1 Reservatórios em Madeira	24
2.4.2 Reservatórios em Ardósia	27
2.4.3 Reservatórios em Aço	28
2.5 VIABILIDADE TÉCNICA.....	30
2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA	30
2.7 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	35
3.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	36
3.2.1 Disponibilidade de água da chuva para captação	36
3.2.2. Demanda de Água da Edificação	37
3.3. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	38
3.3.1 Descrição do Sistema.....	39
3.3.2 Componentes do sistema.....	40
3.3.2.1 Reservatórios de Água de Chuva.....	40
3.3.2.1.1 Reservatório Principal de Água da Chuva.....	40
3.3.2.1.2 Reservatório Intermediário	41
3.3.2.2 Calhas e Condutores.....	42
3.3.2.3 Dispositivo de Descarte de Materiais Sólidos.....	42
3.3.2.4 Dispositivo de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas	43
3.3.2.5 Rede de Tubulações de Distribuição de Água.....	44

3.3.2.6 Tubos e Conexões	44
3.4 RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO EM MATERIAIS ALTERNATIVOS	44
3.4.1 Reservatório de Ardósia	45
3.4.2 Reservatório de Madeira	47
3.4.3 Reservatório de Aço Galvanizado	49
3.5 ELABORAÇÃO DE PROJETO	50
3.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA.....	51
3.6.1 Economia Estimada na Conta de Água.....	51
3.6.2 Levantamento do Custo de Implantação do Sistema	53
3.6.3 Custos de Operação e Manutenção	54
3.6.4 Indicadores econômicos usados	54
3.7 ANÁLISE TÉCNICA.....	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4.1. ANÁLISE ECONÔMICA	60
4.1.1. Levantamento do Custo de Implantação do Sistema	60
4.1.1.1 Custo do Reservatório de Armazenamento Apoiado ao Terreno	60
4.1.1.2. Custo do Dispositivo de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas e Dispositivo de Retirada dos Sólidos	64
4.1.1.3. Custo dos Tubos e Conexões, Acessórios, Caixas d'Água e Bomba	65
4.1.2. Levantamento dos Custos de Operação e Manutenção.....	66
4.1.2.1. Economia Estimada na Conta de Água.....	67
4.1.3. Determinação dos indicadores econômicos	68
4.2. ANÁLISE COMPARATIVA TÉCNICA.....	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICE A – Projeto executivo Reservatório de Ardósia	87
APÊNDICE B – Projeto executivo Reservatório de Madeira	88
APÊNDICE C – Projeto executivo Reservatório de Aço Galvanizado	89
APÊNDICE D – Orçamento Reservatório de Armazenamento em Pedra Ardósia	90
APÊNDICE E – Orçamento Reservatório de Armazenamento em Madeira.....	91
APÊNDICE F – Reservatório de Armazenamento em Aço Galvanizado.....	92

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a humanidade, indispensável a vida em nosso planeta, não havendo possibilidade de vida humana sem ela. Porém, com o acelerado crescimento demográfico e tecnológico, ocorreram mudanças nos padrões de consumo, bem como, as alterações climáticas têm conduzido a exigências de água muitas vezes insustentáveis, tornando este recurso cada vez mais escasso. Se conseguirmos melhorar a conservação e utilização eficiente dos recursos hídricos, podemos assim garantir a sustentabilidade da vida no Planeta.

Para se promover a conservação da água é importante atuarmos na gestão da oferta e demanda da água. Na primeira, cabe destacar que uma fonte alternativa que pode ser aproveitada diretamente é a água de chuva.

Araújo et al. (2008), destacam a necessidade do planejamento, gestão e articulação institucional das ações de conservação e uso racional da água, da conservação da água nos sistemas públicos de abastecimento e nos sistemas prediais, a fim de evitar uma futura escassez. Desta forma, ressalta que a utilização de programas de gerenciamento de água no combate ao consumo excessivo de água potável em grandes instalações prediais, vem sendo adotada já em vários estados do país com resultados bastante positivos.

Desenvolver programas de racionalização, faz parte de um planejamento integrado dos recursos hídricos, bem como, o aproveitamento da água da chuva através da construção de reservatórios, tem se tornado uma alternativa para mitigar os problemas gerados em torno da água. Tomaz (2003), ressalta que o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis torna-se uma maneira inteligente de não desperdiçar uma água pura e tratada na irrigação de jardins, gramados, descargas de banheiros e usos industriais, que não necessitam de água potável.

Para a efetivação do aproveitamento da água da chuva, faz-se necessária a construção de um sistema completo que contempla desde calhas e condutores, junto à área de coleta, até a instalação de terminais nos pontos de aproveitamento. Nesse sistema, o componente mais oneroso vem a ser o reservatório de armazenamento

(Reis e Silva, 2014), para tanto, é de grande importância o criterioso dimensionamento do mesmo, que pode ser construído de diferentes formas, volumes e em diversos materiais: madeira, concreto armado, fibra de vidro, geomembrana de PVC ou de PEAD, ferrocimento, aço inoxidável e etc.

Evidenciar os custos para a implantação e a manutenção de um sistema de aproveitamento da água da chuva se faz necessário, principalmente para os reservatórios, pois para cada tipo de material a ser empregado, difere seus custos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Visível e notável pela sociedade, é a importância cada vez maior do desenvolvimento de técnicas e materiais que se caracterizem como sustentáveis, com prospecção de uso e destinação corretos, sem interferência ou prejuízo ao ambiente local. Isto gera um apelo social crescente, que pode ser refletido com maior ênfase em todos os aspectos de toda a sociedade.

Em relação a estiagem, Alpino et al. (2016), relata que o Brasil viveu no ano de 2015 uma das secas mais graves dos últimos 50 anos, no que se refere aos seus aspectos meteorológicos, hídricos e agrícolas, sendo o seu período mais crítico entre os anos de 2012 e 2014. Ressalta práticas desenvolvidas num conjunto de políticas públicas emergenciais para redução dos seus impactos no que se refere à água (operação carro pipa, construções de cisternas, perfuração e recuperação de poços) e agropecuária (venda de milho para rebanhos e linhas de crédito) vem sendo realizadas, bem como, programas como o Bolsa Estiagem (voltado para agricultores familiares), a aposentadoria rural e o Bolsa Família que possibilitam que as famílias possam comprar alimentos e, por vezes, água.

Freitas et al. (2017), relata que quase todos os anos a região Oeste Catarinense passa por um período de pouca chuva, durante o qual há falta de água para suprir a demanda de consumo humano (usos não-potáveis), animal e agrícola. Deste modo, torna-se necessária a utilização de recursos hídricos alternativos, como o aproveitamento de água de chuva, surgindo a necessidade de projetos com tecnologias inovadas e ao mesmo tempo, novos métodos construtivos, técnicas e materiais de construção, que permitem uma nova abordagem na construção de

sistemas de aproveitamento de água da chuva, principalmente no que diz respeito às tecnologias de construção dos reservatórios de armazenamento.

Os edifícios escolares apresentam grande potencialidade para a instalação destes sistemas pois apresentam grandes áreas de cobertura para captação da água da chuva, além de elevados custos com a água utilizada (SOUSA, 2015). Desta forma, destaca-se a importância da análise técnica, a necessidade de avaliar o dimensionamento e os custos de implantação de reservatórios de água da chuva em centros de estudo. Devido o volume do reservatório estar limitado pelo seu custo, e seu dimensionamento requer certo cuidado para não tornar a implantação do sistema inviável, dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender a diversas situações.

No contexto de órgão público, as práticas de gestão ambiental tornam-se fundamentais, bem como é importante que seja economicamente viável e ambientalmente correta a implantação desses sistemas através de reservatórios construídos com materiais alternativos. Cabe salientar que ainda não se encontrou divulgações relativas à viabilidade econômica da implantação de reservatórios de grandes volumes com estes materiais alternativos: madeira, ardósia e aço galvanizado, em instituição pública de ensino. Também não foram identificadas análises técnicas dos métodos construtivos para reservatórios de sistemas de aproveitamento da água da chuva.

Este trabalho está inserido no Programa de bolsas universitárias de Santa Catarina - UNIEDU, mantido pelo fundo de apoio à manutenção e ao desenvolvimento da educação superior - FUMDES/2019.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em edificação educacional pública com reservatórios construídos em madeira, ardósia e aço.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Propor tecnologias construtivas em madeira, ardósia e aço, para a execução de reservatórios de armazenamento de água da chuva;
- Realizar o dimensionamento dos reservatórios de armazenamento dos sistemas de aproveitamento de água da chuva;
- Elaborar projeto executivo de cada reservatório;
- Realizar o levantamento e o comparativo de custos entre os sistemas;
- Analisar a viabilidade econômica do investimento em instituição pública;
- Verificar a viabilidade técnica da construção dos reservatórios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

Na atualidade, a água se constitui em um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, tendo em vista que a disponibilidade per capita vem sendo reduzida rapidamente, frente ao aumento gradativo da demanda para seus múltiplos usos e a contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis (CAIXETA, 2010).

O manual de conservação e reuso de água em edificações, criado em 2005, pela FIESP em conjunto com o SINDUSCON, Sindicato da Indústria da Construção Civil, e a ANA, Agência Nacional de Águas, ressaltam a importância da conservação da água nas últimas décadas no Brasil, devido ao intenso crescimento das cidades em decorrência do êxodo rural e da formação de grandes concentrações populacionais, exercendo fortes pressões no aumento do consumo e no agravamento das condições de qualidade dos mananciais existentes no planeta.

Considerado um recurso renovável do planeta e composto de ligação dos ecossistemas e subsistemas ambientais, pode-se considerar a água como um recurso natural e limitado, sendo que a porção de água doce disponível no mundo é relativamente pequena, cerca de 2,5% (GIAMPÁ; GONÇALES, 2005).

Diante da fragilidade dos recursos hídricos no planeta, o acesso da população à água potável vem se tornando tarefa difícil de ser cumprida. Dessa forma, tanto a manutenção das condições de qualidade de vida da população, quanto o crescimento das atividades econômicas, dependem da conscientização quanto à importância da água e de seu uso de forma racional por todos os setores (REBOUÇAS, 1997).

Conforme Kavusa (2017), um exemplo a ser citado é a África, da qual dispõe naturalmente de grandes recursos hídricos: grandes rios como o Congo, o Nilo, o Zambeze e o Níger. No entanto, o continente é a segunda região mais seca do mundo depois da Austrália, e milhões de africanos ainda sofrem de escassez de água, bem como doenças relacionadas à água. A escassez é na maioria das vezes o resultado de problemas de distribuição ou gestão desiguais - muitas vezes há muita água onde há menos pessoas.

Di Bernardo et al. (2006), argumenta que a crise da água no Planeta gera diversas preocupações, tanto para políticos como para a sociedade. A discussão

sobre a escassez da água desperta interesses por parte da população, que busca por medidas que possam reverter essa situação. Porém com o desenvolvimento sem um planejamento ambiental adequado, fato esse preocupante, já que se sabe, que ainda há poucas regiões no mundo livre dos problemas da perda de fontes potenciais de água, da degradação da qualidade da água e da poluição das fontes superficiais e subterrâneas.

Torna-se fundamental a necessidade de se criar leis e regulamentos, fomentando ou até obrigando a adoção de medidas capazes de levar à otimização na utilização dos recursos hídricos, uma vez que a conservação da água depende de ir além de campanhas de conscientização, mas uma mudança de paradigma na cultura. Sendo necessário desenvolver ações educativas junto à comunidade que esclareçam sobre as maneiras de evitar o desperdício, as formas de economizar e as fontes alternativas de aproveitamento (ARAÚJO et al., 2008).

Conforme Fernandes et al. (2006), o aproveitamento da água da chuva consiste em utilizar essa água como fonte alternativa para fins não potáveis. A água da chuva também é uma fonte alternativa importante, principalmente nas regiões onde o regime pluviométrico é abundante e distribuído ao longo do ano.

Um sistema de aproveitamento de água da chuva, para ser completo e eficaz, deve apresentar área de captação (como telhado, laje ou piso), a condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), a unidade de tratamento e o reservatório de acumulação. Cabe salientar, que dependendo do fim a que essa água se destina, do nível de poluição atmosférica da cidade e dos resultados das análises, essa água não precisa de tratamento prévio, podendo ser adicionado ao sistema o reservatório de autolimpeza, o qual faz o descarte do volume inicial da água, que lava a área de captação (SANTOS, 2002).

No Brasil, os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis são fornecidos pela NBR 15527:2019. Esta norma se aplica a usos não potáveis, nos quais as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado, de acordo com a finalidade. Entre os usos não potáveis destacam-se as descargas em vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de pisos e pavimentos, espelhos d'água e usos industriais como torres de resfriamento.

2.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Conforme relata Herrmann et al. (2000), os sistemas de aproveitamento de água da chuva podem ser construídos a partir de objetivos distintos: suprimento da demanda de água para diferentes consumos com fins não potáveis, redução de inundações e recarga de lençóis freáticos. Desta forma, os sistemas devem estar adequados à sua finalidade, elaborados e executados de forma prática para que o funcionamento seja eficiente.

Estudos desenvolvidos em diversos países apresentam os benefícios de sistemas de aproveitamento de água da chuva tanto para a drenagem urbana como também os benefícios relativos à economia de água potável e energia.

Em Bochum, na Alemanha, o desempenho de diferentes concepções de sistemas de aproveitamento de água da chuva foi estudado por Herrmann et al. (2000), considerando o balanço hidrológico. A partir de estudo de caso em duas residências experimentais, uma unifamiliar e outra multifamiliar (edifício), foram realizadas simulações (dados de chuva de 10 anos), com diferentes áreas de telhado, para verificar o desempenho dos sistemas na redução do escoamento superficial para a drenagem urbana durante a ocorrência de chuvas intensas e a redução do consumo de água potável. Constatou-se que quanto maior o consumo de água da chuva, menor a intensidade do escoamento superficial. Quanto a drenagem urbana, verificou-se que o aproveitamento de água da chuva foi mais eficiente quando aplicado em edifícios multifamiliares e em distritos populosos, pois a área de cobertura por pessoa é menor, facilitando o consumo de toda a água armazenada.

Campisano et al. (2014), desenvolveu um estudo no Sul da Itália, que envolveu seis edificações experimentais, onde avaliou o potencial de sistemas de captação de águas da chuva baseadas em tanques como métodos de controle de fontes para mitigar picos de escoamento em áreas urbanas. Simulações de balanço hídrico mostraram que uma redução significativa do pico de vazão pode ser obtida com os tanques de água da chuva.

Os estádios de Tokyo, Fukuoka e Nagoya, no Japão, possuem grandes áreas de captação de água da chuva, que variam de 16.000 a 35.000 m² e reservatórios para armazenamento da água captada com capacidade entre 1.000 e 1.800 m³. Deste volume, em torno de 73% é captada e utilizada para finalidades não potáveis, como

rega de jardins e descarga de bacias sanitárias, representando 59% da água demandada nestes usos (ZAIKEN, 2000).

No Brasil, Silva et al. (2018) realizaram uma análise de viabilidade de investimentos de sistemas de aproveitamento de água da chuva em cinco cidades no estado de Santa Catarina. Foram obtidos dados de precipitação diária, consumo médio de água, custos de reservatórios, de equipamentos, tarifas de água, esgoto e energia elétrica para as cinco cidades. Ao realizar a análise econômica, os períodos de retorno calculados para todas as cidades indicaram que o aproveitamento de água da chuva seria viável na maioria dos casos, apontando que a principal limitação encontrada em relação a sua viabilidade seria o baixo consumo total na residência. Assim, concluíram que a viabilidade financeira depende diretamente do número de moradores e da demanda.

2.3 TÉCNICAS ADOTADAS HISTORICAMENTE PARA A CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIOS

A construção de cisternas para guardar água de chuva é natural e intuitiva e tem, por isso, praticada há milênios. Há registros de cisternas de mais de dois mil anos em regiões como a China e o deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia (GNADLINGER, 2000). Relatos bíblicos citam que mesmo antes da Idade do Bronze Final (2000-1500 a.C), as pessoas na Palestina habitavam apenas o vale do Jordão, onde a vida era sustentável devido à presença de água para o gado e a agricultura.

Conforme Reymond (1960), mais tarde os seres humanos povoaram em áreas áridas, fazendo cisternas para armazenar chuva ou cavar poços para conter água subterrânea. Devido à escassez de chuvas, esses poços e cisternas eram de vital importância para as pessoas de uma cidade ou vila. Dessa maneira, o poço era o ponto de encontro comum da aldeia, central para a vida social e econômica de uma comunidade.

De responsabilidade do rei em cavar e manter em bom estado o bem público para uma cidade, a fabricação de cisternas foi um desenvolvimento considerável que impulsionou o assentamento humano, especialmente em lugares onde córregos perenes e outras fontes de água não eram numerosos, confiáveis ou volumosos (REYMOND, 1960). As cisternas costumavam ser escavadas na rocha. Se a rocha era maciça e não tinha fendas, havia poucos problemas de vazamento, mas, na

porosa pedra calcária que cobria grande parte da Palestina, era necessário impermeabilizar as paredes internas com reboco. As cisternas escavadas em terra eram revestidas com tijolos ou com pedras, e então rebocadas para que tivessem paredes sólidas.

Num relato, Penido (2017), cita a Cisterna Basílica (Figura 01), também conhecida como "Palácio Submerso", uma das múltiplas cisternas que existem em Istambul – Turquia. Construída no ano 532, pelo imperador Romano Bizantino, Justiniano, cisterna subterrânea na cidade de Constantinopla, visando o abastecimento de água aos habitantes em caso de guerra.

Conforme Becattini (2016), a Cisterna Basílica era um grande tanque subterrâneo, com 143 metros de comprimento e 65 metros de largura, adornado com 336 colunas de mármore, de 9 metros de altura, que sustentam a estrutura, divididas em 12 fileiras de 28 colunas cada, sendo possível armazenar 80 mil metros cúbicos de água.

Figura 1: Cisterna da Basílica - Istambul, Turquia



Fonte: Julia Boechat (2016)

Hillel (1982), comenta do deserto de Negev, no sul de Israel, dominando cerca de 60% do território do país, estende-se em uma região semiárida onde, apesar da escassez de recursos hídricos e de solos férteis, surgem modernos centros urbanos e se desenvolve uma das mais avançadas agriculturas do mundo. Relata também que a principal fonte de recursos hídricos da região era a água da chuva, sendo que ao se povoar a região, tinham que encontrar alternativas para armazenar as águas da chuva para uso agrícola e doméstico e a resposta que encontraram foi a construção de inúmeras cisternas (Figura 02), ao longo do deserto de Negev, onde eram escavadas e revestidas com reboco impermeável.

Figura 2: Cisterna Bizantina - Negev, Israel



Fonte: Bellette (2016)

Guimarães et al. (2015), argumentam que os sistemas de captação e o aproveitamento das águas pluviais caracterizam-se por serem práticas milenares, adotadas por civilizações como Astecas, Maias e Incas.

Onde a água era escassa, essas civilizações construíram grandes reservatórios subterrâneos para armazenar a água da chuva. Uma força de trabalho foi organizada para construir e cuidar de um sistema de aproveitamento de água da chuva, formado por reservatórios, cisternas, açudes e canais destinados a condução da água aos campos agrícolas. Essas inovações fizeram aumentar a produção de alimento,

criando um excedente que levou ao incremento do comércio com os estados vizinhos e o subsequente crescimento da população.

2.4 TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS EM RESERVATÓRIOS

O avanço de novas tecnologias permitiu o desenvolvimento das técnicas de sistemas de aproveitamento de águas de chuva, bem como, a utilização de novos materiais e equipamentos, facilitando o surgimento de novas práticas que buscam melhorar a qualidade e eficiência destes sistemas. Para o uso humano, necessita-se de um reservatório seguro, fechado e escuro, pois a entrada de luz é indesejada, para que não haja vazamentos, evaporação, ou entrada de animais e materiais poluentes (OLIVEIRA et al., 2012).

Existem várias técnicas construtivas inovadoras para execução de reservatórios de sistemas de aproveitamento de águas de chuva utilizadas em vários países, pelo mundo inteiro e essas técnicas de aproveitamento de água da chuva serão discutidas nos tópicos a seguir, onde inicialmente serão descritos os reservatórios de madeira, em seguida os reservatórios em ardósia e por fim os reservatórios em aço.

2.4.1 Reservatórios em Madeira

Em um mundo cada vez mais ambientalmente consciente, os reservatórios em madeira são uma das opções sustentáveis para o armazenamento de água, além de serem, de baixo peso, se comparado com reservatórios de alvenaria e de concreto armado, e serem de fácil e rápida execução.

Conforme Calil et al. (2010), embora a madeira seja suscetível ao apodrecimento e ao ataque de insetos sob condições específicas, ela é um material muito durável quando utilizada com tecnologia, pois pode ser efetivamente protegida contra deterioração por período de 50 anos ou mais. Frisam também que a madeira tratada com preservativos requer pouca manutenção e pinturas.

Texas, nos Estados Unidos, os reservatórios de madeira são geralmente de pinho, cedro ou cipreste, envoltos em cabo de aço, revestidos com plástico. Para uso potável, recomendam um revestimento de qualidade alimentar, quando em contato com a água (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

Os reservatórios de madeira geralmente são tanques cilíndricos construídos com aduelas de madeira, moldadas e amarradas por anéis de aço e de acordo com Timbertanks (2009), as etapas construtivas para um reservatório de madeira são basicamente:

- fundações requerem um solo nivelado, resistente e compactado, para receber um anel de concreto para o “tanque”, desprezando assim o uso de laje de concreto;
- revestimento interno em Membrana geossintética amarrada nas bordas superiores do reservatório;
- cobertura pode ser de madeira estrutural, hermeticamente selado, a fim de proteger o revestimento e seu conteúdo contra a luz ultravioleta e a contaminação externa.

Quanto a resistência ao colapso no caso de terremoto, os reservatórios são projetados para suportarem atividades sísmicas. Em relação a resistência contra-ventos, se prevê um enchimento contínuo de 100 mm de profundidade de água restantes no tanque, que irão impedir qualquer deslizamento (TIMBERTANKS, 2009).

Na escola de Educação Básica Professor Mansueto Boff, situada na cidade de Concórdia/SC, foi desenvolvido um projeto de pesquisa a fim de buscar a sustentabilidade da escola, aproveitando a água da chuva em descargas de vasos sanitários e limpeza geral da escola. O projeto foi implantado (Figura 03), a partir da construção de um reservatório em madeira de pinus tratada, com um volume de 60 m³. Fornari (2013) relata houve uma economia de 7% a 55% de água tratada mensalmente após construção do reservatório de madeira.

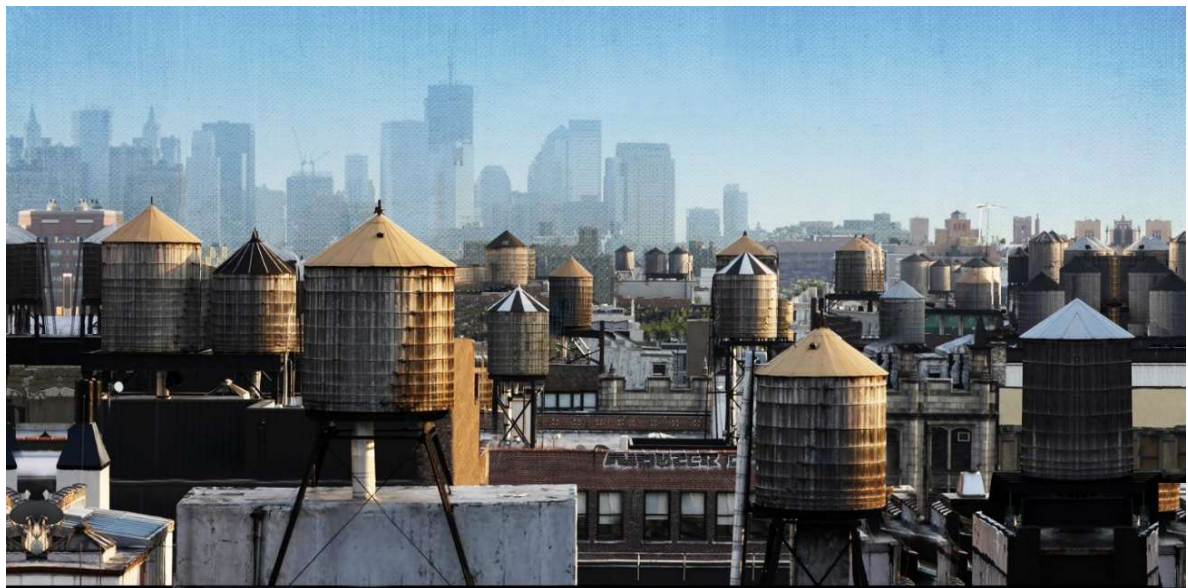
Figura 3: Reservatório de Madeira – Escola Prof. Mansueto Boff, Concórdia – SC



Fonte: Fornari (2013)

Nova York tem várias torres com reservatórios de água em madeira (Figura 04) e a maioria dos edifícios da cidade, com mais de seis andares, precisa de um reservatório de água e sistema de bombeamento para fornecer pressão de água adequada aos moradores (ANDRADE, 2019).

Figura 4: Tanques de Madeira em NYC



Fonte: Saraiva (2018)

Rosenwachtank (2018), justifica que a madeira para tanques de água é um material isolante que ajuda a controlar as temperaturas dentro de parâmetros críticos de processamento, não precisando de aquecimento para evitar o congelamento da água durante o inverno. Além disso, a perda de calor por condução através de paredes de tanques ou tubulações é consideravelmente menor para a madeira do que outros materiais.

