



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL

Celso Fumio Watabe

| 2023

| CAMPO GRANDE | MS |

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADA DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL**

CELSO FUMIO WATABE

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Silva Moreira

CAMPO GRANDE
NOVEMBRO / 2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



FOLHA DE APROVAÇÃO

CELSO FUMIO WATABE

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA DE ESTÁDIOS DE FUTEBOL

Redação final do Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado pela Banca Examinadora em 29 de novembro de 2023, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

Banca examinadora:

Dr. Frederico Silva Moreira - (Orientador)

Dra. Andrea Nagueissa Yuba.

Dr. Fabio Verissimo Goncalves.

Dr. Jair de Jesus Florentino.

Dra. Andrea Teresa Riccio Barbosa.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Andrea Naguissa Yuba, Professora do Magistério Superior**, em 12/12/2023, às 11:29, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Veríssimo Gonçalves, Professor do Magisterio Superior**, em 12/12/2023, às 12:08, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Frederico Silva Moreira, Professor do Magisterio Superior**, em 12/12/2023, às 14:28, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4535464** e o código CRC **AEE40A8F**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

RESUMO

A água é um recurso fundamental, essencial e insubstituível para a existência da vida, sendo considerada um dos ativos naturais mais preciosos. Contudo, a água potável ou água doce, que ocorre naturalmente no meio ambiente, está enfrentando escassez devido a diversos fatores, incluindo a degradação ambiental, o crescimento populacional, a utilização inadequada da água e o aumento na demanda nas atividades econômicas, abrangendo setores como comércio, indústria, agricultura e pecuária, entre outros. O presente trabalho tem como objetivo identificar e aplicar as melhores práticas para irrigação e armazenamento de água, que podem ser aplicadas em estádios de futebol. Foi desenvolvido um estudo sobre a viabilidade de captação, reserva e utilização de água de chuva, para irrigação automatizada do gramado do campo do Estádio Pedro Pedrossian (Moreirão), localizado no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Este estudo envolveu levantamentos *in loco* e em plantas das instalações, bem como uma análise das oportunidades de captação e armazenamento de águas pluviais para posterior aproveitamento na irrigação do gramado. Para o dimensionamento dos reservatórios foram aplicados os Métodos de Rippl e de Simulação. É apresentado também neste trabalho um projeto para implantação, com planilhas e detalhes técnicos para o sistema de aproveitamento de água da chuva e irrigação automatizada do campo de futebol. A análise econômica foi baseada em dois cenários: com aproveitamento de água da chuva e irrigação automatizada, incluindo todos os custos de implantação, tendo como projeção um retorno do investimento em 10,7 anos; e um segundo cenário sem aproveitamento de água da chuva, apenas com a implantação do sistema de irrigação automatizado, utilizando a infraestrutura existente, apresentando um retorno do investimento em 2,6 anos.

Palavra-Chave: Sustentabilidade, Água Pluvial, Irrigação, Campo de futebol.

ABSTRACT

Water is a fundamental, essential and irreplaceable resource for the existence of life, being considered one of the most precious