2.4.2 Reservatórios em Ardósia

Conhecida comercialmente como ardósia, é uma pedra muito comum no Brasil, usada no mercado interno, mas também para exportação, sendo uma das suas principais características o baixo custo, principalmente por ser uma pedra encontrada com facilidade. No Brasil, o polo de extração fica em Minas Gerais, produzindo 90% da produção brasileira de ardósia (CHIODI, 2011).

Oliveira (2017) relata que a ardósia é um revestimento de alta qualidade e a um preço acessível, com baixa absorção de água, o que facilita a limpeza e dificulta o acúmulo de sujeira. Depois de beneficiada, podem ser comercializadas como: revestimentos de acabamentos (pisos, paredes, fachadas, muros), mosaicos, telhas, louças, bancadas de cozinha, pias, móveis, artesanato, dentre outros.

A tecnologia de construção em reservatórios em Ardósia no Brasil, foi descoberta pelo engenheiro Marcio Andrade, que utilizou a técnica pela primeira vez em uma cisterna de 10 m³ executada no município de Urupema (SC), em dezembro de 2007, conforme divulgado por Schweitzer e Andrade (2009). A pedra foi extraída de uma jazida no município de Trombudo Central, região do Alto Vale do Itajaí/SC e tratava-se de uma rocha homogênea, compacta e com granulação muito fina, da cor cinza-escura.

Lisboa (2011), realizou um estudo de reservatórios (Figura 05), construídos no Oeste Catarinense, com volumes de 50m³, 80m³ e 250m³, os quais foram executados com placas de ardósia armadas com cabos de aço, envoltos por uma camada protetora constituída por tela hexagonal de arame galvanizado, revestido por uma argamassa de cimento e areia média. Os reservatórios foram apoiados sobre uma laje de concreto armado e receberam um revestimento interno com geomembrana de PVC atóxica.

Figura 5: Montagem das placas de ardósia, armadura e argamassagem manual



Fonte: Lisboa (2011)

Bertolo (2006) ressalta que os reservatórios com parede de pedra têm a vantagem de manter a água que está no seu interior fria, e foi uma solução histórica adaptada nos locais onde existia pedra abundantemente disponível.

Também se encontram registros no Centro de Pesquisa Nacional de Flores Selvagens (National Wildflower Research Center), em Austin, nos Estados Unidos, no qual mantiveram a tradição da construção dos reservatórios em pedra (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005). Justificam que a solução tem a vantagem de os reservatórios serem projetados para combinar com construções adjacentes.

Bertolo (2006), recomenda que os procedimentos de construção deste tipo de reservatórios devem ser melhorados de forma a excluir componentes possivelmente tóxicos, tais como alguns tipos de material impermeabilizante, em especial se o sistema de aproveitamento da água da chuva for projetado para água potável.

2.4.3 Reservatórios em Aço

O material mais comum utilizado na fabricação de reservatórios de água da chuva na Austrália vem sendo em aço galvanizado (ENHEALTH, 2011). Sendo comumente construídos em escolas, indústrias, residências e na agricultura (RHINO TANKS, 2009).

Nos Estados Unidos, no Texas, os reservatórios em aço galvanizado foram desde cedo a opção predominante nos locais onde não havia pedra por perto, e continuam a ser uma opção frequente nos dias atuais (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005). Estes reservatórios distinguem-se pela sua

robustez, pelo seu peso relativamente baixo e pela facilidade de transporte, quando comparados com outros materiais, como o concreto armado.

Os reservatórios com chapa de aço galvanizado são constituídos por paredes laterais em chapa corrugada e calandrada. Estes reservatórios são apoiados sobre uma base de concreto armado ou areia compacta. A cobertura é levemente convexa, constituída por telhas e tesouras de aço galvanizado (LISBOA, 2011).

A Figura 06 apresenta etapas de construção de um reservatório feito de chapas de aço galvanizado, na Austrália.

Figura 6: Método construtivo do Reservatório em aço galvanizado



Fonte: Rhino (2009)

A corrosão do aço galvanizado pode ser um problema, quando exposto a condições ácidas. Este material não é por si só resistente à corrosão, mas existem reservatórios de aço galvanizado disponíveis no mercado com revestimentos interiores que os protegem contra este problema (mantas geossintéticas), além de tratamentos específicos de galvanização e zincagem.

2.5 VIABILIDADE TÉCNICA

No Brasil, a indústria da construção civil passou por um período de queda em 2018, porém atualmente passa por um momento de expansão, de desenvolvimento, sendo necessário o uso de tecnologias cada vez mais eficazes, que possibilitem menos tempo de execução, menor custo e, ao mesmo tempo, ofereçam segurança e qualidade (BENDLIN, KNOBLAUCH, FANTIN, 2020).

O estudo de viabilidade técnica proporciona a definição da exequibilidade da obra. Ele faz a consideração de alternativas de métodos construtivos mais adequados diante das condições geográficas, técnicas e humanas presentes.

A viabilidade de um projeto está diretamente relacionada à economia, daí a importância de pesquisas por técnicas que ofereçam eficiência no processo construtivo. Para viabilizar a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, precisa-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Melhado et al. (1995) relata que o desenvolvimento tecnológico subsidia o trabalho do projetista, tornando-o produtivo e eficaz com uma metodologia de detalhamento e o uso de informação técnica vinculada a sistemas construtivos inovadores, a partir de um conjunto de informações essenciais, critérios e restrições próprias do sistema, capazes de orientar a concepção e detalhamento do projeto com base nos requisitos da tecnologia escolhida.

2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Diante do atual cenário econômico brasileiro que vem sendo enfrentado, deparamos com a necessidade de redução de gastos, já em contrapartida, a qualidade dos serviços e produtos oferecidos deve ser preservada. Conseqüentemente mediante tais exigências, tornou-se fundamental a busca por métodos construtivos diferenciados, novos materiais e inovação tecnológica, garantindo sempre a qualidade do produto final oferecido (DELVINO, 2016).

A análise econômico-financeira de investimentos é uma das mais importantes análises realizadas antes da fase de execução de um projeto. Para Gitman (2001) na

análise de qualquer projeto se faz necessário uma abordagem de viabilidade econômico-financeira e esta tem como foco verificar a capacidade do projeto de investimento em dar retorno positivo e maximizado ao investidor.

Para se fazer uma análise de viabilidade econômica, um projeto bem desenvolvido é fundamental, porém mais relevante e imprescindível será a elaboração do orçamento, no qual quantificará todos os custos relacionados a execução da obra. Se tratando de ser Obra Pública, maior deverá ser o desempenho e a responsabilidade, pois um orçamento público obedece a Leis e Decretos, e nestes, definem os limites legais para um aditivo de valor, decorrentes de falhas ou omissões em projetos e orçamentos (GALAVOTI, 2018).

Desta forma, Castro (2013) afirma que para o profissional que está elaborando um orçamento, adotar tabelas com custos referenciais (Sinapi), lhe garante maior segurança na cotação, porém, o mesmo deverá se acerrar de que os quantitativos levantados, estejam também compatíveis ao projeto.

O Sinapi se justifica, pela padronização e sua gestão é compartilhada entre a Caixa Econômica Federal e o IBGE, divulgando mensalmente custos e índices da construção civil, em atendimento a Lei de Diretrizes Orçamentárias (CASTRO, 2013).

2.7 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS

No Brasil, recentemente foi revisada a NBR 15527/2007, passando a ser NBR 15527/2019, da qual especifica os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. Esta norma se aplica a usos nos quais as águas de chuva podem ser utilizadas para descargas em vasos sanitários e mictórios, irrigação para fins paisagísticos, lavagem de veículos e pisos e uso ornamental. Cabe lembrar que complementar a NBR 15527/2007, constituem requisitos a NBR 5626:1998 - Instalação predial de água fria e a NBR 10844:1989, Instalações prediais de águas pluviais.

Santana et al. (2017) comentam da ausência de incentivos fiscais e econômicos para subsidiar tecnologias em sistemas de aproveitamento da água da chuva, porém o poder legislativo e os órgãos públicos (federais, estaduais e municipais) vêm apresentando uma série de leis e resoluções que estimulam, direta ou indiretamente, o aproveitamento de águas pluviais em edificações.

Em Santa Catarina, o Decreto nº 099, de 1º de março de 2007, obriga todas as obras públicas ou privadas, financiadas ou incentivadas pelo Governo do Estado de Santa Catarina, a implantar sistema de captação ou retenção de águas pluviais.

Outros estados já instituíram legislações sobre a coleta da água da chuva com o objetivo de além de controlar enchentes, conservar a água e fazer o uso racional da mesma. Podemos citar (Tabela 1) as maiores cidades brasileiras que já possuem legislação pertinente ao aproveitamento de água da chuva:

Tabela 1 - Legislações em cidades brasileiras

Lei	Cidade	Estado	Observação
nº 3429/1999	Itajaí	SC	
nº 10785/2003	Curitiba	PR	
nº 14401/2001	Viçosa	MG	
nº 5935/2002	Blumenau	SC	
nº 1085/2002	Palmas	TO	
nº 16759/2002	Recife	PE	
nº 13309/2002	São Paulo	SP	
nº 13276/2002	São Paulo	SP	“Lei das Piscininhas”
nº 6345/2003 nº 6339/2003 nº 6076/2003	Maringá	PR	
Lei complementar nº 110/2003	Passo Fundo	RS	
nº 10785/2003	Curitiba	PR	
Decreto nº 44128/2003 e nº 41814/2002	São Paulo	SP	
Lei nº 14.018/2005	São Paulo	SP	Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações

Fonte: elaborada pela autora

Mediante a preocupação com enchentes urbanas, diversas cidades apresentam leis que obrigam a retenção de parte da precipitação no terreno, através da construção de reservatório de armazenamento dessa água, diminuindo o volume de água pluvial jogado na rede de drenagem urbana (SAMPAIO, 2013).

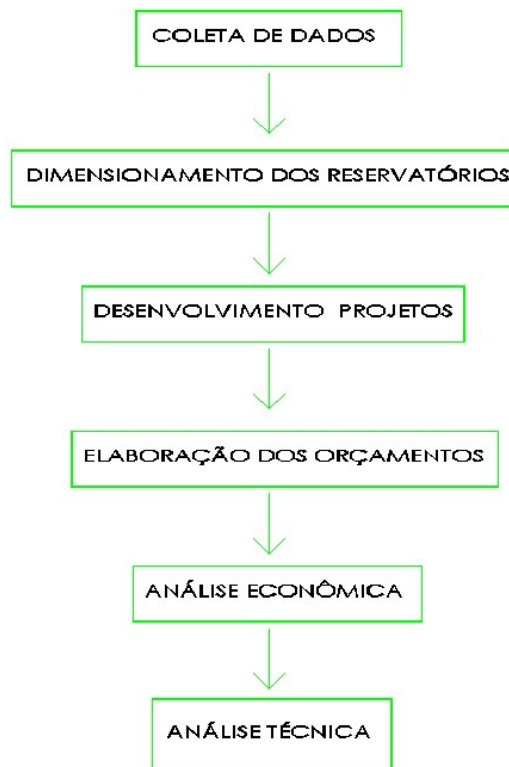
Conforme a Lei Complementar nº 615/2011, da qual trata do Código de Obras e Edificações do Município de Concórdia/SC, destaca o controle de cheias e alagamentos, tornando obrigatória a implantação de cisternas ou reservatórios de acumulação/ retenção em novas edificações e ampliações. Independente do uso e localização, com área total construída superior a 150,00m², se fazendo também obrigatório em novos empreendimentos que impermeabilizem área superior a 1.000,00m².

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para a realização desta dissertação, sendo que ela foi dividida em seis etapas. Para melhor entendimento, as etapas da pesquisa estão apresentadas na Figura 7.

1. Levando em consideração que esse trabalho estuda a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma edificação escolar pública já existente, inicialmente foi buscado conhecer o local do estudo realizando visitas, na busca de dados como área de captação, material do telhado, a demanda por água, e como seria o sistema a ser implantado, a coleta e armazenamento necessário da água da chuva.
2. Após os dados coletados, foi realizado o dimensionamento dos reservatórios através do cálculo de disponibilidade da água da chuva e da demanda não potável da edificação.
3. Sabendo o volume necessário para atender o sistema em estudo, foram desenvolvidos três projetos executivos para cada tecnologia construtiva dos reservatórios cilíndricos, sobre o solo, em diferentes materiais alternativos: madeira, placas de ardósia e chapas de aço galvanizado.
4. Após o desenvolvimento dos projetos foi possível quantificar os materiais e serviços e elaborar os orçamentos dos mesmos.
5. A partir dos custos levantados, realizou-se a análise econômica através de indicadores econômicos, demonstrando qual projeto será mais economicamente atrativo.
6. E por último, foi realizada uma análise técnica através da comparação entre as técnicas construtivas desenvolvidas entre os reservatórios propostos.

Figura 7: Etapas da pesquisa



Fonte: elaborado pela autora

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

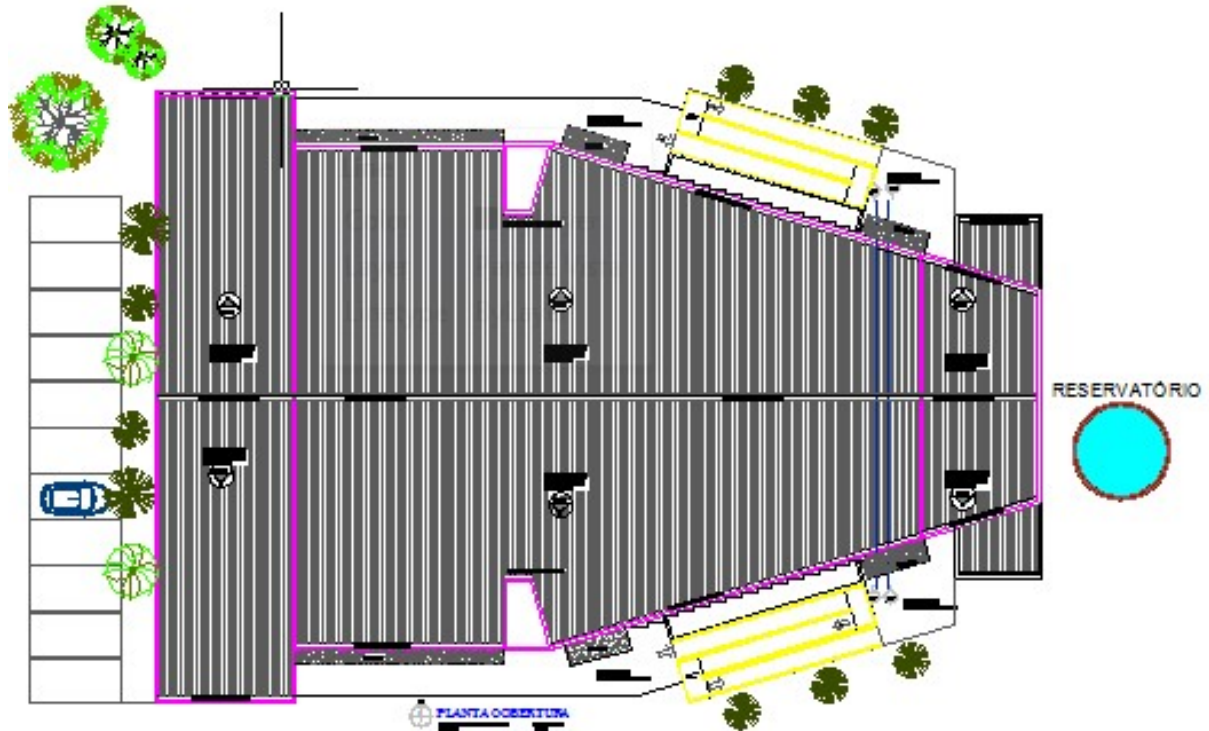
O local a ser implantado o sistema de aproveitamento da água da chuva será no Instituto Federal Catarinense, localizado em Concórdia, no Oeste de Santa Catarina, no quilômetro 17 da rodovia SC 283. É uma instituição de ensino que oferece educação de nível básico, técnico e superior em diferentes modalidades e áreas do conhecimento.

O objeto de estudo desta pesquisa é o Auditório Central, com a finalidade de promover eventos, com capacidade de lotação para 645 pessoas, dispostos no auditório principal (485 lugares) e mais dois mini-auditórios (80 lugares cada). A edificação contempla outros ambientes como camarins, palco, banheiro feminino e masculino, numa área construída de 1.181,26m².

A cobertura da edificação onde será coletada a água da chuva dispõe de uma área de 1.152,90m² e o reservatório de armazenamento em estudo será executado

nos fundos da edificação (Figura 8), e a água aproveitada será para a demanda da própria edificação, bem como, para jardins dos arredores da mesma.

Figura 8: Cobertura da edificação e Local de implantação do reservatório



Fonte: Garden (2012)

3.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

3.2.1 Disponibilidade de água da chuva para captação

De acordo com a NBR 15527:2019, o volume de captação de água de chuva depende da precipitação, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como, da eficiência do sistema de captação, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

V = Volume de captação anual, mensal ou diário de água de chuva (m³);

P = Precipitação média anual, mensal ou diária (m);

A = Área de coleta (m²);

C = Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (adimensional).

η = Fator de captação, que é a eficiência do sistema de captação, levando em conta dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial.

A precipitação foi obtida através da média anual da região de Concórdia, sendo de 2.029,09mm, referente aos últimos 10 anos (2009-2019), fornecidos pela Estação Agrometeorológica da Embrapa Aves e Suínos – Concórdia (EMBRAPA, 2019)

A área de coleta da água da chuva foi calculada através da cobertura da edificação da qual dispõe de uma área de 1.152,90m².

O coeficiente de escoamento superficial da cobertura foi obtido observando-se que nem todo volume de água de chuva precipitado é aproveitado, devido às perdas provocadas pela evaporação e infiltração, para tanto, este coeficiente varia com a inclinação do telhado e com o material da superfície de captação. De acordo com May (2004), a qual define um valor de C entre 0,7 e 0,95 para telhados metálicos, adotou-se um coeficiente C = 0,80 (relação existente entre o volume escoado e o volume precipitado). Para o Fator de Captação a norma recomenda o fator de 0,85, sendo este utilizado.

A partir dos dados levantados acima, foi possível encontrar o volume disponível de 132,56m³/mês de água da chuva.

3.2.2. Demanda de Água da Edificação

A demanda de água não potável necessária para o dimensionamento de reservatório, foi estimada a partir do consumo diário de água não potável por usuário, e do número total de usuários da edificação em estudo.

Como a edificação em estudo é um espaço destinado para a realização de reuniões, seminários, congressos, semanas acadêmicas, formaturas, entre tantas outras atividades de caráter técnico, social, cultural e pedagógico, cabendo ressaltar que o Campus também mantém parcerias com muitas empresas e instituições para a realização de eventos diversos. Para tanto, ao levantar o consumo de água, apesar de a NBR 13969;1997 indicar a adoção de 2 litros de água por lugar (assento) para edificações como teatros e cinemas, o auditório por ser habitualmente utilizado para mais de um turno, eleva assim o consumo de água em banheiros, que é onde a água da chuva será reaproveitada.

Neste contexto, o consumo diário de água por usuário (U) foi levantado através da quantidade de água (6 litros/descarga) para a descarga das bacias sanitárias (d) com caixas acopladas de 6 litros, sendo considerado que o auditório terá lotação máxima no seu espaço. Para a rega de jardins da qual a edificação dispõe de uma área de 550,00m² (J) próxima ao reservatório de armazenamento, conforme Tomaz (2009), foi levantado o consumo diário de 2 litros por m² (c) de área de jardim.

Desta maneira, foi determinada a demanda total da edificação, a partir da Equação 2:

$$D_{diária} = U \times d + J \times c \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

D *diária* = demanda diária água não potável (m³);
 U = número de usuários;
 d = volume de descargas sanitárias (litros)
 J = Área de jardim (m²);
 c = consumo por m² de jardim (litros).

Aplicando-se a Equação 2, temos:

$$D_{diária} = 645 \times 6 + 550 \times 2$$

$$D_{diária} = 4,97 \text{ m}^3$$

Para o cálculo do consumo mensal, foi considerado que não terá eventos todos os dias do mês, e também haverá dias de chuva em que não serão regados os jardins, portanto, foi considerado um ciclo de demanda de água com 20 dias. Resultando em uma necessidade de armazenamento mensal de 99,4m³ de água, e conseqüentemente o reservatório de armazenamento foi dimensionado para armazenar 100m³/mês de água da chuva, adotando as dimensões úteis de diâmetro de 7,0m x 2,6m de altura.

3.3. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O projeto do sistema de aproveitamento de água da chuva foi desenvolvido em sua forma completa, desde a captação das águas até o seu aproveitamento nos

sanitários e jardins. Isso se deu pela necessidade do custo global do investimento para a análise econômica.

3.3.1 Descrição do Sistema

O projeto consiste na captação e aproveitamento das águas de chuva que caem no telhado do Auditório Central no Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia.

O telhado é constituído por duas águas simétricas, telhas de aço zincado, e possui uma área de 1,152,90m². A água de chuva que cair sobre esta área de captação será direcionada até as calhas, e posteriormente para os coletores verticais e horizontais, seguindo para um reservatório de armazenamento de água de chuva, apoiado no terreno, localizado aos fundos do auditório.

Antes da entrada no reservatório, a água deverá passar por um dispositivo de descarte de sólidos e posteriormente por um dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas.

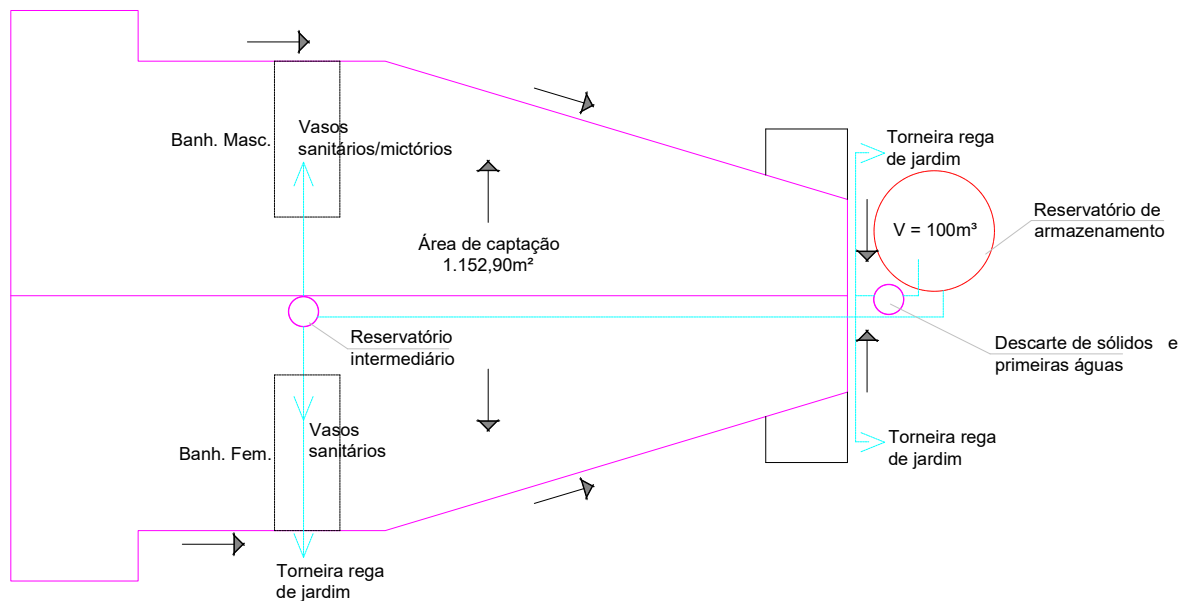
A água armazenada no reservatório principal será uma parte encaminhada a um reservatório intermediário, instalado acima dos banheiros masculinos e femininos da edificação, sendo que este reservatório será alimentado através de bombeamento. O reservatório intermediário irá abastecer os vasos sanitários e mictórios dos banheiros do auditório.

Do reservatório armazenador também serão alimentadas as torneiras externas, utilizadas para irrigação dos jardins.

Será necessário o uso de uma bomba centrífuga de 1/6 cv para levar a água do reservatório principal até o reservatório intermediário. Para o abastecimento das torneiras externas não será preciso bombeamento, estas serão alimentadas pelo reservatório intermediário localizado em uma cota acima das mesmas.

Na Figura 9 é apresentado o croqui do sistema de aproveitamento da água de chuva.

Figura 9: Croqui do sistema de captação de água de chuva (vista em planta)



Fonte: elaborado pela autora

3.3.2 Componentes do sistema

Faz necessário compor o sistema de aproveitamento de água de chuva os seguintes componentes: reservatórios, calhas e condutores, dispositivo de descarte de materiais sólidos, dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas, rede de tubulações de distribuição de água e tubos e conexões.

3.3.2.1 Reservatórios de Água de Chuva

Serão previstos dois reservatórios no sistema, sendo um reservatório principal e outro reservatório intermediário.

3.3.2.1.1 Reservatório Principal de Água da Chuva

O reservatório armazenador de água da chuva destaca-se sendo o principal e maior elemento do sistema, e a partir dele a água armazenada será destinada ao reservatório intermediário. Este foi projetado prevendo que a entrada da água será previamente filtrada, também fará parte do reservatório: um freio d'água, um

extravasor de sobrenadante, um conjunto flutuante de sucção, uma entrada de visita e a bomba de recalque.

O conjunto flutuante de sucção será composto de uma boia eletromecânica e uma mangueira. A boia será conectada à bomba responsável pelo recalque da água até o reservatório intermediário e não havendo água suficiente no reservatório principal, a boia tem a função de desligar a bomba para que esta não trabalhe no seco, evitando danos a mesma.

No interior do reservatório principal, haverá um revestimento com membrana geossintética atóxica em PEAD (mesmo a água sendo para uso não potável), em contato direto com a água armazenada, conforme orienta Bertolo (2006), independente do material das paredes deste reservatório.

O reservatório estará a uma distância de 1,5 m da parede dos fundos do auditório e deverá ser instalado sobre o terreno limpo, livre da camada vegetal e sua base deve ser levemente côncava, proporcionando uma melhor conformação da água dentro do mesmo.

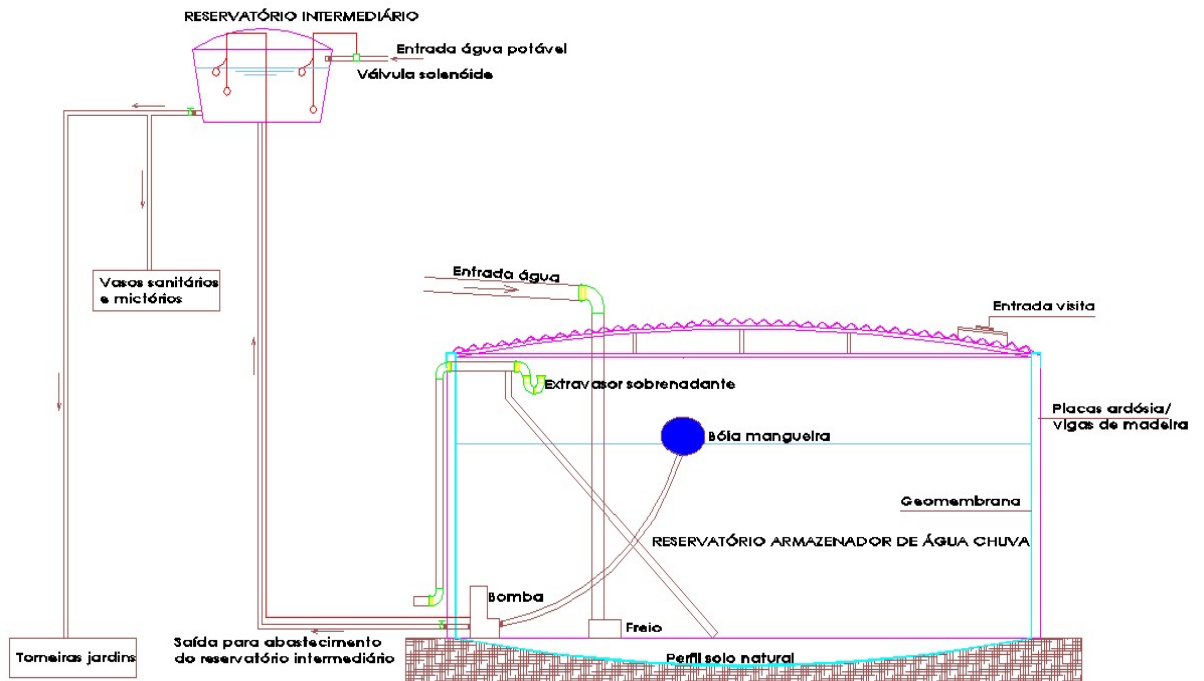
3.3.2.1.2 Reservatório Intermediário

O reservatório intermediário irá abastecer os banheiros do auditório e torneiras externas, será de fibra de vidro, com capacidade de 1500 litros e estará localizado sobre a laje de cobertura dos banheiros do auditório e abaixo do telhado, num pé direito de 5,10m. O recalque da água será feito por meio de uma bomba centrífuga 1/6 CV.

No interior do reservatório haverá duas boias eletromecânicas, uma ligada à bomba, e outra a uma válvula solenoide. Aquela ligada a bomba irá interromper o seu funcionamento caso a água atinja o seu nível máximo. A bomba voltará a funcionar quando a água atingir o seu nível mínimo, ou seja, toda vez que seja acionada pela boia eletromecânica. Caso não haja água para se fazer o recalque (reservatório principal vazio), o nível da água no reservatório elevado continuará descendo até atingir o nível mínimo detectado pela outra boia, a qual, por sua vez, irá abrir a válvula solenoide, fazendo entrar a água potável distribuída pela CASAN.

A Figura 10 apresenta o croqui dos reservatórios interligados entre si.

Figura 10: Croqui dos reservatórios interligados entre si



Fonte: elaborado pela autora

3.3.2.2 Calhas e Condutores

Por ser uma edificação existente, as calhas já estão executadas, com seção semi-circular em aço galvanizado, as mesmas encontram-se embutidas nas platibandas, dispostas nos dois lados do telhado, instaladas com declividade de 1%. Os condutores verticais terão seção circular, e serão instalados 5 em cada lado do auditório, devido a cobertura apresentar duas águas simétricas, totalizando 10 condutores verticais. Cabe ressaltar os condutores verticais serão instalados externamente ao longo da platibanda.

Com relação aos condutores horizontais, serão instalados 4 condutores no sistema, com declividade de 2%, sendo que estes também terão seção circular.

3.3.2.3 Dispositivo de Descarte de Materiais Sólidos

Após passar pela área de captação, calhas e condutores, a água de chuva será encaminhada a um dispositivo de descarte de materiais sólidos e resíduos, ou seja, um filtro separador de sólidos para água de chuva, e devido à ampla área de captação, será adotado dispositivo para uso industrial.

Este filtro deverá ser instalado antes do reservatório principal, e a água conduzida das calhas até o filtro será freada na bacia de retenção superior do mesmo e direcionada a descer nas duas cascatas laterais. A filtragem funciona em dois estágios, primeiro por cascatas que eliminam os sólidos maiores, em seguida por uma malha em aço inox, e por gravidade a água cai no fundo do filtro, sendo por fim direcionada para a saída que leva ao reservatório. Por ser auto-limpante, os sólidos retidos são descartados no fundo do filtro e juntamente com um pouco de água serão encaminhados a drenagem pluvial.

Para sua total eficácia no descarte, esse filtro deverá possuir duas entradas de água bruta nas laterais superiores de 250 mm, uma saída de água filtrada na parte inferior de 200 mm e uma saída de 250 mm para descarte dos sólidos retidos pelo filtro.

3.3.2.4 Dispositivo de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas

Após passar pelo dispositivo de descarte de materiais sólidos, a água de chuva será encaminhada ao dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas, tendo este a função de desviar o primeiro milímetro de água da chuva que cai no telhado, contendo impurezas adquiridas ao longo da passagem pela atmosfera e ao entrar em contato a superfície do telhado. O dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas será um reservatório em fibra de vidro e para o dimensionamento deste dispositivo, foi utilizado o parâmetro de Andrade Neto (2003), citado por Fernandes et al. (2006), o qual defende a retenção de um litro de água da chuva para cada metro quadrado de superfície, desta forma, o reservatório deverá ter a capacidade de armazenar 1500 litros de água da chuva. Quando o reservatório estiver cheio, a boia deverá travar o condutor vertical, encaminhando a água da chuva para o reservatório armazenador.

3.3.2.5 Rede de Tubulações de Distribuição de Água

Deverá existir três redes de tubulações de distribuição de água, sendo uma constituída por uma tubulação de 32mm, conectada à saída do reservatório armazenador de água de chuva e à entrada do reservatório intermediário. A partir do reservatório intermediário duas redes de tubulações de 32mm, distintas, deverão se encaminharem até os pontos de descidas para as descargas dos vasos sanitários do banheiro feminino e para as descargas dos vasos sanitários e mictórios do banheiro masculino.

Da mesma rede que alimenta o banheiro feminino, terá uma ramificação de tubulação de 25mm, seguindo em direção as torneiras externas. Também haverá uma tubulação de ligação entre a caixa d'água existente para consumo potável do auditório e o reservatório intermediário, com uma válvula solenoide entre eles. O reservatório intermediário deverá contar com uma boia com sensores de nível, desta forma, quando o nível da água da chuva atingir o seu volume mínimo, a boia será acionada, abrindo a válvula solenoide, permitindo a entrada de água potável no reservatório intermediário, a qual irá percorrer as mesmas tubulações da água da chuva, abastecendo os usos não potáveis.

3.3.2.6 Tubos e Conexões

Serão necessários tubos e conexões da linha esgoto série normal e da linha água fria, além disso, deverão ser utilizadas válvulas solenoides, boias eletromecânicas, e bomba centrífuga submersível com uma saída para o conjunto filtro boia.

3.4 RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO EM MATERIAIS ALTERNATIVOS

Foram estudados três tipos de materiais alternativos para este reservatório: placas de ardósia, vigas de madeira e chapas de aço galvanizado.

Todas as especificações dos reservatórios foram adotadas a partir de visitas técnicas em locais onde esses materiais já foram adotados, com base em sistemas piloto de aproveitamento de água da chuva implantados no Oeste Catarinense,

iniciados no ano de 2008 e finalizado em 2011. Cabe ressaltar que esses sistemas piloto foram coordenados e acompanhados pelo pesquisador da UFSC, Engenheiro Civil Marcio Andrade.

A escolha pelo material em placas de ardósia (folhelhos ardosianos), foi devido a esta pedra ser muito comum no Brasil, encontrado em Trombudo Central, região central de Santa Catarina, também devido a facilidade na execução, satisfatórias propriedades físico-mecânicas. A tecnologia de construção de reservatórios de ardósia foi desenvolvida pelo Eng. Marcio Andrade, que utilizou esta técnica pela primeira vez em uma cisterna de 10 m³ executada no Município de Urupema-SC, em dezembro de 2007, conforme divulgado em Schweitzer & Andrade (2009).

A madeira escolhida foi definida sendo da espécie *Pinus Eliotis*, por ser uma opção sustentável, devido ser de floresta plantada, de baixo peso, simplicidade na construção, esta madeira é facilmente encontrada nas madeiras da região Oeste Catarinense.

O material aço galvanizado foi escolhido por ser facilmente encontrado em reservatórios próprios para armazenarem grandes volumes de água, sendo indicados para consumo de irrigação, além da predominância de funilarias na região do Oeste Catarinense. Por trabalharem com chapas de aço galvanizado na fabricação de silos, e ser facilmente adaptados para reservatórios de água, as funilarias podem ser potenciais fabricantes desta tecnologia, o que pode viabilizar tecnicamente e economicamente este modelo de reservatório na região de estudo.

3.4.1 Reservatório de Ardósia

Apoiado diretamente sobre o solo, cilíndrico, propõe-se nesse trabalho a execução com placas de ardósia, dispendo das dimensões de 300 x 50 x 10 cm, com ângulo de chanfro de 4,09 °. Entre as placas serão encaixadas cavilhas em polipropileno, engastadas 8cm dentro da placa de ardósia, fixadas com selante a base de poliuretano, com a finalidade destas cavilhas estarem reforçando a união entre as placas.

Para a sustentação das placas, barras de aço em forma de anéis serão colocadas ao redor das mesmas, sendo barras de aço SAE 1020, com $\phi = \frac{3}{4}$ " (19,05

mm), calandradas, com rosca UNC usinada com 12 cm nas extremidades, e recoberta (encapada) com mangueira de PVC (para proteger o aço das intempéries).

As barras de aço serão tracionadas com esticadores fefo para barra de aço $\phi = \frac{3}{4}$ " e estes receberão na sua fabricação uma pintura a base de epóxi. Para garantir o distanciamento e posicionamento das barras de aço, serão colocados gabaritos de madeira com dimensões 0,06 x 0,06 x 3,00m, nos quais as barras de aço irão transpassar por eles, proporcionando melhor comportamento estrutural.

O revestimento interno do reservatório será de membrana geossintética PEAD com espessura de 0,80 mm, com fundo do reservatório abalado, para uma melhor conformação do volume interno e do revestimento.

Entre as placas de ardósia será utilizado um selador a base de poliuretano, material indicado para juntas de expansão em geral, inclusive para materiais de construção como pedras naturais.

A cobertura do reservatório será com telhas de aço galvanizado ondulado de 0,43mm, sobre uma estrutura metálica galvanizada composta por treliças parafusadas, sem solda, com contraventamento e executadas com perfis espessura de 2,25mm, em chapa de aço galvanizado, dobrada em forma de "L", nas dimensões de 30 x 30mm. Na cobertura está prevista uma entrada de visita, no formato retangular de 60 x 60 cm.

As principais dimensões deste reservatório de ardósia são apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 - Principais dimensões do reservatório de ardósia

Descrição	Quantid.	Unidade
Volume útil nominal do reservatório	100	m ³
Altura do reservatório (e comprimento da placa de ardósia)	3,00	m
Diâmetro interno do reservatório	7,00	m
Diâmetro externo do reservatório	7,20	m
Largura preferencial da placa de ardósia	50	cm
Espessura da placa de ardósia	10	cm
Gabaritos para guia dos anéis em madeira com 300 x 6 x 6 cm para sustentação das barras de aço	6	un
Ângulo do chanfro	4,09	°
Número de placas de ardósia	44	un

Fonte: elaborado pela autora

A Tabela 3 descreve informações sobre a armadura utilizada envolto do reservatório de ardósia.

Tabela 3 - Armadura do reservatório de ardósia com capacidade para 100 m³

Descrição	Quantidade	Unidade
Número de anéis calandrados, composto por barras rosqueadas nas extremidades e encapadas com revestimento de mangueira de PVC.	10	un
Número de barras de aço para construção mecânica SAE 1020 com $\phi = \frac{3}{4}$ " (19,05 mm)	40	un
Número de esticadores fefo com pintura a base de époxi	40	un
Comprimento comercial da barra de aço 1020 a ser cortada e usinada	6,00	m
Comprimento útil da barra de aço 1020	5,46	m
Comprimento da Barra (incluindo roscas)	5,70	m
Barras por anel	4	un
Comprimento de Rosca UNC	0,12	m
Parte sem rosca que fica no interior do esticador	0,08	m
Porcas ZB de aço galvanizado proporcionais a barra de $\phi = \frac{3}{4}$ "	80	un
Arruelas ZB de aço galvanizado proporcionais a barra de $\phi = \frac{3}{4}$ "	160	un

Fonte: elaborado pela autora

3.4.2 Reservatório de Madeira

Este reservatório será cilíndrico apoiado diretamente sobre o solo, executado com vigas de madeira de reflorestamento, da espécie *pinus eliotis*, tratado em autoclave com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA). As vigas de madeira serão executadas nas dimensões 0,15 x 0,05 x 3,00 m, devem ser consolidadas num anel de base, escavado no solo, a fim de tomarem a forma circular.

Entre as vigas serão encaixadas cavilhas em madeira, engastadas 8cm dentro da viga de madeira, com a finalidade de estarem reforçando a união entre as vigas.

Para a sustentação das vigas com os anéis em barras de aço e para a cobertura do reservatório, serão adotadas as mesmas especificações do reservatório em ardósia.

O revestimento interno do reservatório será de membrana geossintética PEAD com espessura de 0,80mm. O fundo do reservatório é abalado e uma faixa de membrana com 1,00 m de largura é utilizada para encapar a base das vigas de madeira, protegendo do contato direto com o solo.

As principais dimensões deste reservatório de vigas de madeira são apresentadas na Tabela 4:

Tabela 4 - Principais dimensões do reservatório e das vigas de madeira

Descrição	Quantid.	Unidade
Volume útil nominal do reservatório	100	m ³
Altura do reservatório (e comprimento da viga de madeira)	3,00	m
Diâmetro interno do reservatório	7,00	m
Diâmetro externo do reservatório	7,10	m
Largura preferencial da viga de madeira	15	cm
Espessura da viga de madeira	5	cm
Gabaritos para guia dos anéis em madeira com 300 x 6 x 6 cm para sustentação das barras de aço	6	un
Ângulo do chanfro	1,22	°
Número de vigas de madeira	147	un

Fonte: elaborado pela autora

As vigas de madeira pinus além de tratadas em autoclave deverão ser lixadas e protegidas com selador e com acabamento esmalte sintético incolor (verniz), com duas demãos após sua montagem, a fim de aumentar a vida útil da madeira.

A Tabela 5 descreve informações sobre a armadura utilizada envolto do reservatório de madeira.

Tabela 5 - Armadura do reservatório de madeira com capacidade para 100 m³

Descrição	Quantidade	Unidade
Número de anéis calandrados, composto por barras rosqueadas nas extremidades e encapadas com revestimento de mangueira de PVC.	08	un
Número de barras de aço para construção mecânica SAE 1020 com $\phi = \frac{3}{4}$ " (19,05 mm)	32	un
Número de esticadores fefo com pintura a base de époxi	32	un
Comprimento comercial da barra de aço 1020 a ser cortada e usinada	6,00	m
Comprimento útil da barra de aço 1020	5,46	m
Comprimento da Barra (incluindo roscas)	5,70	m
Barras por anel	4	un
Comprimento de Rosca UNC	0,12	m
Parte sem rosca que fica no interior do esticador	0,08	m
Porcas ZB de aço galvanizado proporcionais a barra de $\phi = \frac{3}{4}$ "	64	un
Arruelas ZB de aço galvanizado proporcionais a barra de $\phi = \frac{3}{4}$ "	128	un

Fonte: elaborado pela autora

Como podemos perceber na tabela acima, no reservatório de madeira serão utilizados 8 anéis de barras de aço em torno do reservatório, sendo que no de ardósia, serão utilizados 10 anéis para garantir o enrijecimento da estrutura, isso devido ao peso das placas de ardósia serem bem maiores em comparação a madeira.

3.4.3 Reservatório de Aço Galvanizado

Este reservatório cilíndrico apoiado diretamente sobre o solo será constituído por paredes de chapas de aço galvanizado onduladas parafusadas, zincadas, que deverão ser montadas com layout centro/borda desalinhadas (escalonados). Para facilitar a montagem e dar rigidez nas conexões parafusadas se faz necessário a utilização de chapa 1,95 mm de espessura no anel base. Os demais anéis podem utilizar chapa mais fina, sendo 1,50 mm no intermediário e 1,25 mm no superior.

Durante a montagem sugere-se verificar a ovalidade do reservatório e corrigir, apertando alguns parafusos para manter uma rigidez mínima. Somente deverão ser apertados todos os parafusos quando o tanque estiver perfeitamente circular.

As chapas de aço devem ser transpassadas em pelo menos 150 mm no sentido da circunferência fazendo duas linhas verticais com 14 furos cada. Os parafusos que serão utilizados são arredondados zincados branco 8 x 20 mm, respeitando a distância entre os furos de no mínimo 50 mm, mantendo também 50 mm para cada borda da chapa.

Cabe ressaltar a necessidade de nas emendas horizontais entre chapas, transpassar uma ondulação, em torno de 120mm e fazer uma linha de parafusos 8 x 20 mm a cada 15 cm.

O revestimento interno do reservatório será de membrana geossintética PEAD com espessura de 0,80mm. O fundo do reservatório é abalado.

As principais dimensões deste reservatório de aço galvanizado são apresentadas na Tabela 6:

Tabela 6 - Reservatório em chapas de aço galvanizado parafusadas com capacidade para 100 m³

Descrição	Quantid.	Unidade
Volume útil nominal do reservatório	100	m ³
Altura do reservatório	3,00	m
Diâmetro interno do reservatório	7,00	m
Chapa aço galvanizado ondulada zincada com 2000 x 1000x 1,95mm	13	un
Chapa aço galvanizado ondulada zincada com 2000 x 1000x 1,50mm	13	un
Chapa aço galvanizado ondulada zincada com 2000 x 1000x 1,25mm	13	un

Fonte: elaborado pela autora

3.5 ELABORAÇÃO DE PROJETO

Foi desenvolvido um projeto executivo para cada tecnologia construtiva dos reservatórios cilíndricos (APÊNDICE A, APÊNDICE B E APÊNDICE C), sobre o solo, em diferentes materiais, placas de ardósia, madeira e chapas de aço galvanizado. Nestes projetos foi inserido todo o detalhamento construtivo necessário para a efetiva execução dos reservatórios, inserindo-se desde dimensões dos componentes do sistema até o tipo de material a ser aplicado em cada item.

Tal detalhamento foi importante pelo fato de que estes projetos serviram de base para o levantamento quantitativo e para os custos relativos à construção dos reservatórios.

3.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA

Com o objetivo de compararmos os custos dos reservatórios a serem construídos em três materiais alternativos, foi adotado como padrão o volume de 100 m³, suficiente para atender a demanda da edificação. As configurações, dimensões e quantitativos foram empregados para a determinação dos custos e na determinação da viabilidade econômica.

3.6.1 Economia Estimada na Conta de Água

Para estimar a redução do custo com a água potável, foram utilizadas as tarifas de água praticadas pela CASAN. Em uma instituição pública, para o consumo da cota básica de 10 m³ é cobrada a tarifa de R\$ 66,70 e mais R\$ 11,0681 por cada metro cúbico excedente, como se pode ver Figura 11.

Figura 11: Tarifa consumo água

CATEGORIA	FAIXA	CONSUMO (m³)	ÁGUA (R\$)
RESIDENCIAL "A" (SOCIAL)	1	até 10	8,48 / mês
	2	11 a 25	2,3728 m³
	3	26 a 50	11,4076 m³
	4	acima de 50	13,9229 m³
RESIDENCIAL "B"	1	até 10	45,19 / mês
	2	11 a 25	8,2814 m³
	3	26 a 50	11,6187 m³
	4	acima de 50	13,9229 m³
	5	TARIFA SAZONAL	17,4035 m³
COMERCIAL	1	até 10	66,70 / mês
	2	11 a 50	11,0681 m³
	3	acima de 50	13,9229 m³
MICRO E PEQUENO COMÉRCIO	1	até 10	47,12 / mês
	2	acima de 10	11,0681 m³
INDUSTRIAL	1	até 10	66,70 / mês
	2	acima de 10	11,0681 m³
ESPECIAL	1	> 5.000	CONTRATO ESPECIAL
PÚBLICA	1	até 10	66,70 / mês
	2	acima de 10	11,0681 m³
PÚBLICA ESPECIAL (Entidade Beneficente)	1	até 10	20,01 / mês
	2	acima de 10	3,3204 m³
TARIFA DE ESGOTO = 100% DO VALOR DA TARIFA DE ÁGUA			

Fonte: CASAN, 2019

O valor da tarifa da água de abastecimento fornecida pela CASAN é determinado pelo volume de água consumido mensalmente pelo usuário. Este valor é calculado para custear a infraestrutura instalada e as manutenções do sistema de abastecimento, sendo sua tabela tarifária válida para todo o Estado catarinense, independentemente do tipo e complexidade da Estação de Tratamento de Água e do manancial de abastecimento. Além disso, está estabelecida de acordo com as categorias dos usuários e suas respectivas faixas de consumo. Portanto, para se estimar a redução de custo com água e esgoto, considerando o sistema em operação, deve-se calcular o valor cobrado pelo serviço de água e esgoto, por meio da equação:

$$\text{Valor cobrado} = [66,70 + 11,0861 \times (\text{consumo de água} - 10)] \quad \text{Equação 3}$$

Cabe ressaltar que a tarifa de esgoto representa 100% da tarifa cobrada de água. Como o esgoto é tratado no próprio IFC, essa tarifa foi desprezada do cálculo.

3.6.2 Levantamento do Custo de Implantação do Sistema

O levantamento dos custos foi realizado através da elaboração de orçamentos, realizados através de pesquisas de mercado e/ou referenciado pela Tabela Sinapi (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), conforme o Apêndice D, Apêndice E e Apêndice F.

Muitos itens do orçamento não conseguiram ser estimados pela tabela Sinapi, por ser uma obra específica de uso diferenciado do que geralmente o Sinapi evidencia (edificações), e para tanto, foi realizada as pesquisas de mercado.

Quando realizada a estimativa dos custos de materiais e equipamentos necessários por meio de pesquisa de mercado (lojas), procurou-se o fornecedor ser mais próximo possível do local de execução, para tornar o orçamento mais preciso da realidade local.

Verificou-se então o preço médio de cada item, a partir de três orçamentos realizados para cada item.

Para a composição de custos dos orçamentos, por ser uma edificação pública, foram consideradas as Taxas de Leis Sociais e Riscos do Trabalho e Benefício e Despesas Indiretas (LDI), sendo que esse percentual de LDI foi calculado de acordo com a fórmula proposta pelo Acórdão 2369/2011 do TCU (Tribunal de Contas da União), para obras públicas.

O LDI deve contemplar o lucro da empresa construtora e seus custos indiretos, entre eles, a garantia, risco e seguros, despesas financeiras, administração central e tributos e, portanto, esse percentual aplicado sobre o custo da obra, eleva o preço final dos serviços.

Para se fazer o levantamento do custo total de implantação do sistema, os custos foram divididos da seguinte forma:

- Custo do reservatório armazenador de água da chuva, levando em conta os três materiais analisados;
- Custo do dispositivo de descarte do material sólido e dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas;
- Custo das instalações hidráulicas e sanitárias, das quais se referem aos tubos, conexões, acessórios, caixas d'água e bomba;

O custo da mão-de-obra e frete também foram introduzidos em cada custo citado acima.

3.6.3 Custos de Operação e Manutenção

Foram levantadas todas as despesas relacionadas aos custos com instalação de equipamentos (dispositivos, bombas) e custos operacionais (energia elétrica para bomba). Custos de manutenção foram desprezados os de inspeção e limpeza das calhas, dispositivos, bomba e dos reservatórios, devido a estes poderem ser realizados por funcionários da instituição com atribuição para tal serviços.

Para garantir a durabilidade do reservatório armazenador projetado com vigas de madeira, será necessária à sua pintura, para melhor conservação ao estar exposto as intempéries, desta forma foi prevista pintura a cada 2 anos, por ser de verniz e este necessitar de maior manutenção do que uma tinta esmalte. Também deverá ser prevista a pintura do gabarito de madeira do reservatório de ardósia pelas mesmas condicionantes do reservatório de madeira.

Em relação aos outros dois reservatórios de armazenamento, o com placas de ardósia, por ser uma pedra natural não necessita de manutenção. E o reservatório de aço galvanizado por ser zincado já recebeu tratamento na sua produção.

A NBR 15527/2019 salienta que pode ser necessária a desinfecção em função do uso da água, como neste caso será para descargas de vasos sanitários e irrigação de jardins, foi desprezada a necessidade de desinfecção da mesma. Como será coberto o reservatório e vedada as ondulações das telhas, bem como o projeto contempla um poço de visita que deverá ser bem fechado, impedindo a proliferação de vetores.

3.6.4 Indicadores econômicos usados

Dentre os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estão as concepções de que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (ANA, 2019). Neste contexto, torna-se natural

utilizar indicadores financeiros para avaliar a viabilidade econômica da implantação dos sistemas de aproveitamento da água da chuva.

A análise econômica do sistema de aproveitamento de água a ser implantado num órgão público, não tem como objetivo lucro, mas evitar um custo desnecessário, gerando economia aos cofres públicos.

Conforme a Lei nº 8.666/93 que institui normas para licitações e contratos da Administração Pública, mais especificamente no art. 12, determina que os projetos básicos e executivos da obra deverá ser embasado em estudos preliminares que garantam a viabilidade técnica e econômica.

A análise de viabilidade econômica deste estudo foi realizada a partir de indicadores econômicos, como: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa mínima de Atratividade (TMA), Tempo de retorno do investimento (Payback), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Relação Benefício Custo (B/C). Todos amplamente conhecidos em diversas literaturas, conforme podemos visualizar no Quadro 1, com a descrição de cada indicador e as fórmulas adotadas.

Quadro 1: Descrição de indicadores econômicos

INDICADOR	DESCRIÇÃO	FÓRMULA	AUTORES
Valor Presente Líquido (VPL)	O VPL é calculado após a construção do fluxo de caixa utilizando uma taxa de rentabilidade mínima exigida dos investimentos aplicados no projeto. O projeto que apresentar o maior VPL, representado pela diferença entre benefícios menos custos envolvidos, será considerado o mais atrativo.	$VPL = -V_0 + \sum_1^n \left(\frac{Fc}{(1+i)^n} \right)$	Gomes (2005); Sobral (2012); Megliorini e Silva (2009)
Taxa mínima de Atratividade (TMA)	Identifica a taxa mínima de retorno que cada projeto pode ofertar para remunerar o capital nele investido.	TMA = Custo de oportunidade	
Payback	Calcula o tempo que levará para o investidor recuperar o valor investido.	Payback = $\frac{\text{Valor do investimento}}{\text{Fluxo de caixa líquido}}$	
Taxa Interna de Retorno (TIR)	Calcula a taxa de desconto que deve ter o fluxo de caixa para que seu VPL se iguale a zero.	$VPL = -V_0 + \sum_1^n \left(\frac{Fc}{(1+TIR)^n} \right) = 0$	
Relação Benefício Custo (B/C)	Leva em consideração todos os benefícios e custos envolvidos em um determinado projeto, previamente selecionado, contabilizados em uma mesma referência de tempo.	IBC = $\frac{\text{VP do fluxo de Benefícios}}{\text{VP do fluxo de Investimentos}}$	

Fonte: elaborado pela autora

3.7 ANÁLISE TÉCNICA

Além da análise de viabilidade econômica, uma análise técnica do reservatório principal também foi realizada para avaliar os sistemas construtivos estudados. Foram consideradas a durabilidade, procedência dos materiais, manutenção, transporte e o tempo de execução dos reservatórios.

Os dados necessários para essa análise foram levantados através de bibliografias existentes, visitas técnicas em reservatórios já construídos na região e em construção, como no Condomínio Agroenergético em Itapiranga/SC, com

reservatórios destinados a sistemas biodigestores que estão sendo construídos com estes materiais (Figura 12).

Figura 12: Reservatório do Condomínio Agroenergético em Itapiranga/SC



Fonte: Elaborada pela autora

Durante a visita técnica do Condomínio Agroenergético, realizada com o engenheiro responsável pela execução dos reservatórios, buscando levantar dados como o prazo para execução, dificuldades enfrentadas, aquisição de materiais, entre outros.

Também foi realizada visita numa escola da cidade de Concórdia, onde foi construído um reservatório de madeira com capacidade de armazenar 60m³ de água da chuva (Figura 13), coletada da cobertura de um ginásio de esportes.

Figura 13: Reservatório de madeira de 60m³

Fonte: Elaborada pela autora

Foi verificado que neste reservatório os anéis de barras de aço envolto dele se movimentaram, e devido a isso as paredes abaularam, surgindo a necessidade do gabarito, a fim de proporcionar o devido afastamento entre os anéis e enrijecer a estrutura, garantindo a estabilidade da mesma.

Outra visita também realizada na cidade de Concórdia, numa propriedade rural, onde foi construído um reservatório sobre uma base de concreto armado, com placas de ardósia e envolvidas por uma estrutura em ferrocimento com armadura de tela soldada (Figura 14), com capacidade de armazenar 230m³ de água da chuva, coletada da cobertura de duas pocilgas.

Figura 14: Vista externa (argamassado) e interna (placa de ardósia) do reservatório



Fonte: Elaborada pela autora

No reservatório de ardósia visitado, percebeu-se infiltrações nas paredes do reservatório, podendo ser devido aos materiais (argamassa armada e a ardósia) apresentarem diferentes coeficientes de dilatação térmica, e também a água estar em contato direto com tais materiais. Portanto, não há necessidade de revestimento argamassado, pelo menos no projeto utilizado na dissertação, já que vai ser utilizado como revestimento interno uma membrana geossintética.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE ECONÔMICA

4.1.1. Levantamento do Custo de Implantação do Sistema

4.1.1.1 Custo do Reservatório de Armazenamento Apoiado ao Terreno

Para o reservatório de armazenamento apoiado ao solo, projetado em madeira, ardósia e aço galvanizado, os valores médios dos materiais e mão de obra, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 7 - Custos do reservatório de madeira

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA	MATERIAL	TOTAL c/LDI
			Total	Total	24,93%
SERVIÇOS INICIAIS					
Corte e aterro compensado	m³	7,53	10,41	24,30	R\$ 43,37
Total item 1			R\$ 10,41	R\$ 24,30	R\$ 43,37
RESERVATÓRIO ARMAZENAMENTO					
Viga de madeira com dimensões de 0,15x0,05x3,00m, em pinus eliotis, tratada em autoclave com CCA	un.	147,00	1.652,72	3.856,35	R\$ 6.882,48
Gabarito de madeira de 300x6x6cm em pinus eliotis tratada em autoclave, com CCA, para sustentação das barras de aço	un.	6,00	33,70	78,62	R\$ 140,32
Cavilhas de encaixos em pinus eliotis com $\varnothing = 16\text{mm}$ e comprimento = 80mm	un.	735,00	128,63	300,13	R\$ 535,64
Parafusos sextavados rosca soberba em aço inox 304 - $\varnothing 6\text{mm} \times 65\text{mm}$	un.	36,00	18,54	43,26	R\$ 77,21
Aruela lisa de aço inoxidável para parafusos de 6mm	un.	36,00	8,10	18,90	R\$ 33,73
Barra de aço para construção mecânica SAE 1020 com $\varnothing = 3/4"$, barra calandrada, cortada conforme medida do projeto, usinada com 12cm de rosca em cada extremidade e recoberta (encapada) com mangueira de pvc	un.	32,00	1.798,40	4.196,27	R\$ 7.489,14
Esticador fefo para barra de aço $\varnothing = 3/4"$ e com pintura a base de epóxi	un.	32,00	577,60	1.347,73	R\$ 2.405,32
Porca sextavada ZB de aço galvanizado para rosca de $3/4"$	un.	64,00	59,14	137,98	R\$ 246,26
Arruela lisa ZB de aço galvanizado para rosca de $3/4"$	un.	128,00	23,81	55,55	R\$ 99,14
Cantoneira em aço galvanizado, $3/16 \times 2"$, comprimento de 2300mm, cortada e perfurada a laser, para enrijecimento da borda superior	un.	1,00	399,50	932,17	R\$ 1.663,65
Estrutura metálica galvanizada com treliças parafusadas com cobertura em telha de aço galvanizado ondulado de 0,43mm	m²	42,40	1.929,20	4.501,47	R\$ 8.033,83
Membrana geossintética colocada, material PEAD com espessura de 0,08mm.	m²	155,08	655,52	1.529,55	R\$ 2.729,82
Selador para madeira	m²	70,32	201,68	470,58	R\$ 839,85
Esmalte sintético incolor (duas demãos)	m²	70,32	327,62	764,45	R\$ 1.364,32
Mão de obra encarregado com encargos complementares	hr	16,00	454,08	0,00	R\$ 567,28
Mão de obra ajudante de carpintaria com encargos complementares	hr	48,00	966,24	0,00	R\$ 1.207,12
Total item 2			R\$ 9.234,47	R\$ 18.233,01	R\$ 34.315,12

Fonte: elaborada pela autora

Tabela 8 - Custos do reservatório de ardósia

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA	MATERIAL	TOTAL c/LDI
			Total	Total	24,93%
SERVIÇOS INICIAIS					
Corte e aterro compensado	m³	7,53	10,41	24,30	R\$ 43,37
Total item 1			R\$ 10,41	R\$ 24,30	R\$ 43,37
RESERVATÓRIO ARMAZENAMENTO					
Placa de ardósia com dimensões de (300x50x10cm), com chanfro de 4,74°, beneficiada com todas as furações para colocação das cavilhas. Considerar o transporte de 300km em caminhão trucado	un.	44,00	3.481,50	8.123,50	R\$ 14.498,13
Gabarito de madeira de 300x6x6cm em pinus eliotis tratada em autoclave, com CCA, para sustentação das barras de aço	un.	6,00	33,70	78,62	R\$ 140,32
Cavilhas de encaixos em polipropileno (PP) com Ø = 16mm e comprimento = 80mm	un.	220,00	38,50	89,83	R\$ 160,33
Parafusos sextavados rosca soberba em aço inox 304 - Ø6mm x 65mm	un.	36,00	18,54	43,26	R\$ 77,21
Aruela lisa de aço inoxidável para parafusos de 6mm	un.	36,00	8,10	18,90	R\$ 33,73
Bucha de nylon para parafuso de 6mm	un.	36,00	4,86	11,34	R\$ 20,24
Barra de aço para construção mecânica SAE 1020 com Ø = 3/4", barra calandrada, cortada conforme medida do projeto, usinada com 12cm de rosca em cada extremidade e recoberta (encapada) com mangueira de pvc	un.	40,00	2.248,00	5.245,33	R\$ 9.361,42
Esticador fefo para barra de aço Ø = 3/4" e com pintura a base de epóxi	un.	40,00	722,00	1.684,67	R\$ 3.006,65
Porca sextavada ZB de aço galvanizado para rosca de 3/4"	un.	80,00	73,92	172,48	R\$ 307,83
Arruela lisa ZB de aço galvanizado para rosca de 3/4"	un.	160,00	29,76	69,44	R\$ 123,93
Cantoneira em aço galvanizado, 3/16 x 2", comprimento de 23000mm, cortada e perfurada a laser, para enrijecimento da borda superior	un.	1,00	399,50	932,17	R\$ 1.663,65
Estrutura metálica galvanizada com treliças parafusadas com cobertura em telha de aço galvanizado ondulado de 0,43mm	m²	42,40	1.929,20	4.501,47	R\$ 8.033,83
Membrana geossintética colocada, material PEAD com espessura de 0,8mm.	m²	111,08	469,54	1.095,58	R\$ 1.955,30
Selador para madeira	m²	4,32	12,39	28,91	R\$ 51,60
Esmalte sintético incolor (duas demãos)	m²	4,32	20,13	46,96	R\$ 83,82
Selante PU - Poliuretano 400gr	un.	11,00	55,62	129,77	R\$ 231,60
Guindauto hidráulico, capacidade máxima de carga de 6200kg, alcance horizontal 9,70m e potência de 189 cv.	hr	8,00	226,44	528,36	R\$ 942,97
Motorista operador de guindauto hidráulico com encargos complementares	hr	8,00	158,32	0,00	R\$ 197,79
Mão de obra encarregado de obras com encargos complementares	hr	24,00	681,12	0,00	R\$ 850,92
Mão de obra ajudante carpintaria com encargos complementares	hr	96,00	1.932,48	0,00	R\$ 2.414,25
Total item 2			R\$ 12.543,60	R\$ 22.800,60	R\$ 44.155,51

Fonte: elaborada pela autora

Tabela 9 - Custos do reservatório de aço galvanizado

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA	MATERIAL	TOTAL c/LDI
			Total	Total	24,93%
SERVIÇOS INICIAIS					
Corte e aterro compensado	m³	7,53	10,41	24,30	R\$ 43,37
Total item 1			R\$ 10,41	R\$ 24,30	R\$ 43,37
RESERVATÓRIO ARMAZENAMENTO					
Chapa ondulada de aço galvanizado zincado, dimensões 2.000x1.000x1,95mm, com cortes e perfurações a laser conforme projeto. Considerando a distância de transporte de 15km	un.	13,00	2.502,50	5.839,17	R\$ 10.421,24
Chapa ondulada de aço galvanizado zincado, dimensões 2.000x1.000x1,50mm, com cortes e perfurações a laser conforme projeto. Considerando a distância de transporte de 15km	un.	13,00	2.091,70	4.880,63	R\$ 8.710,54
Chapa ondulada de aço galvanizado zincado, dimensões 2.000x1.000x1,25mm, com cortes e perfurações a laser conforme projeto. Considerando a distância de transporte de 15km	un.	13,00	1.842,10	4.298,23	R\$ 7.671,12
Parafusos arredondado zincado branco 8 x 20mm	un.	2.200,00	253,00	590,33	R\$ 1.053,58
Porca sextavada zincada bca 8mm	un.	2.200,00	85,80	200,20	R\$ 357,30
Aruela lisa zincada bca 8mm	un.	2.200,00	46,20	107,80	R\$ 192,39
Cantoneira em aço galvanizado, 3/16 x 2", comprimento de 2300mm, cortada e perfurada a laser, para enrijecimento da borda superior	un.	1,00	399,50	932,17	R\$ 1.663,65
Estrutura metálica galvanizada com treliças parafusadas com cobertura em telha de aço galvanizado ondulado de 0,43mm	m²	42,40	1.929,20	4.501,47	R\$ 8.033,83
Membrana geossintética colocada, material PEAD com espessura de 0,8mm.	m²	111,08	469,54	1.095,58	R\$ 1.955,30
Selante PU - Poliuretano 400gr	un.	6,00	30,33	70,77	R\$ 126,30
Mão de obra carregado com encargos complementares	hr	24,00	681,12	0,00	R\$ 850,92
Mão de obra ajudante com encargos complementares	hr	48,00	966,24	0,00	R\$ 1.207,12
Total item 2			R\$ 11.297,23	R\$ 22.516,35	R\$ 42.243,30

Fonte: elaborada pela autora

Podemos perceber que o reservatório de ardósia com custo total de R\$ 44.155,51 foi o de maior valor, desta forma o reservatório de madeira e de aço, condizem respectivamente um percentual inferior de 22,3% e 4,3% do valor do reservatório de ardósia.

Para o reservatório de madeira os itens que mais agregam valores em % no valor total do reservatório, foram as vigas de madeira com 11,4%, as barras de aço com 12,45% e para a cobertura, a estrutura metálica e as telhas com 13,3% do valor total. No orçamento do reservatório de ardósia os itens de maiores valores foram as placas de ardósia com 20,7%, as barras de aço com 13,4% e a estrutura e telhas da cobertura com 11,5% no valor total do reservatório.

Para o reservatório de aço galvanizado os itens que mais agregam valores foram as chapas de aço das diferentes espessuras com 39,4%, e para a cobertura, a estrutura metálica e as telhas com 11,8% do valor total do reservatório.

A membrana geossintética também foi um item significativo no valor, sendo que para o reservatório de ardósia e de aço, possuem quantidades iguais, e, portanto, o mesmo custo. Já o reservatório de madeira a quantidade de membrana é maior, devido uma faixa de membrana com 1,00 m de largura para cada lado, que será utilizada para encapar a base das vigas de madeira, protegendo do contato direto com o solo e água.

4.1.1.2. Custo do Dispositivo de Desvio das Águas das Primeiras Chuvas e Dispositivo de Retirada dos Sólidos

Para o dispositivo de desvio das águas das primeiras chuvas e dispositivo de descarte dos sólidos, os valores médios pesquisados dos materiais e da mão de obra necessária, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 10. Cabe lembrar que independente do tipo de reservatório armazenador, os dispositivos de desvio e de sólidos serão o mesmo.

Tabela 10 - Custo do dispositivo descarte das águas das primeiras chuvas e dispositivo descarte dos sólidos

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA	MATERIAL	TOTAL c/LDI
			Total	Total	24,93%
DISPOSITIVOS DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS E SEPARADOR DE SÓLIDOS					
Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	9,65	61,61	143,75	R\$ 256,55
Tubo PVC esgoto série normal DN 250 mm	m	5,60	168,50	393,18	R\$ 701,71
Joelho 90° DN 250mm	un.	2,00	91,42	213,30	R\$ 380,69
Tê PVC DN 150 x 150 mm	un.	1,00	21,54	50,25	R\$ 89,69
Redução excêntrica PVC esgoto 150x100mm	un.	1,00	8,57	20,01	R\$ 35,70
Redução excêntrica PVC esgoto 200x150mm	un.	4,00	133,15	310,69	R\$ 554,49
Redução excêntrica esgoto PVC 200x250mm	un.	2,00	125,57	293,01	R\$ 522,93
Filtro separador de sólidos para telhado área até 1500m ²	un.	1,00	2.714,20	6.333,13	R\$ 11.302,83
Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	366,66	R\$ 654,38
Bóia plástica DN 150mm	un.	1,00	24,78	57,81	R\$ 103,18
Adesivo Plástico para PVC Frasco 175 g	un.	1,00	5,07	11,84	R\$ 21,13
Encanador com encargos complementares	h	24,00	430,56	0,00	R\$ 537,90
Total item 4			R\$ 3.942,11	R\$ 8.193,62	R\$ 15.161,17

Fonte: elaborada pela autora

Podemos perceber na Tabela 10, que entre os serviços orçados o filtro separador de sólidos foi o item que mais impactou no custo com 74,5% do total.

4.1.1.3. Custo dos Tubos e Conexões, Acessórios, Caixas d'Água e Bomba

No item Instalações Hidráulicas e Sanitárias, no qual apresenta os subitens referentes aos tubos, conexões, acessórios, caixas d'água e bomba, os valores médios pesquisados dos materiais e mão de obra orçados, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Custo dos tubos, conexões, acessórios, caixas d'água e bomba

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA	MATERIAL	TOTAL c/LDI
			Total	Total	24,93%
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS					
Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	m	41,20	102,84	239,95	R\$ 428,24
Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	73,00	466,03	1.087,41	R\$ 1.940,71
Luva de correr DN 100 mm	un.	2,00	7,59	17,71	R\$ 31,61
Luva de correr DN 150 mm	un.	8,00	98,88	230,72	R\$ 411,77
Curva de PVC 45°, DN 100mm	un.	2,00	8,64	20,16	R\$ 35,98
Joelho de PVC 45° DN 150mm	un.	4,00	38,30	89,38	R\$ 159,51
Curva de PVC 90° DN 100mm	un.	2,00	19,60	45,72	R\$ 81,60
Joelho de PVC 90° DN 150mm	un.	2,00	17,48	40,80	R\$ 72,81
Junção simples de PVC, DN 150x100mm	un.	6,00	159,16	371,36	R\$ 662,78
Sifão ladrão de 200mm	un.	1,00	381,62	890,45	R\$ 1.589,19
Freio d'água 200mm	un.	1,00	282,27	658,63	R\$ 1.175,47
Conjunto bóia e mangueira de 2"	un.	1,00	231,66	540,54	R\$ 964,71
Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	366,66	R\$ 654,38
Válvula solenóide latão Ø 3/4, 220v, 2/2 vias	un.	1,00	53,54	124,93	R\$ 222,96
Bóia elétrica com controle automático nível, 2cv/220V	un.	2,00	25,55	59,62	R\$ 106,40
Tubo PVC soldável DN 25mm água fria	m	29,75	21,69	50,60	R\$ 90,32
Tubo PVC soldável DN 32mm água fria	m	48,00	78,48	183,12	R\$ 326,82
Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 25 mm	un.	1,00	1,37	3,19	R\$ 5,68
Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 32 mm	un.	4,00	26,86	62,66	R\$ 111,84
Registro de esfera PVC DN 32mm	un.	5,00	55,71	129,99	R\$ 232,00
Bomba Submersível 1/6cv 220V	un.	1,00	204,50	477,17	R\$ 851,62
Torneira metal com bico para jardim, padrão popular 3/4	un.	3,00	14,36	33,52	R\$ 59,82
Encanador com encargos complementares	h	16,00	327,20	0,00	R\$ 408,77
Total item 3			R\$ 2.780,46	R\$ 5.724,28	R\$ 10.624,98

Fonte: elaborada pela autora

Podemos perceber na Tabela 11, a uniformidade dos valores, agregando maior valor o tubo de PVC DN 150mm, o sifão e o freio da água, porém sem muita discrepância dos demais valores, correspondendo respectivamente 18,3%, 14,9%, 11,1% do valor total.

Para melhor análise dos valores, segue descrito na Tabela 12 o custo total dos sistemas.

Tabela 12 - Custo total dos sistemas de aproveitamento de água da chuva

Custo (R\$)	Reservatório Madeira	Reservatório Ardósia	Reservatório Aço
Serviços iniciais	43,37	43,37	43,37
Reservatório Armazenamento	34.315,12	44.155,51	42.243,30
Dispositivos de descarte de águas e sólidos	15.161,17	15.161,17	15.161,17
Instalações hidráulicas	10.624,98	10.624,98	10.624,98
TOTAL	R\$ 60.144,64	R\$ 69.985,03	R\$ 68.072,82

Fonte: elaborada pela autora

Analisando o custo total do investimento nos sistemas, a oscilação entre os valores é reduzida quando comparada ao custo exclusivo dos reservatórios. Destaca-se que o custo de maior impacto nos orçamentos foi o do reservatório sendo de 57,1% madeira, 63,1% ardósia e 62,1% no reservatório de aço.

4.1.2. Levantamento dos Custos de Operação e Manutenção

Foi levantado o custo operacional referente ao consumo mensal de energia elétrica necessária para o funcionamento da bomba, como segue descrito na Tabela 13. Também terá no sistema boia elétrica e válvula solenoide, mas ambas como servem somente para comando e tem consumos mínimos, foram então desconsideradas dos custos.

Tabela 13 - Custo do consumo mensal de energia elétrica

Equipamento	Potência W	Tempo uso - hrs	Consumo Mensal
Bomba 1/6 cv	122,583W	6hrs / dia	14.709,96 Watts /hr

Fonte: elaborada pela autora

Devido a Instituição pública fazer parte da tarifa horária verde, grupo A4, sendo o valor de R\$ 1,21087 o KWh, totalizando o consumo da bomba de R\$ 17,81 por mês, considerando que o sistema funcionará por 20 dias no mês. Anualmente terá um gasto em energia elétrica de R\$ 213,72.

Como anualmente a concessionária de energia elétrica faz um reajuste das tarifas de consumo, a partir da média dos últimos 7anos (2013-2019), foi possível

verificar um reajuste médio de 7,3% ao ano. Esse reajuste será corrigido anualmente nas receitas deste projeto.

Em relação aos custos de manutenção, foi calculado os gastos com pintura das vigas e gabarito de madeira do reservatório de madeira (Tabela 14) e também dos gabaritos de madeira do reservatório de ardósia (Tabela 15). Custos estes previstos a cada 2 anos serem gastos na manutenção destes itens.

Tabela 14 - Custo de manutenção do reservatório de madeira

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA	MATERIAL	TOTAL c/LDI
			Total	Total	24,93%
Selador para madeira	m ²	70,32	201,68	470,58	R\$ 839,85
Esmalte sintético incolor (duas demãos)	m ²	70,32	327,62	764,45	R\$ 1.364,32
				Total	R\$ 2.204,17

Fonte: elaborada pela autora

Tabela 15 - Custo de manutenção do reservatório de ardósia

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA	MATERIAL	TOTAL c/LDI
			Total	Total	24,93%
Selador para madeira	m ²	4,32	12,39	28,91	R\$ 51,60
Esmalte sintético incolor (duas demãos)	m ²	4,32	20,13	46,96	R\$ 83,82
				Total	R\$ 135,42

Fonte: elaborada pela autora

4.1.2.1. Economia Estimada na Conta de Água

Para se estimar a redução de custo com água potável, considerando o sistema em operação, foi calculado o valor cobrado pelo serviço de água, por meio da Equação 3:

$$\text{Valor cobrado Casan} = [66,70 + 11,0861 \times (\text{consumo de água} - 10)]$$

$$\text{Valor cobrado Casan} = [66,70 + 11,0861 \times (100\text{m}^3 - 10)]$$

$$\text{Valor cobrado Casan} = \text{R\$ } 1.064,44/\text{mês}$$

Como anualmente a concessionária Casan faz um reajuste das tarifas de consumo, a partir da média dos últimos 6anos (Figura 15), foi possível verificar um reajuste médio de 7,11% ao ano. Esse reajuste será corrigido anualmente nas receitas deste projeto.

Figura 15: Evolução tarifária dos valores praticados de 2013 a 2019

EVOLUÇÃO DA TABELA TARIFÁRIA DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO DA CASAN 2013 à 2019							
VIGENCIA A PARTIR DE:	01/11/2019	21/08/2018	21/08/2017	15/08/2016	08/08/2015	31/07/2014	13/07/2013
TABELA REAJUSTADA EM:	2,61% linear	4,39% linear	6,08% linear	10,81% linear	11,94% linear	7,15% linear	6,82% linear

Fonte: CASAN, 2019

4.1.3. Determinação dos indicadores econômicos

Foram consideradas as seguintes diretrizes:

- Horizonte de planejamento = 10 anos;
- Taxa de Juros Mínima de Atratividade (TMA) = 0,375% a.m. (4,5% a.a.);
- Tarifa da água reajustada anualmente

Os fluxos de caixa referentes aos projetos analisados demonstram as entradas (receitas) e as saídas de capital (desembolso) que vão atuar ao longo do prazo analisado (10 anos). As saídas referem-se aos gastos com o investimento dos sistemas de implantação dos reservatórios, custos de consumo de energia elétrica, custos de manutenção dos reservatórios. Quanto as entradas, refere-se a economia gerada com água potável.

Os indicadores mencionados foram analisados com a utilização dos métodos clássicos de análise de investimentos de acordo com três cenários diferentes, considerando os sistemas de aproveitamento da água da chuva com reservatórios em madeira, ardósia e em aço galvanizado.

Segue o resumo dos fluxos de caixa, demonstrados nas Tabela 16, Tabela 17, Tabela 18, mostrando detalhadamente as entradas e saídas para cada tipo de reservatório.

Tabela 16 - Fluxo de caixa anual para Reservatório de Armazenamento em Madeira

ANO	DESEMBOLSO (R\$)	RECEITA (R\$)	FLUXO DE CAIXA (R\$)
0º ANO	- 60.144,64		-60.144,64
1º ANO	- 213,72	12.773,28	12.559,56
2º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
3º ANO	- 2.433,49	13.681,46	11.247,97
4º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
5º ANO	- 2.433,49	13.681,46	11.247,97
6º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
7º ANO	- 2.433,49	13.681,46	11.247,97
8º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
9º ANO	- 2.433,49	13.681,46	11.247,97
10º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14

Fonte: produzido pela autora

Tabela 17 - Fluxo de caixa anual para Reservatório de Armazenamento em Ardósia

ANO	DESEMBOLSO (R\$)	RECEITA (R\$)	FLUXO DE CAIXA (R\$)
0º ANO	-69.985,03		-69.985,03
1º ANO	- 213,72	12.773,28	12.559,56
2º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
3º ANO	- 364,74	13.681,46	13.316,72
4º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
5º ANO	- 364,74	13.681,46	13.316,72
6º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
7º ANO	- 364,74	13.681,46	13.316,72
8º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
9º ANO	- 364,74	13.681,46	13.316,72
10º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14

Fonte: produzido pela autora

Tabela 18 - Fluxo de caixa para Reservatório de Armazenamento em Aço Galvanizado

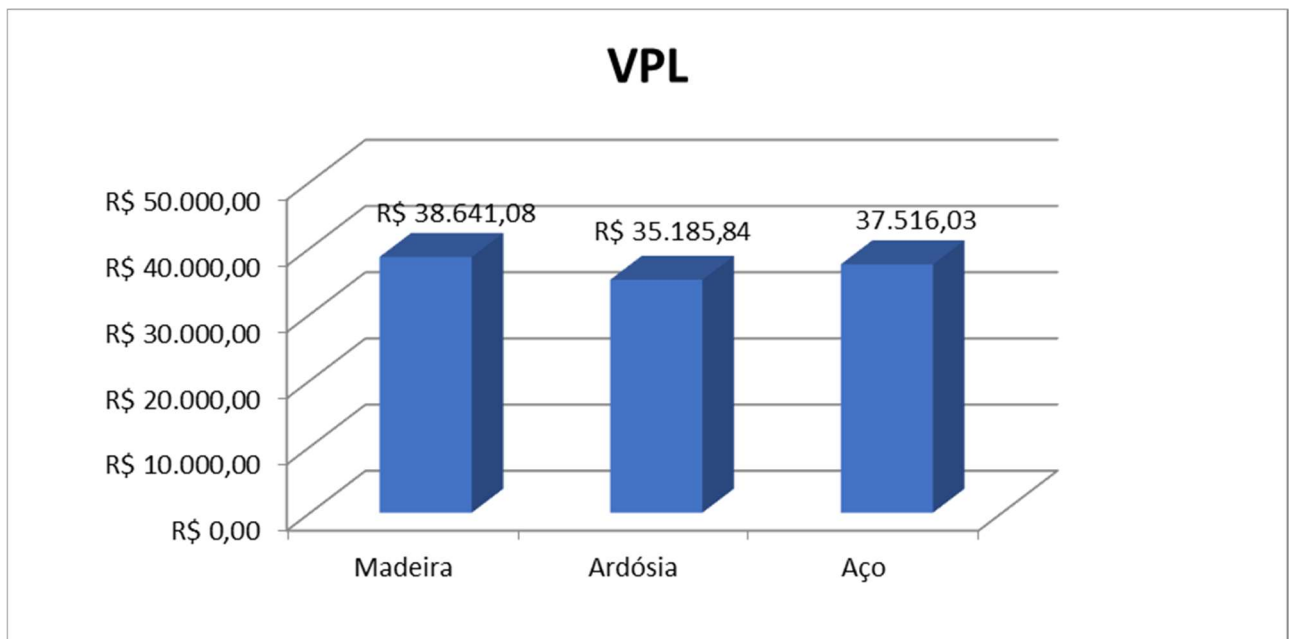
ANO	DESEMBOLSO (R\$)	RECEITA (R\$)	FLUXO DE CAIXA (R\$)
0º ANO	- 68.072,82		-68.072,82
1º ANO	- 213,72	12.773,28	12.559,56
2º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
3º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
4º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
5º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
6º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
7º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
8º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
9º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14
10º ANO	- 229,32	13.681,46	13.452,14

Fonte: produzido pela autora

A determinação dos períodos de retorno foi desenvolvida através do Método do Valor Presente Líquido (VPL), e a partir da elaboração dos fluxos de caixa com os custos e receitas ao longo do tempo, num prazo de 10 anos, utilizando uma taxa de desconto - Taxa mínima de atratividade de 4,5%a.a, adotada a taxa de juros da poupança, conforme Gomez (2017).

Os valores de VPL, estão demonstrados na Figura 16, abaixo:

Figura 16: VPL para os sistemas com reservatórios em madeira, ardósia e aço



Fonte: elaborada pela autora

Quanto maior o VPL, mais lucrativo será o projeto ou novo negócio (ROCHA e MELO, 2012), e nesse caso o sistema com reservatório em madeira é o mais atrativo economicamente. Como o critério de decisão é um VPL nulo ou positivo, também podemos concluir que ambos os investimentos são atrativos.

A Tabela 19, mostra o Fluxo de Caixa Acumulado, sendo possível identificar o ponto onde ocorreu a anulação das despesas iniciais (Payback), passando, o empreendimento a oferecer fluxo de caixa acumulado positivo.

Tabela 19 - Fluxo de caixa acumulado dos reservatórios

ANO	MADEIRA	ARDÓSIA	AÇO
0º ANO	- R\$ 60.144,64	-R\$ 69.985,03	-R\$ 68.072,82
1º ANO	- R\$ 47.585,08	-R\$ 57.425,47	-R\$ 55.513,26
2º ANO	- R\$ 34.132,94	-R\$ 43.973,33	-R\$ 42.061,12
3º ANO	- R\$ 22.884,97	-R\$ 30.656,61	-R\$ 28.608,98
4º ANO	- R\$ 9.432,83	-R\$ 17.204,47	-R\$ 15.156,84
5º ANO	R\$1.815,14	-R\$ 3.887,75	-R\$ 1.704,70
6º ANO	R\$ 15.267,28	R\$ 9.564,39	R\$ 11.747,44
7º ANO	R\$ 26.515,25	R\$ 22.881,11	R\$ 25.199,58
8º ANO	R\$ 39.967,39	R\$ 36.333,25	R\$ 38.651,72
9º ANO	R\$ 51.215,36	R\$ 49.649,97	R\$ 52.103,86
10º ANO	R\$ 64.667,50	R\$ 63.102,11	R\$ 65.556,00

Fonte: elaborada pela autora

Deste modo o Payback indica o momento em que o projeto gerou a mesma quantidade de caixa que gastou no início do projeto, assim, o investidor saberá quanto tempo terá que esperar para obter o retorno do capital investido. Portanto quanto menor o período de Payback, mais líquido será o investimento e menos arriscado, assim podemos perceber que o reservatório de madeira se pagaria no quinto ano, enquanto os outros dois no sexto ano.

O quadro 2 apresenta o resumo dos indicadores analisados para cada um dos cenários.

Quadro 2: Resultado dos indicadores analisados dos reservatórios

RESERVATÓRIO	MADEIRA	ARDÓSIA	AÇO
VPL	R\$ 38.641,08	R\$ 35.185,84	R\$ 37.516,03
Payback (anos)	5	6	6
TIR	16,13%	13,69%	14,49%
IBC	1,64	1,50	1,55

Fonte: elaborada pela autora

Em relação a TIR, podemos perceber que ambos os sistemas de aproveitamento da água serão atrativos, pois como demonstra os resultados no

Quadro 2, a TIR será maior que a TMA. Como a TMA será de 4,5% ao ano, sendo uma expectativa mínima de lucratividade esperada dos projetos, ao comparar a TIR com a TMA, percebemos que os projetos serão viáveis, sendo o reservatório de madeira mais atrativo.

Ao analisar o IBC, obtendo a relação entre o somatório do VPL no período do investimento inicial, sendo considerado atrativo o empreendimento com valor maior que um, portanto, confirmando a viabilidade econômica de ambos os sistemas de aproveitamento de água da chuva.

4.2. ANÁLISE COMPARATIVA TÉCNICA

Realizamos uma análise técnica considerando além dos custos de implantação (incluindo materiais, mão de obra, equipamentos e transporte) também etapas construtivas como preparo do terreno, estrutura das paredes, cobertura. Além destes, outros itens importantes e essenciais para se definir qual tipo de reservatório será melhor viabilizado, sendo também avaliado a durabilidade, procedência dos materiais, transporte e o tempo de execução. Os resultados desta análise técnica estão resumidos na Tabela 20.

Tabela 20 - Comparação técnica entre três materiais utilizados para a construção de reservatórios

Tecnologia Itens avaliados	Madeira (<i>Pinus Eliotis</i>)	Ardósia	Aço Galvanizado
Preparo terreno	Fácil – escavação mecânica	Fácil – escavação mecânica	Fácil – escavação mecânica
Estrutura das Paredes	Vigas de madeira Dim.(0,15x3,00x0,05m) 147 vigas no total	Placas de ardósia Dim.(0,50x3,00x0,10m) 44 placas no total	Chapas de aço Dim.(1,00x2,00x esp. Var. m) 39 chapas total
Cobertura	Metálica Rápida execução	Metálica Rápida execução	Metálica Rápida execução
Durabilidade	Certificado de garantia de 15 anos	Alta durabilidade	Estimada 20 anos
Manutenção	Pouca	Pouca	Isenta
Disponibilidade dos materiais	Boa	Pouca	Boa
Tempo para entrega na obra	90 dias	40 dias	45 dias
Tipo de Transporte	Caminhão convencional	Caminhão Munck e guindaste	Caminhão convencional
Tempo de Execução	2 dias	3 dias	3 dias
Número de funcionários para a obra	4 funcionários	5 funcionários	3 funcionários

Fonte: elaborada pela autora

O preparo do terreno será igual para todos os reservatórios, independente do material alternativo, foi considerado de fácil execução onde deverá ser executado com ajuda de máquina de terraplanagem, a fim de executar a limpeza do local onde o reservatório será apoiado diretamente no solo, deixando sua base levemente côncava. Tal serviço pode ser realizado de forma manual, porém para agilizar o andamento, além de garantir uma base melhor nivelada, deverá ser realizado mecanicamente. Cabe salientar que tal serviço é considerado comum e de fácil execução, principalmente em terrenos que demandam de pouca regularização do solo, como será neste estudo.

As paredes do reservatório de madeira serão sustentadas por vigas de madeira nas dimensões de 0,15x3,00x0,05m, consideradas leves (aproximadamente 10kg por viga), são facilmente fixadas umas nas outras por cavilhas de madeira para garantir a solidez da estrutura. Cabe ressaltar, que por serem leves, cada viga pode ser carregada por apenas uma pessoa, o que facilita e agiliza o processo, mesmo que neste caso sejam muitas unidades.

As paredes do reservatório de ardósia serão sustentadas por placas de ardósia nas dimensões de 0,50x3,00x0,10m, e por serem pesadas (aproximadamente 380kg por placa), fáceis de derrubar e quebrar, podendo até causar acidentes, são cuidadosamente fixadas umas nas outras por cavilhas de polipropileno, para garantir a solidez da estrutura. São consideradas de difícil execução, e por exigirem cuidados o processo demora mais, ainda que sejam 44 unidades. Devido ao elevado peso das placas, será necessário o uso de guindaste.

As paredes do reservatório de aço serão construídas em chapas de aço galvanizados, onduladas, e por serem leves, aproximadamente 20kg, 24kg e 31kg por chapa, respectivamente para as espessuras 1,25mm, 1,50mm e 1,95mm, sendo facilmente parafusadas umas nas outras. Como o reservatório será composto por três arcos, estes cada qual com uma espessura diferente, arco inferior com chapas de 1,95mm de espessura, arco intermediário de 1,50mm e 1,25mm de espessura nas chapas no arco superior, sendo necessário três arcos para dar a altura do reservatório. Como as chapas são de diferentes espessuras, cabe salientar o cuidado que deverá se ter para não trocar as chapas e colocar em risco a estabilidade da estrutura. Como será necessária a colocação de muitos parafusos, em torno de 56 unidades por chapa, esse será o processo que exige mais tempo, além da necessidade de vedação entre as placas.

Durante a fixação das vigas de madeira e das placas de ardósia, surge a necessidade de escoramento, dispostas uma escorra a cada 1m, até que todas as vigas e placas sejam fixadas e após tracionadas com as barras de aço. O reservatório de aço por ser aparafusado dispensa escoramento.

A cobertura do reservatório, independente do material alternativo, será a mesma para todos, sendo com telhas de aço galvanizado ondulado de 0,43mm de espessura, sobre uma estrutura metálica galvanizada composta por treliças parafusadas, sem solda, com contraventamento. Com os perfis da estrutura e as telhas entregues no local de execução, torna-se rápida a montagem de tal serviço,

tendo o cuidado necessário para a completa vedação da cobertura pra evitar o acesso de vetores, o tempo de execução fica estimado em 1 dia de trabalho, sendo realizado por dois profissionais.

Em relação a durabilidade dos materiais, a madeira *pinus eliotis*, por ser tratada, receberá certificado de garantia de 15 anos contra apodrecimento e o ataque de insetos xilófagos (brocas e cupins). Devido as madeiras tratadas estarem em contato com água depositada no solo, buscando aumentar a vida útil das peças fornecedores recomendam o uso de membrana geossintética para protegê-las, sendo que tal recomendação está sendo prevista em projeto. Desta forma, uma faixa de membrana com 1,00 m de largura para cada lado será utilizada para encapar a base das vigas de madeira, protegendo do contato direto com o solo e água.

As placas de ardósia possuem alta durabilidade por ser material natural e inerte (OLIVEIRA, 2017). Os anéis de barra de aço que envolvem os reservatórios de ardósia e madeira possuem vida útil limitada pela durabilidade do aço SAE 1020 que neste projeto será encapado com uma mangueira de PVC, para melhor proteção a corrosão.

O reservatório de aço, como as chapas de aço recebem proteção contra a corrosão e devida sua estrutura ser em ambiente urbano, portanto menos agressivo, tem se estimado uma vida útil, de no mínimo 20 anos, como também ressalta Lisboa (2011).

Em relação a necessidade de manutenção, a madeira por receber pintura verniz a cada dois anos necessita ser lixada e repintada, pois estando exposta ao tempo, a tinta vai soltando e deixando a madeira desprotegida.

A ardósia por ser um material natural e inerte não necessita de manutenção, sendo uma rocha própria para estar exposta as intempéries. Mas como este reservatório terá gabaritos de madeira em seu entorno, os gabaritos necessitaram de pintura.

O aço galvanizado também não necessita de manutenção, somente se ocorrer algum ponto de corrosão, deveria lixar e desengraxar o local corroído e passar um fundo anticorrosivo. Como o local em que vai ser instalado o reservatório, região urbana com baixo meio agressivo, justifica devida as condições ambientais a não exigência de manutenção.

Quanto a disponibilidade dos materiais alternativos, a madeira é facilmente encontrada na cidade da implantação deste estudo. A madeira antes de ser entregue na obra, ao ser encomendada na madeireira, respeitando as dimensões de projeto,

passa por um processo de beneficiamento, tratamento e após levará ainda um tempo para ser seca, necessitando de um prazo de entrega de 90 dias de antecedência para iniciar a execução do reservatório.

A ardósia apesar de ser comumente encontrada na nossa região para ser usada em pisos, quando seu uso é específico como no caso de reservatório, tem pouca disponibilidade e depende da localização da jazida. No Estado de Santa Catarina a ocorrência destas minas está restrita a região do Alto Vale do Itajaí, distante aproximadamente 280km do local de implantação deste projeto, e apesar do material não ser tão caro, o custo de transporte acresce de forma significativa, num percentual de 50% do valor do material. Também cabe ressaltar que é necessário encomendar em torno de 40 dias antes de iniciar a obra, exigindo planejamento de médio prazo. Além de ser um material com uso mais restrito como para reservatórios, foi mais demorado para conseguir obter a cotação de preços dos fornecedores.

Sendo o oeste catarinense uma região com muitas funilarias, o aço devido ser muito utilizado na construção de silos, será comumente encontrado e levará um prazo de 45 dias para ser entregue e iniciada sua execução, devida a demanda das funilarias.

O transporte dos materiais até a obra, no caso da madeira será realizado em caminhão convencional, e por ter baixo peso (10kg cada viga), na obra pode ser manual. Já a ardósia por ser um material pesado (380kg por placa), será entregue na obra em caminhão munck, e dentro da obra para a execução do reservatório contará com a ajuda de um guindaste, onde as placas serão içadas e colocadas de pé, lado a lado conforme o projeto. As chapas de aço galvanizado são facilmente transportadas em caminhão convencional, por serem de material leve (de 20 a 31kg, dependendo da espessura da chapa).

Quanto ao tempo de execução, considerando receber a madeira já beneficiada e tratada, o reservatório pode ser executado em 2 dias, incluso os serviços de fixação das réguas e anéis. As placas de ardósia já cortadas e com as perfurações das cavilhas, entregues na obra prontas para execução, que pode ser realizada em 3 dias, incluso os serviços de fixação das réguas e anéis. Recebendo as chapas de aço galvanizado zincado com cortes e perfurações à laser conforme projeto, a execução do reservatório será realizada em 3 dias.

Em relação ao número de funcionários, para o reservatório de madeira será necessário a mão de obra de 1 encarregado e 3 ajudantes. O reservatório de ardósia

devido a ser mais demorado, condicionante ao peso, necessita da mão de obra de 5 funcionários, sendo 1 encarregado e 4 ajudantes. Já a execução do reservatório de aço galvanizado, por ser material mais leve, necessita da mão de obra de 3 funcionários, sendo 1 encarregado e 2 ajudantes.

Por fim, todas as técnicas construtivas são viáveis e a escolha pelo material dependerá do tempo disponível de entrega, sendo que a ardósia será entregue antes. Quanto a manutenção, a ardósia será a mais indicada, mas em relação a praticidade na execução, devido ao peso e método construtivo, a madeira destaca-se.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar a análise de viabilidade econômica e técnica de sistemas de aproveitamento da água da chuva, através de materiais alternativos, com o intuito de implantar numa instituição pública de ensino, no Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia/SC.

Para essas análises foi dimensionado, projetado e orçado um sistema de aproveitamento de água da chuva, onde o reservatório de armazenamento foi elaborado a partir de três materiais alternativos, sendo em madeira, ardósia e aço galvanizado, todos com capacidade para armazenar mensalmente 100m³ de água da chuva. A análise econômica foi realizada através de indicadores e para a análise técnica foram realizadas visitas técnicas e estudos de métodos construtivos.

Verificou-se que todos os reservatórios, independente do material, são viáveis tanto técnica quanto economicamente. Portanto, a decisão por um dos materiais apresentados dependerá da disponibilidade e da intensão construtiva, pois a madeira é mais barata e mais atrativa economicamente, porém mais demorada e exige manutenção periódica. O aço é a opção intermediária, baixo peso, exige mão de obra especializada. A ardósia é a opção mais cara, apresenta maior necessidade de equipamentos pesados durante sua construção, porém tem prazo de durabilidade indeterminado sem a necessidade de manutenção.

Partindo-se dos princípios da instituição de ensino, na qual o sistema de aproveitamento será implantado, o reservatório de madeira será o mais apropriado devido a busca por materiais sustentáveis para obras públicas.

Como sugestão para pesquisas futuras, que sejam desenvolvidos estudos em instituições de ensino privados, e que também se utilize outros indicadores econômicos como análises de sensibilidade e o método de Monte Carlo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969:1997 Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527:2019 Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em 26 mar. 2020.

ALPINO, T. A.; SENA, A. R. M.; FREITAS, C. M. Desastres relacionados à seca e saúde coletiva – uma revisão da literatura científica. Ciênc. Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v.21, n.3, p.809-820, Mar. 2016 Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232016000300809&lng=en&nrm=iso>. access on 10 Sept. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015213.21392015>.

ANDRADE, T.O. Torres de Água: Incursão em sua Arquitetura. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 2019.

ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). 2005. 150 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6582_VERS%C3O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN.pdf . Acesso em 10 set. 2018.

ARAÚJO, E.P., RODRIGUES, R. P., NUNES, R. O Gerenciamento da demanda de água é o caminho para propiciar a sua preservação. Universitas: Arqit. e Comun. Social, Brasília, v. 5n. 1/2, p. 1-10, jan./dez. 2008 DOI: <http://dx.doi.org/10.5102/uc.v5i1.669>. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/arqcom/article/view/669>

BECATTINI, N. Cisterna da Basílica: A história escondida no subterrâneo de Istambul. Postado em Fevereiro de 2016. Disponível: <https://www.360meridianos.com/dica/cisterna-da-basilica-istambul>. Acesso: 19 de novembro de 2018.

BENDLIN, D. L, KNOBLAUCH, P.M. E FANTIN, T. V. L. Economic Engineering: Economic Viability of Industrialized Mortar Applied with Projector and Applied in the Conventional Form. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, pp.37-43, 2020. Disponível em: <https://ijaers.com/detail/economic->

engineering-economic-viability-of-industrialized-mortar-applied-with-projector-and-applied-in-the-conventional-form/ DOI 10.22161 / ijaers.73.6. Acesso em 28 de abril de 2020.

BERTOLO, E. J.P. Aproveitamento da água da chuva em edificações. Dissertação de mestrado. Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. 2006.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm. Acesso em: 27 mar. 2020.

CAIXETA, C.E.T. Avaliação do atual potencial de reuso de água do estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão. Tese de doutorado. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CALIL, C.J. BRITO, L. D. Manual de projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento. São Carlos, EESC/ USP, 2010.

CAMPISANO, A., DI LIBERTO, A.D., MODICA, C., REITANO, S. Potential for Peak Flow Reduction by Rainwater Harvesting Tanks, *Procedia Engineering*, Volume 89, 2014, Pages 1507-1514, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.441>. Acesso em 19 de Novembro de 2019. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814025569>)

CASTRO, M. F. M. Evitando o superfaturamento das Obras Públicas no Brasil. Monografia Especialização em Gestão Pública. Universidade Candido Mendes. Brasília, 2013.

CHIODI F. C. A batalha da ardósia brasileira no mercado europeu. *Revista Rochas de qualidade*, 203-217. 2011

DELVINO, A. F. Estudo da viabilidade técnica e econômica da inserção de argamassas projetadas mecanicamente. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, Â. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 107, June 2006 . Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000200001&lng=en&nrm=iso. access on 18 Sept. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522006000200001>.

DIAS, A.V.F. Complexidade, desenvolvimento sustentável, comunicação - o Programa Um Milhão de Cisterna em comunidades do Ceará. 200f. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2004.

EMBRAPA. Dados climatológicos obtidos no município de Concórdia/SC. Agrometeorológica da Embrapa Suínos e Aves, 2019. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/meteor/>. Acesso em: 23 nov. 2019.

ENHEALTH. Guidance on use of rainwater tanks. Australian, 2011. Disponível em: <http://www.health.gov.au/>. Acesso em: 21 de Nov. 2018.

FERNANDES, V. M.C.; FIORI, S.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinza em edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.6, n.1, p. 19-30, 2006. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/viewFile/3676/2042> Acesso em 12 de set. 2019.

FREITAS, M.J.C.C.; OLIVEIRA, F.H. Estiagem no Oeste Catarinense: diagnóstico e resiliência. Relatório Técnico-científico. Florianópolis, 2017.

FORNARI, C. Reservatório de madeira tratada para captação de água da chuva. Escola de Educação Básica Professor Mansueto Boff – Concórdia, 2013. Disponível em: <http://educacaoambiental.sds.sc.gov.br/images/Projetos/documentos/Reservatorio.pdf> . Acesso em: 13 set. 2019

GARCIA, E. N.A.; MORENO, COSTA, D. A. A.; FERNANDES, A. L. V. A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, [S.l.], v. 11, n. 6, dez. 2015. ISSN 1980-0827. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1259>. Acesso em: 12 Set. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.17271/1980082711620151259>.

GALAVOTI, M. J. A importância do planejamento na elaboração do orçamento público. Revista Jus Navigandi, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 23, n. 5568, 29 set. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/69287>. Acesso em: 16 set. 2019.

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. Orientações para a utilização de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - Setembro de 2005. Disponível em: <https://www.abas.org/arquivos/aguasf.pdf> Acesso em: 12 set. 2019.

GITMAN, L. J. Princípios de Administração Financeira. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo. In: Simpósio Brasileiro de Captação de água de chuva no Semi árido. Anais eletrônicos. Campina Grande, Pernambuco, 2000.

GOMES, H. P. Eficiência hidráulica e energética em saneamento: análise econômica de projetos. Rio de Janeiro. ABES. 2005

GOMEZ, Y. D, TEIXEIRA, L. G. (2017). Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.015>

GUIMARÃES, B. V. C., Captação e Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.11 n.21; p. 2015.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*, v.1, n.4, p.307-316, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462075800000248?via%3Dihub>. Acesso em 19 de novembro de 2019. DOI: 10.1016/S1462-0758(00)00024-8

HILLEL, D. Negev: Land, water and civilization in a desert environment. Praeger. Ano 1982.

KAVUSA, K. J. Uma interpretação eco-teológica de Provérbios 5: 15-20 à luz das crises hídricas experimentadas na África atual. *Antigo testamento ensaios*, Pretoria, v. 30, n. 3, p. 707-724, 2017. Disponível em <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-99192017000300009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 de novembro de 2018. <http://dx.doi.org/10.17159/2312-3621/2017/v30n3a10>.

LACERDA, C. S.; CÂNDIDO, G. A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Org.) *Gestão sustentável dos Recursos Naturais*. Campina Grande: Eduepb, 2013, p. 13-30. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/bxj5n>>. Acesso em: 27 Novembro 2018.

LISBOA, M. B. Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva. 2011. 205 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MARINHO, M. B.; FREIRE, M. T. M.; KIPERSTOK, A. O Programa AGUAPURA de racionalização do consumo de água da Universidade Federal da Bahia. *Eng. Sanit. Ambiente*. Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 481-492, maio de 2019. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522019000300481&lng=en&nrm=iso>. acesso em 11 de setembro de 2019. Epub 05 de agosto de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019124527>.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. doi:10.11606/D.3.2004.tde-02082004-122332. Acesso em: 02 de Set. 2019.

MEGLIORINI, E. SILVA, M. A. V. R. da. – *Administração financeira uma abordagem brasileira*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. O Conceito de Projeto na Construção de Edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 1995. 20 p.

OLIVEIRA, P. A. V. de; MATTHIENSEN, A.; ALBINO, J. J.; BASSI, L. J.; GRINGS, V. H.; BALDI, P. C. Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. Documentos/Embrapa Suínos e Aves. ISSN 01016245. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79687/1/Doc-157.pdf>

OLIVEIRA, R. G. Extração, produção e beneficiamento de Ardósias para a exportação: o caso Micapel Slate – Dissertação de Mestrado. Administração, Pedro Leopoldo: Fundação Pedro Leopoldo, MG, 2017.

PENIDO, C.M. Cisterna de Istambul. Revista Aventuras na História. Out/2017. Disponível: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/civilizacoes/cisterna-de-istambul.phtml>. Acesso em 19 de Novembro de 2018.

REBOUÇAS, A.C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos avançados, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, Abr. 1997. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141997000100007&lng=en&nrm=iso>. access on 12 Sept. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007>.

REIS E SILVA, D. F. Aproveitamento da Água de Chuva Através de Um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável. / Daniel Freitas Reis e Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2014.

REYMOND, P., Signification dans l'Ancien Testament (Leiden: Brill, 158), 123. https://www.persee.fr/doc/rhr_0035-1423_1960_num_158_1_9071. Acesso em 15 de novembro de 2018.

RHINO WATER TANKS, Rural Rainwater Tanks Made For Australian Conditions. Disponível em: <https://www.kingspan.com/au/en-au/products-brands/water-management-solutions/water-tanks/rhino-rural-water-tanks>. Acesso em: 18 nov.2018

ROSENWACHTANK. The water source. Disponível em: <http://www.rosenwachtank.com/tanks-wood.php>. Acesso em: 15 nov.2018.

SAMPAIO, F. V., Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

SANTANA, D. R, MEDEIROS, L. B., Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações. Relatório Final 01/2017. Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em:

http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_e_sgotamento_sanitario/regulacao/reuso_aguas_cinza_aproveitamento_aguas_pluviais/reusodf_2_padroes_qualidade.pdf. Acesso em: 06 nov. 2019.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Curitiba: UFPR, 2002.

SCHWEITZER, S.F.A.; ANDRADE, M.A.N. (2009) Implantação de um programa de uso eficiente da água contemplando um sistema de aproveitamento de água de chuva na Escola E. B. Manuel Pereira de Medeiros. In: AUED, B.W.; VENDRAMINI, C.R. (Orgs.). Educação do campo: desafios teóricos e práticos. Florianópolis: Insular. v. 1. p. 353-368

SILVA, G. S., TAMAKI, H. O, GONÇALVES, O. M., Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n.1, p. 49-61, jan./mar. 2006. ISSN 1415-8876. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3679>

SILVA, Carlos Eduardo da; HENRIQUE, Daniel Christian; MIMURA, André Toshio. Análise do payback descontado em sistemas residenciais de captação de água de chuva no Estado de Santa Catarina. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 1043-1075, set. 2018. ISSN 16761901. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/3115>>. Acesso em: 12 abril 2020. doi:<https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i3.3115>.

SOBRAL, R. F. C, Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso da USIBEN – João Pessoa- PB. Dissertação de Mestrado Engenharia Urbana e Ambiental – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

SOUSA, S. B. D. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em zonas urbanas: estudo exploratório no Pólo II da Universidade de Coimbra. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - Universidade de Coimbra, Coimbra, Jan. 2015.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Third Edition. Austin, Texas, 2005. Disponível em: http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf.

TIMBERTANKS ENTERPRISES LTD: Sustainable Storage and Treatment Solutions. 2009. Disponível em: <http://www.timbertanks.co.nz/>. Acesso em: 15 nov.2018.

TOMAZ, P. Curso de Manejo de águas pluviais: Capítulo 62 - Reservatório de Retenção. [S.l.: s.n], 2009.

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

TWDB - Texas Water Development Board in cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems – Texas Guide to Rainwater Harvesting. Second Edition. Austin, Texas, 1997. 65p.

ZAIZEN, M.; URAKAWA, T. MATSUMOTO, T.; TAKAI, H. The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. *Urban Water*, v. 1, n. 4, p. 355-359, 2000.

APÊNDICE A – Projeto executivo Reservatório de Ardósia

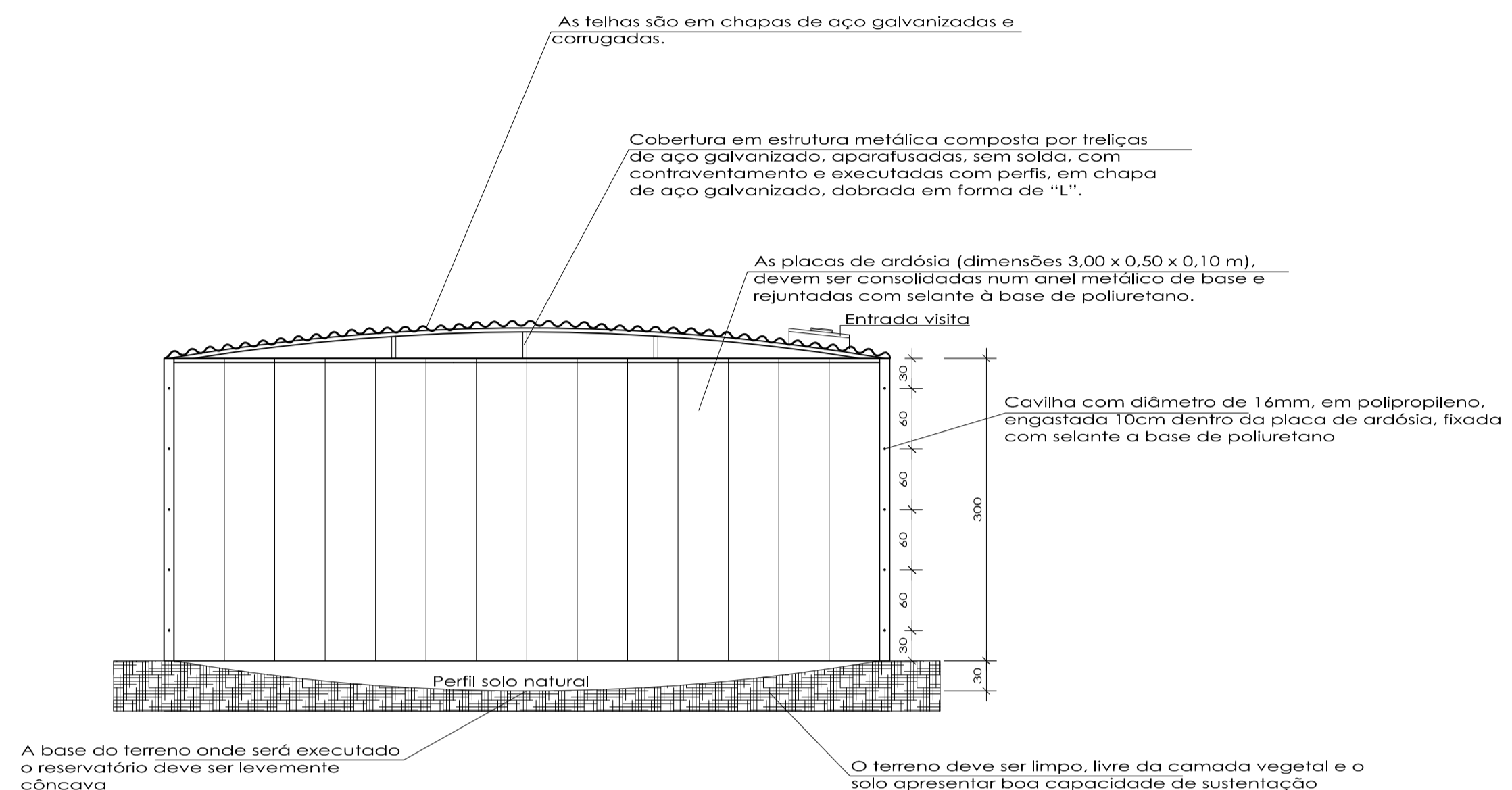
APÊNDICE B – Projeto executivo Reservatório de Madeira

APÊNDICE C – Projeto executivo Reservatório de Aço Galvanizado

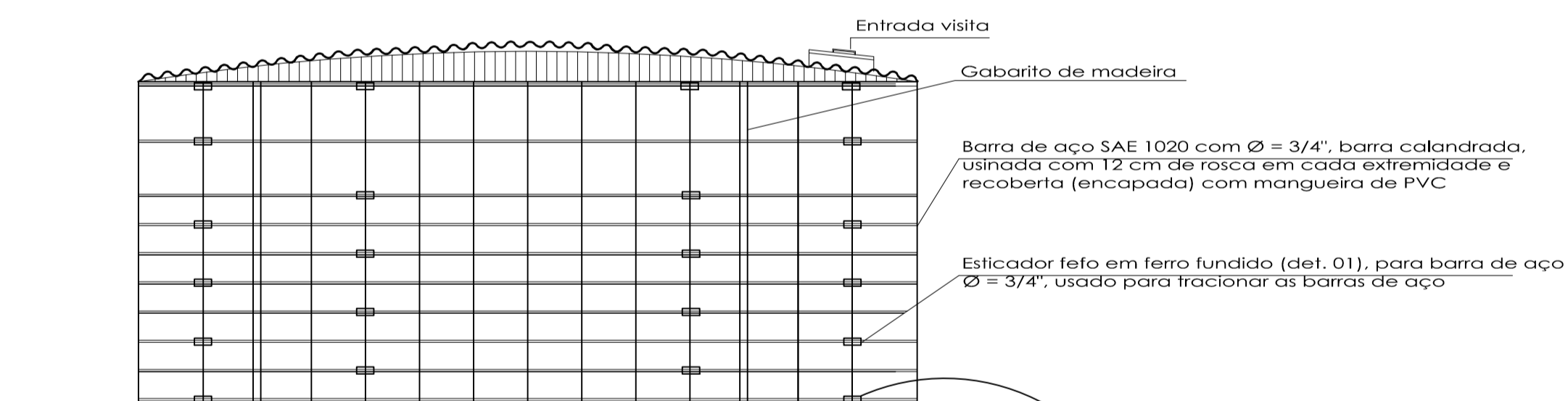
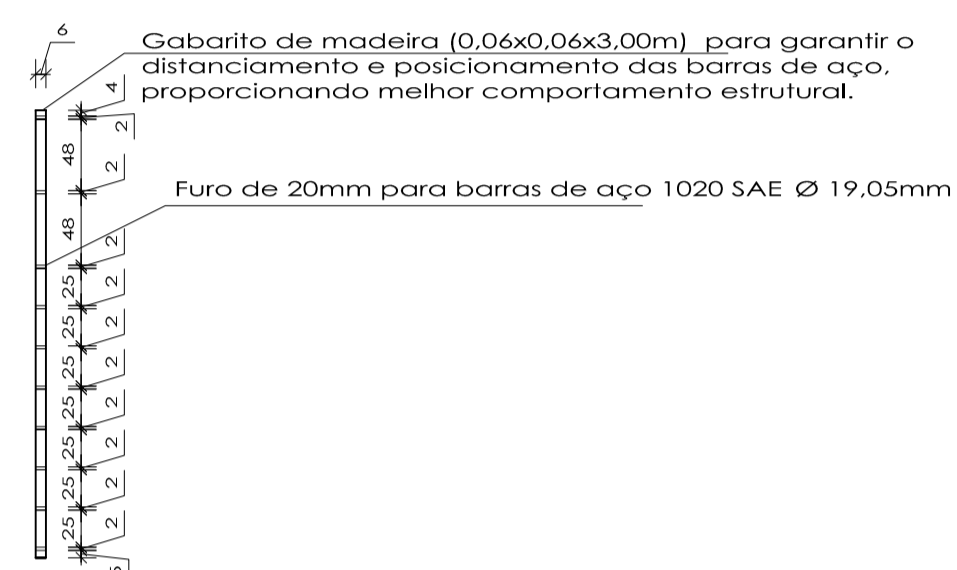
APÊNDICE D – Orçamento Reservatório de Armazenamento em Pedra Ardósia

APÊNDICE E – Orçamento Reservatório de Armazenamento em Madeira

APÊNDICE F – Reservatório de Armazenamento em Aço Galvanizado



CORTE AA
Escala 1/50

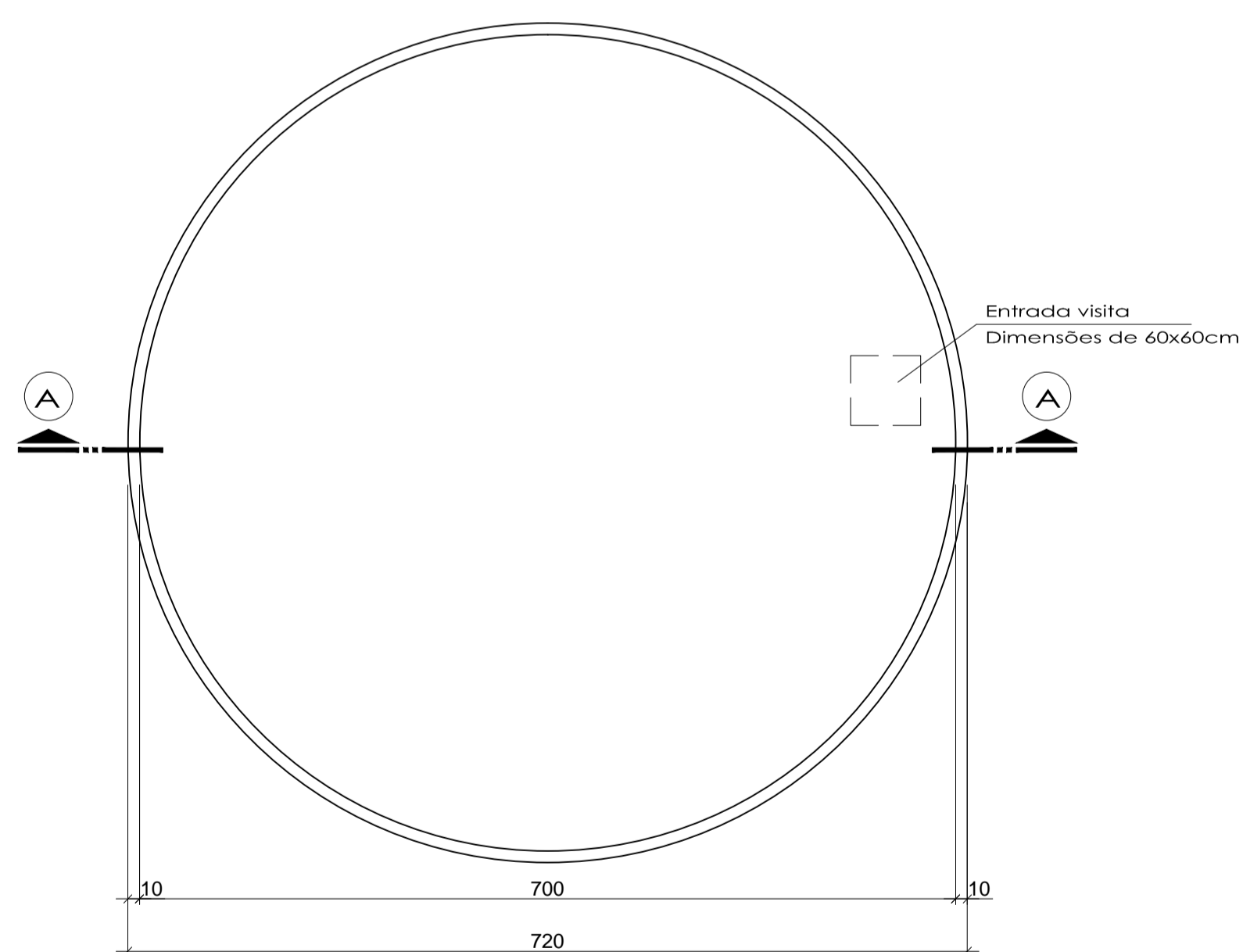
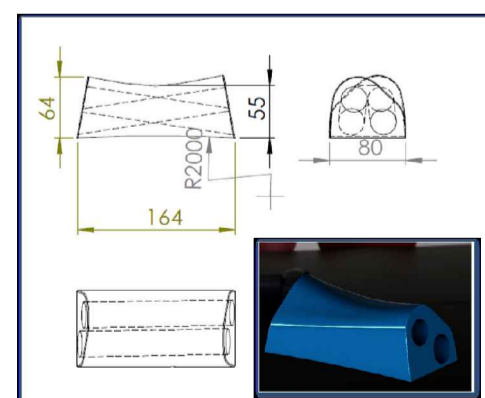


VISTA FRONTAL
Escala 1/50

Detalhe 01

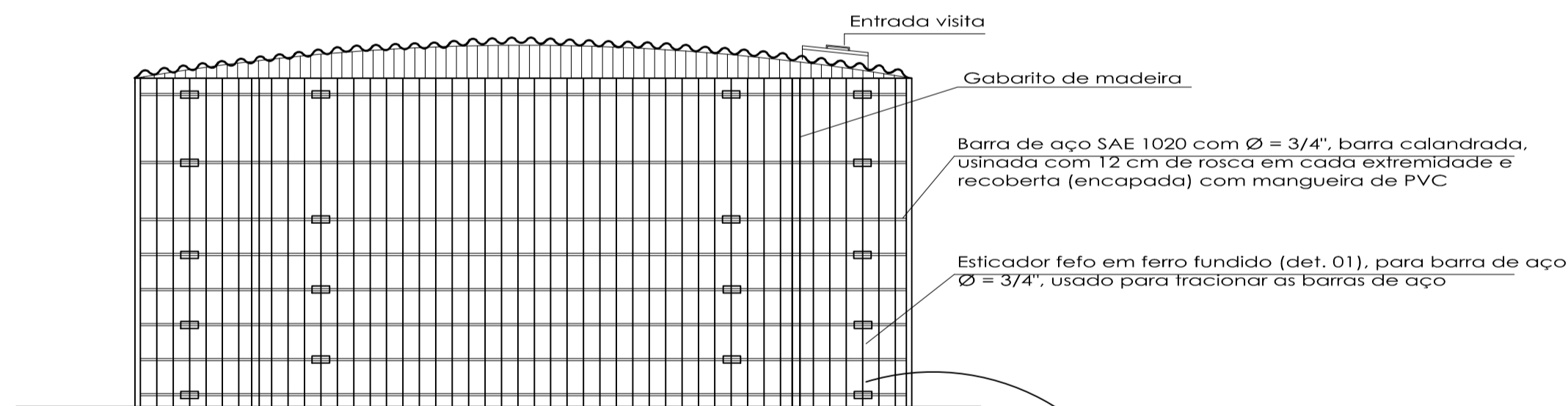
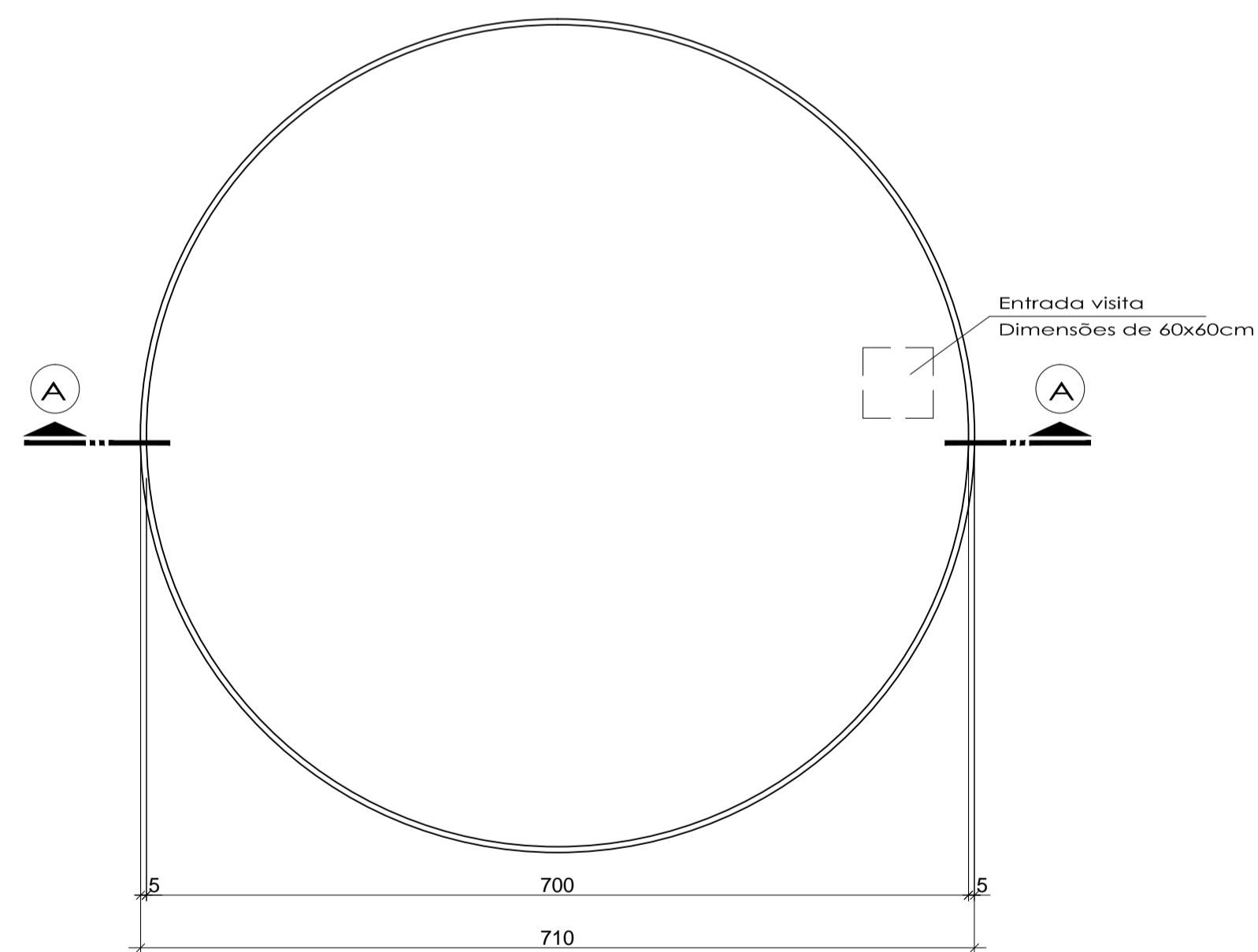
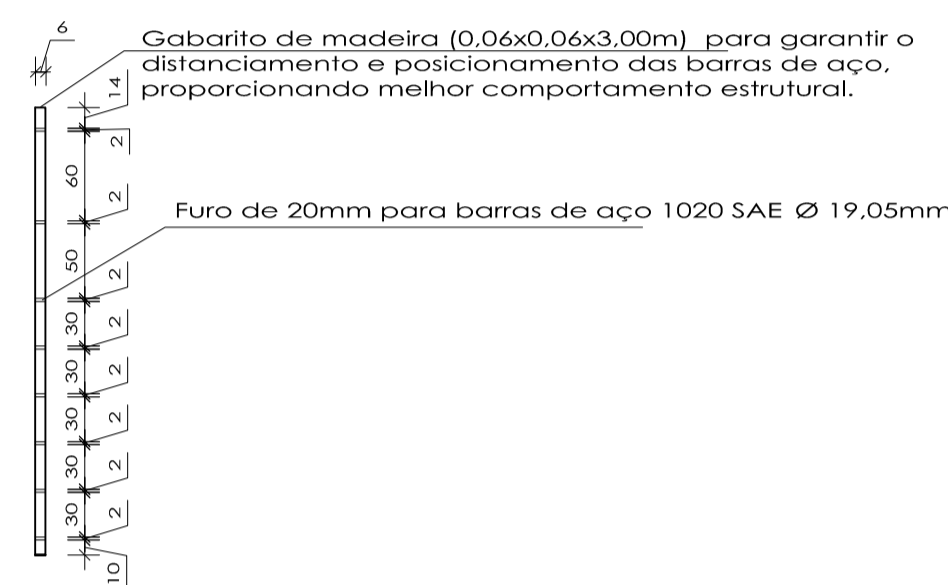
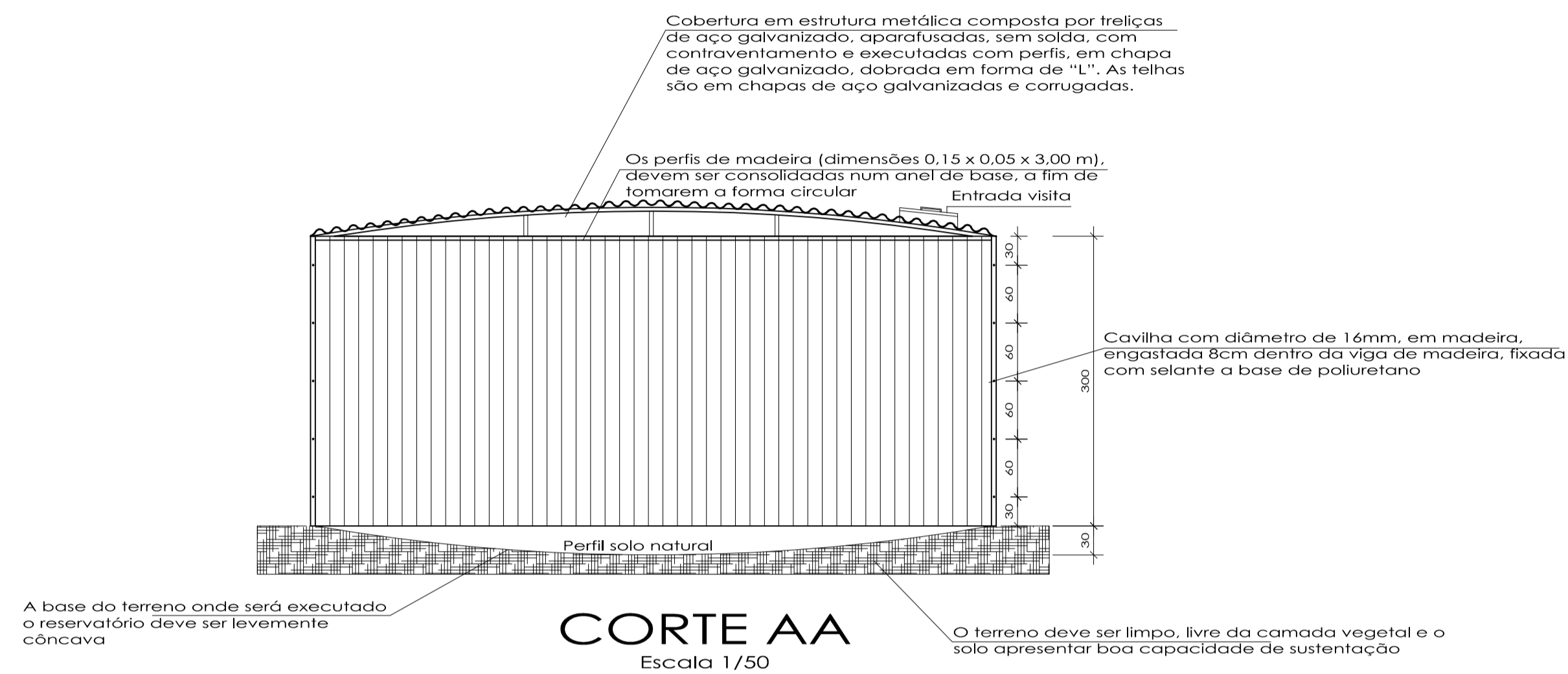


Detalhamento esticador

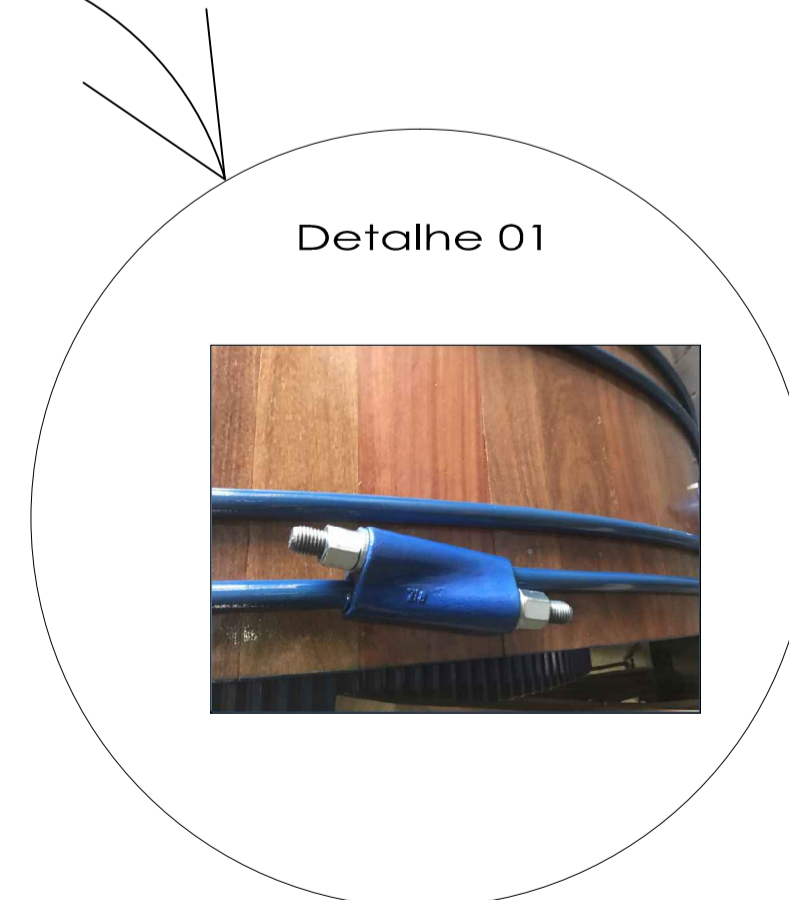
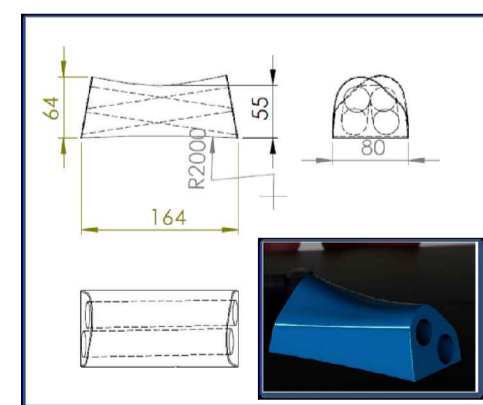


PLANTA BAIXA RESERVATÓRIO ARDÓSIA
Escala 1/50
Volume = 100m³

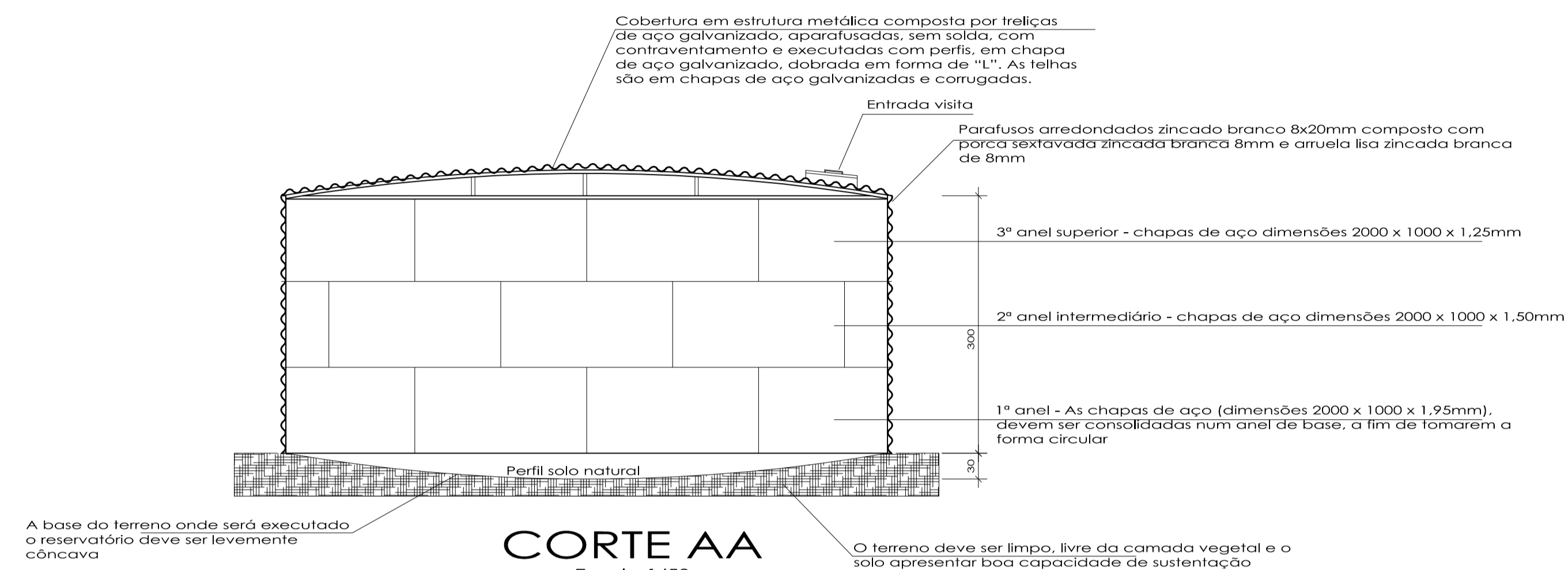
 <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CONCÓRDIA Campus Concórdia</p>		
<p>CONTRATANTE</p> <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE CAMPUS CONCÓRDIA Telefone: (49) 3441 4800 Rodovia SC 283, km 17 Bairro Fragosos Concórdia - SC</p>		
AUTORIA DO PROJETO	CONTRATANTE	
Engenheira Civil: Tania Valentin de Lima Fanin CREA 098.881-3	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx Diretor Geral Campus	
<p>NOME DO PROJETO</p> <p>SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA CHUVA</p> <p>TÍTULO DO DESENHO</p> <p>Reservatório armazenador em Ardósia - Volume de 100m³</p>		
OBJETIVO DO PROJETO	TIPO DE PROJETO	FOLHA
CONSTRUÇÃO	PROJETO EXECUTIVO	01
AUTORIA DO DESENHO	ÁREA CAPTAÇÃO	
TANIA	1.152,90 m²	
CIDADE - UF	REVISÃO Nº	REFERÊNCIA
CONCÓRDIA SC	00	ARQ. 01/01
DATA	ESCALA	
DEZEMBRO/2019	INDICADA	



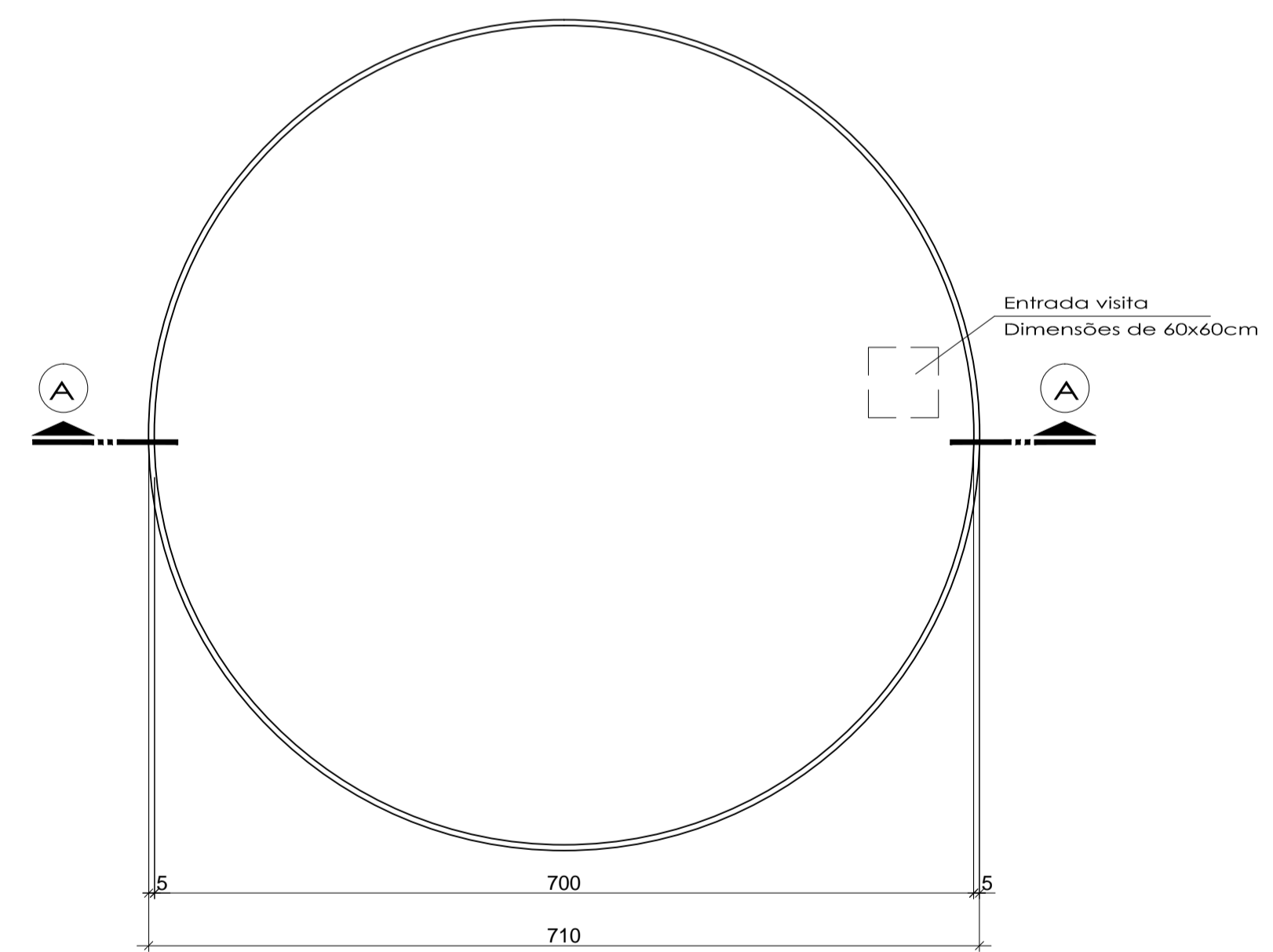
Detalhamento esticador



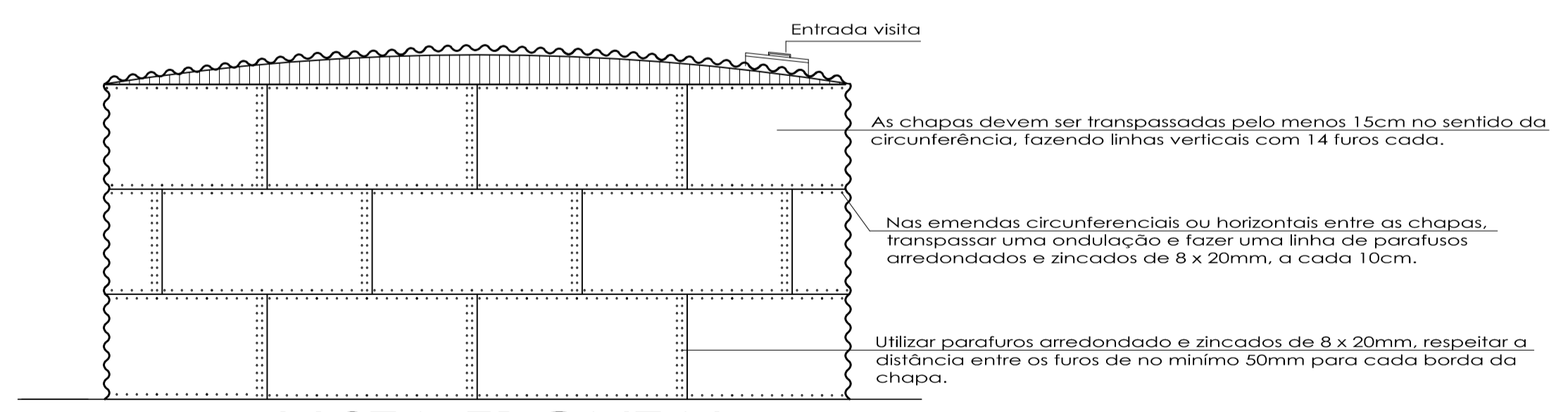
 <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CONCÓRDIA Campus Concórdia</p>		
<p>CONTRATANTE</p> <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE CAMPUS CONCÓRDIA Telefone: (49) 3441 4800 Rodovia SC 283, km 17 Bairro Fragosos Concórdia - SC</p>		
AUTORIA DO PROJETO	CONTRATANTE	
Engenheira Civil: Tania Valentin de Lima Fantin CREA 098.881-3	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx Diretor Geral Campus	
<p>NOME DO PROJETO</p> <p>SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA CHUVA</p> <p>TÍTULO DO DESENHO</p> <p>Reservatório armazenador em Madeira - Volume de 100m³</p>		
OBJETIVO DO PROJETO	TIPO DE PROJETO	FOLHA
CONSTRUÇÃO	PROJETO EXECUTIVO	01
AUTORIA DO DESENHO	ÁREA CAPTAÇÃO	
TANIA	1.152,90 m²	
CIDADE - UF	REVISÃO Nº	REFERÊNCIA
CONCÓRDIA SC	00	ARQ. 01/01
DATA	ESCALA	
DEZEMBRO/2019	INDICADA	



CORTE AA
Escala 1/50



PLANTA BAIXA RESERVATÓRIO AÇO GALVANIZADO
Escala 1/50
Volume = 100m³



VISTA FRONTAL
Escala 1/50



<p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE Campus Concórdia</p>			
<p>CONTRATANTE</p> <p>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE CAMPUS CONCÓRDIA Telefone: (49) 3441 4800 Rodovia SC 283, km 17 Bairro Fragosos Concórdia - SC</p>			
<p>AUTORIA DO PROJETO</p> <p>Engenheira Civil: Tania Valentin de Lima Farin CREA 098.881-3</p>		<p>CONTRATANTE</p> <p>xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx Diretor Geral Campus</p>	
<p>NOME DO PROJETO</p> <p>SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA CHUVA</p>			
<p>TÍTULO DO DESENHO</p> <p>Reservatório armazenador em Aço galvanizado - Vol. 100m³</p>			
<p>OBJETIVO DO PROJETO</p> <p>CONSTRUÇÃO</p>	<p>TIPO DE PROJETO</p> <p>PROJETO EXECUTIVO</p>	<p>FOLHA</p> <p>01</p>	
<p>AUTORIA DO DESENHO</p> <p>TANIA</p>	<p>ÁREA CAPTAÇÃO</p> <p>1.152,90 m²</p>	<p>REFERÊNCIA</p> <p>ARQ. 01/01</p>	
<p>CIDADE - UF</p> <p>CONCÓRDIA SC</p>	<p>REVISÃO Nº</p> <p>00</p>	<p>REFERÊNCIA</p> <p>ARQ. 01/01</p>	
<p>DATA</p> <p>DEZEMBRO/2019</p>	<p>ESCALA</p> <p>INDICADA</p>	<p>REFERÊNCIA</p> <p>ARQ. 01/01</p>	



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE**
Campus Concórdia

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA

OBRA: Reservatório de Armazenamento de água em Pedra Ardósia

LDI: 24,93%

Volume: 100,00 m³

Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%
1	SERVIÇOS INICIAIS									
1.1	Corte e aterro compensado	m ³	7,53	1,38	10,41	3,23	24,30	79473	34,71	R\$ 43,37
Total item 1					R\$ 10,41		R\$ 24,30		R\$ 34,71	R\$ 43,37
2	RESERVATÓRIO ARMAZENAMENTO									
2.1	Placa de ardósia com dimensões de (300x50x10cm), com chanfro de 4,74°, beneficiada com todas as furações para colocação das cavilhas. Considerar o transporte de 300km em caminhão trucado	un.	44,00	79,13	3.481,50	184,63	8.123,50	Mercado	11.605,00	R\$ 14.498,13
2.2	Gabarito de madeira de 300x6x6cm em pinus eliotis tratada em autoclave, com CCA, para sustentação das barras de aço	un.	6,00	5,62	33,70	13,10	78,62	Mercado	112,32	R\$ 140,32
2.3	Cavilhas de encaixos em polipropileno (PP) com Ø = 16mm e comprimento = 80mm	un.	220,00	0,18	38,50	0,41	89,83	Mercado	128,33	R\$ 160,33
2.4	Parafusos sextavados rosca soberba em aço inox 304 - Ø6mm x 65mm	un.	36,00	0,52	18,54	1,20	43,26	Mercado	61,80	R\$ 77,21
2.5	Aruela lisa de aço inoxidável para parafusos de 6mm	un.	36,00	0,23	8,10	0,53	18,90	Mercado	27,00	R\$ 33,73
2.6	Bucha de nylon para parafuso de 6mm	un.	36,00	0,14	4,86	0,32	11,34	Mercado	16,20	R\$ 20,24
2.7	Barra de aço para construção mecânica SAE 1020 com Ø = 3/4", barra calandrada, cortada conforme medida do projeto, usinada com 12cm de rosca em cada extremidade e recoberta (encapada) com mangueira de pvc	un.	40,00	56,20	2.248,00	131,13	5.245,33	Mercado	7.493,33	R\$ 9.361,42
2.8	Esticador fefo para barra de aço Ø = 3/4" e com pintura a base de epóxi	un.	40,00	18,05	722,00	42,12	1.684,67	Mercado	2.406,67	R\$ 3.006,65
2.9	Porca sextavada ZB de aço galvanizado para rosca de 3/4"	un.	80,00	0,92	73,92	2,16	172,48	Mercado	246,40	R\$ 307,83
2.10	Arruela lisa ZB de aço galvanizado para rosca de 3/4"	un.	160,00	0,19	29,76	0,43	69,44	Mercado	99,20	R\$ 123,93
2.11	Cantoneira em aço galvanizado, 3/16 x 2", comprimento de 23000mm, cortada e perfurada a laser, para enrijecimento da borda superior	un.	1,00	399,50	399,50	932,17	932,17	Mercado	1.331,67	R\$ 1.663,65
2.12	Estrutura metálica galvanizada com treliças parafusadas com cobertura em telha de aço galvanizado ondulado de 0,43mm	m ²	42,40	45,50	1.929,20	106,17	4.501,47	Mercado	6.430,67	R\$ 8.033,83
2.13	Membrana geossintética colocada, material PEAD com espessura de 0,8mm.	m ²	111,08	4,23	469,54	9,86	1.095,58	25862	1.565,12	R\$ 1.955,30
2.14	Selador para madeira	m ²	4,32	2,87	12,39	6,69	28,91	84657	41,30	R\$ 51,60

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

OBRA: Reservatório de Armazenamento de água em Pedra Ardósia

LDI: 24,93%

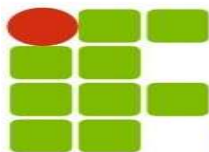
Volume: 100,00 m³

Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI	
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%	
2.15	Esmalte sintético incolor (duas demãos)	m²	4,32	4,66	20,13	10,87	46,96	84659	67,09	R\$	83,82
2.16	Selante PU - Poliuretano 400gr	un.	11,00	5,06	55,62	11,80	129,77	Mercado	185,39	R\$	231,60
2.17	Guindauto hidráulico, capacidade máxima de carga de 6200kg, alcance horizontal 9,70m e potência de 189 cv.	hr	8,00	28,31	226,44	66,05	528,36	91467	754,80	R\$	942,97
2.18	Motorista operador de guindauto hidráulico com encargos complementares	hr	8,00	19,79	158,32	0,00	0,00	88286	158,32	R\$	197,79
2.19	Mão de obra encarregado de obras com encargos complementares	hr	24,00	28,38	681,12	0,00	0,00	90776	681,12	R\$	850,92
2.20	Mão de obra ajudante carpintaria com encargos complementares	hr	96,00	20,13	1.932,48	0,00	0,00	88239	1.932,48	R\$	2.414,25
Total item 2					R\$ 12.543,60		R\$ 22.800,60		R\$ 35.344,20	R\$ 44.155,51	

3 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS											
3.1	Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	m	41,20	2,50	102,84	5,82	239,95	9836	342,78	R\$	428,24
3.2	Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	73,00	6,38	466,03	14,90	1.087,41	20065	1.553,44	R\$	1.940,71
3.3	Luva de correr DN 100 mm	un.	2,00	3,80	7,59	8,86	17,71	3833	25,30	R\$	31,61
3.4	Luva de correr DN 150 mm	un.	8,00	12,36	98,88	28,84	230,72	3835	329,60	R\$	411,77
3.5	Curva de PVC 45°, DN 100mm	un.	2,00	4,32	8,64	10,08	20,16	38426	28,80	R\$	35,98
3.6	Joelho de PVC 45° DN 150mm	un.	4,00	9,58	38,30	22,34	89,38	20128	127,68	R\$	159,51
3.7	Curva de PVC 90° DN 100mm	un.	2,00	9,80	19,60	22,86	45,72	38423	65,32	R\$	81,60
3.8	Joelho de PVC 90° DN 150mm	un.	2,00	8,74	17,48	20,40	40,80	20131	58,28	R\$	72,81
3.9	Junção simples de PVC, DN 150x100mm	un.	6,00	26,53	159,16	61,89	371,36	20145	530,52	R\$	662,78
3.10	Sifão ladrão de 200mm	un.	1,00	381,62	381,62	890,45	890,45	Mercado	1.272,07	R\$	1.589,19
3.11	Freio d'água 200mm	un.	1,00	282,27	282,27	658,63	658,63	Mercado	940,90	R\$	1.175,47
3.12	Conjunto bóia e mangueira de 2"	un.	1,00	231,66	231,66	540,54	540,54	Mercado	772,20	R\$	964,71
3.13	Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	157,14	366,66	366,66	11869	523,80	R\$	654,38
3.14	Válvula solenóide latão Ø 3/4, 220v, 2/2 vias	un.	1,00	53,54	53,54	124,93	124,93	Mercado	178,47	R\$	222,96
3.15	Bóia elétrica com controle automático nível, 2cv/220V	un.	2,00	12,78	25,55	29,81	59,62	Mercado	85,17	R\$	106,40
3.16	Tubo PVC soldável DN 25mm água fria	m	29,75	0,73	21,69	1,70	50,60	9868	72,29	R\$	90,32
3.17	Tubo PVC soldável DN 32mm água fria	m	48,00	1,64	78,48	3,82	183,12	9869	261,60	R\$	326,82

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

OBRA: Reservatório de Armazenamento de água em Pedra Ardósia
LDI: 24,93%
Volume: 100,00 m³
Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%
3.18	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 25 mm	un.	1,00	1,37	1,37	3,19	3,19	94656	4,55	R\$ 5,68
3.19	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 32 mm	un.	4,00	6,71	26,86	15,67	62,66	94785	89,52	R\$ 111,84
3.20	Registro de esfera PVC DN 32mm	un.	5,00	11,14	55,71	26,00	129,99	94490	185,70	R\$ 232,00
3.21	Bomba Submersível 1/6cv 220V	un.	1,00	204,50	204,50	477,17	477,17	Mercado	681,68	R\$ 851,62
3.22	Torneira metal com bico para jardim, padrão popular 3/4	un.	3,00	4,79	14,36	11,17	33,52	7602	47,88	R\$ 59,82
3.23	Encanador com encargos complementares	h	16,00	20,45	327,20	0,00	0,00	88267	327,20	R\$ 408,77
Total item 3					R\$ 2.780,46		R\$ 5.724,28		R\$ 8.504,74	R\$ 10.624,98

4 DISPOSITIVOS DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS E SEPARADOR DE SÓLIDOS										
4.1	Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	9,65	6,38	61,61	14,90	143,75	20065	205,35	R\$ 256,55
4.2	Tubo PVC esgoto série normal DN 250 mm	m	5,60	30,09	168,50	70,21	393,18	41931	561,68	R\$ 701,71
4.3	Joelho 90° DN 250mm	un.	2,00	45,71	91,42	106,65	213,30	42694	304,72	R\$ 380,69
4.4	Tê PVC DN 150 x 150 mm	un.	1,00	21,54	21,54	50,25	50,25	20181	71,79	R\$ 89,69
4.5	Redução excêntrica PVC esgoto 150x100mm	un.	1,00	8,57	8,57	20,01	20,01	20047	28,58	R\$ 35,70
4.6	Redução excêntrica PVC esgoto 200x150mm	un.	4,00	33,29	133,15	77,67	310,69	20036	443,84	R\$ 554,49
4.7	Redução excêntrica esgoto PVC 200x250mm	un.	2,00	62,79	125,57	146,50	293,01	20037	418,58	R\$ 522,93
4.8	Filtro separador de sólidos para telhado área até 1500m ²	un.	1,00	2.714,20	2.714,20	6.333,13	6.333,13	Mercado	9.047,33	R\$ 11.302,83
4.9	Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	157,14	366,66	366,66	11869	523,80	R\$ 654,38
4.10	Bóia plástica DN 150mm	un.	1,00	24,78	24,78	57,81	57,81	11787	82,59	R\$ 103,18
4.11	Adesivo Plástico para PVC Frasco 175 g	un.	1,00	5,07	5,07	11,84	11,84	20080	16,91	R\$ 21,13
4.12	Encanador com encargos complementares	h	24,00	17,94	430,56	0,00	0,00	2696	430,56	R\$ 537,90
Total item 4					R\$ 3.942,11		R\$ 8.193,62		R\$ 12.135,74	R\$ 15.161,17
TOTAL GERAL					R\$ 19.276,59		R\$ 36.742,80		R\$ 56.019,39	R\$ 69.985,03

Concórdia SC, Março/2020.

Nota explicativa: O referencial de custos deste orçamento foi baseado basicamente na Tabela SINAPI Dezembro/2019. Os itens com a FONTE "Mercado", foram obtidos através de pesquisa de preço de mercado.

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

OBRA: Reservatório Armazenador de água em Madeira

LDI: 24,93%

Volume: 100,00 m³

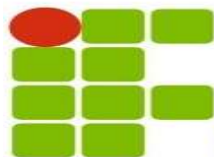
Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%

1 SERVIÇOS INICIAIS										
1.1	Corte e aterro compensado	m ³	7,53	1,38	10,41	3,23	24,30	79473	34,71	R\$ 43,37
Total item 1					R\$ 10,41		R\$ 24,30		R\$ 34,71	R\$ 43,37

2 RESERVATÓRIO ARMAZENAMENTO										
2.1	Viga de madeira com dimensões de 0,15x0,05x3,00m, em pinus eliotis, tratada em autoclave com CCA	un.	147,00	11,24	1.652,72	26,23	3.856,35	Mercado	5.509,07	R\$ 6.882,48
2.2	Gabarito de madeira de 300x6x6cm em pinus eliotis tratada em autoclave, com CCA, para sustentação das barras de aço	un.	6,00	5,62	33,70	13,10	78,62	Mercado	112,32	R\$ 140,32
2.3	Cavilhas de encaixos em pinus eliotis com $\varnothing = 16\text{mm}$ e comprimento = 80mm	un.	735,00	0,18	128,63	0,41	300,13	Mercado	428,75	R\$ 535,64
2.4	Parafusos sextavados rosca soberba em aço inox 304 - $\varnothing 6\text{mm}$ x 65mm	un.	36,00	0,52	18,54	1,20	43,26	Mercado	61,80	R\$ 77,21
2.5	Aruela lisa de aço inoxidável para parafusos de 6mm	un.	36,00	0,23	8,10	0,53	18,90	Mercado	27,00	R\$ 33,73
2.6	Barra de aço para construção mecânica SAE 1020 com $\varnothing = 3/4"$, barra calandrada, cortada conforme medida do projeto, usinada com 12cm de rosca em cada extremidade e recoberta (encapada) com mangueira de pvc	un.	32,00	56,20	1.798,40	131,13	4.196,27	Mercado	5.994,67	R\$ 7.489,14
2.7	Esticador fefo para barra de aço $\varnothing = 3/4"$ e com pintura a base de epóxi	un.	32,00	18,05	577,60	42,12	1.347,73	Mercado	1.925,33	R\$ 2.405,32
2.8	Porca sextavada ZB de aço galvanizado para rosca de 3/4"	un.	64,00	0,92	59,14	2,16	137,98	Mercado	197,12	R\$ 246,26
2.9	Arruela lisa ZB de aço galvanizado para rosca de 3/4"	un.	128,00	0,19	23,81	0,43	55,55	Mercado	79,36	R\$ 99,14
2.10	Cantoneira em aço galvanizado, 3/16 x 2", comprimento de 2300mm, cortada e perfurada a laser, para enrijecimento da borda superior	un.	1,00	399,50	399,50	932,17	932,17	Mercado	1.331,67	R\$ 1.663,65
2.11	Estrutura metálica galvanizada com treliças parafusadas com cobertura em telha de aço galvanizado ondulado de 0,43mm	m ²	42,40	45,50	1.929,20	106,17	4.501,47	Mercado	6.430,67	R\$ 8.033,83
2.12	Membrana geossintética colocada, material PEAD com espessura de 0,08mm.	m ²	155,08	4,23	655,52	9,86	1.529,55	25862	2.185,08	R\$ 2.729,82
2.13	Selador para madeira	m ²	70,32	2,87	201,68	6,69	470,58	84657	672,26	R\$ 839,85

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

OBRA: Reservatório Armazenador de água em Madeira

LDI: 24,93%

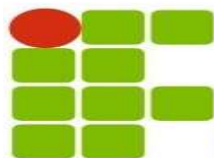
Volume: 100,00 m³

Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%
2.14	Esmalte sintético incolor (duas demãos)	m ²	70,32	4,66	327,62	10,87	764,45	84659	1.092,07	R\$ 1.364,32
2.15	Mão de obra encarregado com encargos complementares	hr	16,00	28,38	454,08	0,00	0,00	90776	454,08	R\$ 567,28
2.16	Mão de obra ajudante de carpintaria com encargos complementares	hr	48,00	20,13	966,24	0,00	0,00	88239	966,24	R\$ 1.207,12
Total item 2					R\$ 9.234,47		R\$ 18.233,01		R\$ 27.467,48	R\$ 34.315,12

3 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS										
3.1	Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	m	41,20	2,50	102,84	5,82	239,95	9836	342,78	R\$ 428,24
3.2	Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	73,00	6,38	466,03	14,90	1.087,41	20065	1.553,44	R\$ 1.940,71
3.3	Luva de correr DN 100 mm	un.	2,00	3,80	7,59	8,86	17,71	3833	25,30	R\$ 31,61
3.4	Luva de correr DN 150 mm	un.	8,00	12,36	98,88	28,84	230,72	3835	329,60	R\$ 411,77
3.5	Curva de PVC 45°, DN 100mm	un.	2,00	4,32	8,64	10,08	20,16	38426	28,80	R\$ 35,98
3.6	Joelho de PVC 45° DN 150mm	un.	4,00	9,58	38,30	22,34	89,38	20128	127,68	R\$ 159,51
3.7	Curva de PVC 90° DN 100mm	un.	2,00	9,80	19,60	22,86	45,72	38423	65,32	R\$ 81,60
3.8	Joelho de PVC 90° DN 150mm	un.	2,00	8,74	17,48	20,40	40,80	20131	58,28	R\$ 72,81
3.9	Junção simples de PVC, DN 150x100mm	un.	6,00	26,53	159,16	61,89	371,36	20145	530,52	R\$ 662,78
3.10	Sifão ladrão de 200mm	un.	1,00	381,62	381,62	890,45	890,45	Mercado	1.272,07	R\$ 1.589,19
3.11	Freio d'água 200mm	un.	1,00	282,27	282,27	658,63	658,63	Mercado	940,90	R\$ 1.175,47
3.12	Conjunto bóia e mangueira de 2"	un.	1,00	231,66	231,66	540,54	540,54	Mercado	772,20	R\$ 964,71
3.13	Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	157,14	366,66	366,66	11869	523,80	R\$ 654,38
3.14	Válvula solenóide latão Ø 3/4, 220v, 2/2 vias	un.	1,00	53,54	53,54	124,93	124,93	Mercado	178,47	R\$ 222,96
3.15	Bóia elétrica com controle automático nível, 2cv/220V	un.	2,00	12,78	25,55	29,81	59,62	Mercado	85,17	R\$ 106,40
3.16	Tubo PVC soldável DN 25mm água fria	m	29,75	0,73	21,69	1,70	50,60	9868	72,29	R\$ 90,32
3.17	Tubo PVC soldável DN 32mm água fria	m	48,00	1,64	78,48	3,82	183,12	9869	261,60	R\$ 326,82
3.18	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 25 mm	un.	1,00	1,37	1,37	3,19	3,19	94656	4,55	R\$ 5,68
3.19	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 32 mm	un.	4,00	6,71	26,86	15,67	62,66	94785	89,52	R\$ 111,84
3.20	Registro de esfera PVC DN 32mm	un.	5,00	11,14	55,71	26,00	129,99	94490	185,70	R\$ 232,00
3.21	Bomba Submersível 1/6cv 220V	un.	1,00	204,50	204,50	477,17	477,17	Mercado	681,68	R\$ 851,62

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

OBRA: Reservatório Armazenador de água em Madeira

LDI: 24,93%

Volume: 100,00 m³

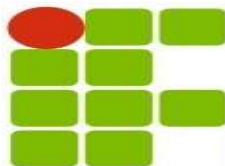
Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%
3.22	Torneira metal com bico para jardim, padrão popular 3/4	un.	3,00	4,79	14,36	11,17	33,52	7602	47,88	R\$ 59,82
3.23	Encanador com encargos complementares	h	16,00	20,45	327,20	0,00	0,00	88267	327,20	R\$ 408,77
Total item 3					R\$ 2.780,46		R\$ 5.724,28		R\$ 8.504,74	R\$ 10.624,98
4	DISPOSITIVOS DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS E SEPARADOR DE SÓLIDOS									
4.1	Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	9,65	6,38	61,61	14,90	143,75	20065	205,35	R\$ 256,55
4.2	Tubo PVC esgoto série normal DN 250 mm	m	5,60	30,09	168,50	70,21	393,18	41931	561,68	R\$ 701,71
4.3	Joelho 90° DN 250mm	un.	2,00	45,71	91,42	106,65	213,30	42694	304,72	R\$ 380,69
4.4	Tê PVC DN 150 x 150 mm	un.	1,00	21,54	21,54	50,25	50,25	20181	71,79	R\$ 89,69
4.5	Redução excêntrica PVC esgoto 150x100mm	un.	1,00	8,57	8,57	20,01	20,01	20047	28,58	R\$ 35,70
4.6	Redução excêntrica PVC esgoto 200x150mm	un.	4,00	33,29	133,15	77,67	310,69	20036	443,84	R\$ 554,49
4.7	Redução excêntrica esgoto PVC 200x250mm	un.	2,00	62,79	125,57	146,50	293,01	20037	418,58	R\$ 522,93
4.8	Filtro separador de sólidos para telhado área até 1500m²	un.	1,00	2.714,20	2.714,20	6.333,13	6.333,13	Mercado	9.047,33	R\$ 11.302,83
4.9	Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	157,14	366,66	366,66	11869	523,80	R\$ 654,38
4.10	Bóia plástica DN 150mm	un.	1,00	24,78	24,78	57,81	57,81	11787	82,59	R\$ 103,18
4.11	Adesivo Plástico para PVC Frasco 175 g	un.	1,00	5,07	5,07	11,84	11,84	20080	16,91	R\$ 21,13
4.12	Encanador com encargos complementares	h	24,00	17,94	430,56	0,00	0,00	2696	430,56	R\$ 537,90
Total item 4					R\$ 3.942,11		R\$ 8.193,62		R\$ 12.135,74	R\$ 15.161,17
TOTAL GERAL					R\$ 15.967,46		R\$ 32.175,21		R\$ 48.142,67	R\$ 60.144,64

Concórdia SC, Março/2020.

Nota explicativa: O referencial de custos deste orçamento foi baseado basicamente na Tabela SINAPI Dezembro/2019.

Os itens com a FONTE "Mercado", foram obtidos através de pesquisa de preço de mercado.

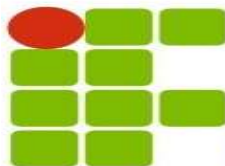


**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA

OBRA: Reservatório Armazenador de água em Aço Galvanizado
LDI: 24,93%
Volume: 100,00 m³
Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%
1	SERVIÇOS INICIAIS									
1.1	Corte e aterro compensado	m ³	7,53	1,38	10,41	3,23	24,30	79473	34,71	R\$ 43,37
	Total item 1				R\$ 10,41		R\$ 24,30		R\$ 34,71	43,37
2	RESERVATÓRIO ARMAZENAMENTO									
2.1	Chapa ondulada de aço galvanizado zincado, dimensões 2.000x1.000x1,95mm, com cortes e perfurações a laser conforme projeto. Considerando a distância de transporte de 15km	un.	13,00	192,50	2.502,50	449,17	5.839,17	Mercado	8.341,67	R\$ 10.421,24
2.2	Chapa ondulada de aço galvanizado zincado, dimensões 2.000x1.000x1,50mm, com cortes e perfurações a laser conforme projeto. Considerando a distância de transporte de 15km	un.	13,00	160,90	2.091,70	375,43	4.880,63	Mercado	6.972,33	R\$ 8.710,54
2.3	Chapa ondulada de aço galvanizado zincado, dimensões 2.000x1.000x1,25mm, com cortes e perfurações a laser conforme projeto. Considerando a distância de transporte de 15km	un.	13,00	141,70	1.842,10	330,63	4.298,23	Mercado	6.140,33	R\$ 7.671,12
2.4	Parafusos arredondado zincado branco 8 x 20mm	un.	2.200,00	0,12	253,00	0,27	590,33	Mercado	843,33	R\$ 1.053,58
2.5	Porca sextavada zincada bca 8mm	un.	2.200,00	0,04	85,80	0,09	200,20	Mercado	286,00	R\$ 357,30
2.6	Aruela lisa zincada bca 8mm	un.	2.200,00	0,02	46,20	0,05	107,80		154,00	R\$ 192,39
2.7	Cantoneira em aço galvanizado, 3/16 x 2", comprimento de 23000mm, cortada e perfurada a laser, para enrijecimento da borda superior	un.	1,00	399,50	399,50	932,17	932,17	Mercado	1.331,67	R\$ 1.663,65
2.8	Estrutura metálica galvanizada com treliças parafusadas com cobertura em telha de aço galvanizado ondulado de 0,43mm	m ²	42,40	45,50	1.929,20	106,17	4.501,47	Mercado	6.430,67	R\$ 8.033,83
2.9	Membrana geossintética colocada, material PEAD com espessura de 0,8mm.	m ²	111,08	4,23	469,54	9,86	1.095,58	Mercado	1.565,12	R\$ 1.955,30
2.10	Selante PU - Poliuretano 400gr	un.	6,00	5,06	30,33	11,80	70,77	Mercado	101,10	R\$ 126,30
2.11	Mão de obra encarregado com encargos complementares	hr	24,00	28,38	681,12	0,00	0,00	90776	681,12	R\$ 850,92
2.12	Mão de obra ajudante com encargos complementares	hr	48,00	20,13	966,24	0,00	0,00	88239	966,24	R\$ 1.207,12
	Total item 2				R\$ 11.297,23		R\$ 22.516,35		R\$ 33.813,58	R\$ 42.243,30
3	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS									
3.1	Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	m	41,20	2,50	102,84	5,82	239,95	9836	342,78	R\$ 428,24
3.2	Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	73,00	6,38	466,03	14,90	1.087,41	20065	1.553,44	R\$ 1.940,71
3.3	Luva de correr DN 100 mm	un.	2,00	3,80	7,59	8,86	17,71	3833	25,30	R\$ 31,61
3.4	Luva de correr DN 150 mm	un.	8,00	12,36	98,88	28,84	230,72	3835	329,60	R\$ 411,77



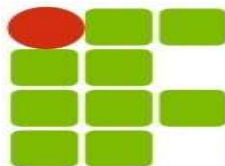
**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA

OBRA: Reservatório Armazenador de água em Aço Galvanizado
LDI: 24,93%
Volume: 100,00 m³
Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%
3.5	Curva de PVC 45°, DN 100mm	un.	2,00	4,32	8,64	10,08	20,16	38426	28,80	R\$ 35,98
3.6	Joelho de PVC 45° DN 150mm	un.	4,00	9,58	38,30	22,34	89,38	20128	127,68	R\$ 159,51
3.7	Curva de PVC 90° DN 100mm	un.	2,00	9,80	19,60	22,86	45,72	38423	65,32	R\$ 81,60
3.8	Joelho de PVC 90° DN 150mm	un.	2,00	8,74	17,48	20,40	40,80	20131	58,28	R\$ 72,81
3.9	Junção simples de PVC, DN 150x100mm	un.	6,00	26,53	159,16	61,89	371,36	20145	530,52	R\$ 662,78
3.10	Sifão ladrão de 200mm	un.	1,00	381,62	381,62	890,45	890,45	Mercado	1.272,07	R\$ 1.589,19
3.11	Freio d'água 200mm	un.	1,00	282,27	282,27	658,63	658,63	Mercado	940,90	R\$ 1.175,47
3.12	Conjunto bóia e mangueira de 2"	un.	1,00	231,66	231,66	540,54	540,54	Mercado	772,20	R\$ 964,71
3.13	Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	157,14	366,66	366,66	11869	523,80	R\$ 654,38
3.14	Válvula solenóide latão Ø 3/4, 220v, 2/2 vias	un.	1,00	53,54	53,54	124,93	124,93	Mercado	178,47	R\$ 222,96
3.15	Bóia elétrica com controle automático nível, 2cv/220V	un.	2,00	12,78	25,55	29,81	59,62	Mercado	85,17	R\$ 106,40
3.16	Tubo PVC soldável DN 25mm água fria	m	29,75	0,73	21,69	1,70	50,60	9868	72,29	R\$ 90,32
3.17	Tubo PVC soldável DN 32mm água fria	m	48,00	1,64	78,48	3,82	183,12	9869	261,60	R\$ 326,82
3.18	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 25 mm	un.	1,00	1,37	1,37	3,19	3,19	94656	4,55	R\$ 5,68
3.19	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange, em PVC, DN 32 mm	un.	4,00	6,71	26,86	15,67	62,66	94785	89,52	R\$ 111,84
3.20	Registro de esfera PVC DN 32mm	un.	5,00	11,14	55,71	26,00	129,99	94490	185,70	R\$ 232,00
3.22	Bomba Submersível 1/6cv 220V	un.	1,00	204,50	204,50	477,17	477,17	Mercado	681,68	R\$ 851,62
3.23	Torneira metal com bico para jardim, padrão popular 3/4	un.	3,00	4,79	14,36	11,17	33,52	7602	47,88	R\$ 59,82
3.24	Encanador com encargos complementares	h	16,00	20,45	327,20	0,00	0,00	88267	327,20	R\$ 408,77
Total item 3					R\$ 2.780,46		R\$ 5.724,28		R\$ 8.504,74	10.624,98

4	DISPOSITIVOS DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS E SEPARADOR DE SÓLIDOS	UNID.	QUANT.	Unitário	Total	Unitário	Total	FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
4.1	Tubo PVC esgoto série normal DN 150 mm	m	9,65	6,38	61,61	14,90	143,75	20065	205,35	R\$ 256,55
4.2	Tubo PVC esgoto série normal DN 250 mm	m	5,60	30,09	168,50	70,21	393,18	41931	561,68	R\$ 701,71
4.3	Joelho 90° DN 250mm	un.	2,00	45,71	91,42	106,65	213,30	42694	304,72	R\$ 380,69
4.4	Tê PVC DN 150 x 150 mm	un.	1,00	21,54	21,54	50,25	50,25	20181	71,79	R\$ 89,69
4.5	Redução excêntrica PVC esgoto 150x100mm	un.	1,00	8,57	8,57	20,01	20,01	20047	28,58	R\$ 35,70



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CATARINENSE
Campus Concórdia**

ORÇAMENTO ESTIMATIVO DA OBRA

OBRA: Reservatório Armazenador de água em Aço Galvanizado
LDI: 24,93%
Volume: 100,00 m³
Local: IFC - Campus Concórdia/SC

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	MÃO DE OBRA		MATERIAL		FONTE	TOTAL s/LDI	TOTAL c/LDI
				Unitário	Total	Unitário	Total			24,93%
4.6	Redução excêntrica PVC esgoto 200x150mm	un.	4,00	33,29	133,15	77,67	310,69	20036	443,84	R\$ 554,49
4.7	Redução excêntrica esgoto PVC 200x250mm	un.	2,00	62,79	125,57	146,50	293,01	20037	418,58	R\$ 522,93
4.8	Filtro separador de sólidos para telhado área até 1500m ²	un.	1,00	2.714,20	2.714,20	6.333,13	6.333,13	Mercado	9.047,33	R\$ 11.302,83
4.9	Caixa de água em Fibra de Vidro capacidade de 1500litros, com tampa	un.	1,00	157,14	157,14	366,66	366,66	11869	523,80	R\$ 654,38
4.10	Bóia plástica DN 150mm	un.	1,00	24,78	24,78	57,81	57,81	11787	82,59	R\$ 103,18
4.11	Adesivo Plástico para PVC Frasco 175 g	un.	1,00	5,07	5,07	11,84	11,84	20080	16,91	R\$ 21,13
4.12	Encanador com encargos complementares	h	24,00	17,94	430,56	0,00	0,00	2696	430,56	R\$ 537,90
Total item 4					R\$ 3.942,11		R\$ 8.193,62		R\$ 12.135,74	15.161,17
TOTAL GERAL					R\$ 18.030,21		R\$ 36.458,55		R\$ 54.488,77	R\$ 68.072,82

Concórdia SC, Março/2020.

Nota explicativa: O referencial de custos deste orçamento foi baseado basicamente na Tabela SINAPI Dezembro/2019.
Os itens com a FONTE "Mercado", foram obtidos através de pesquisa de preço de mercado.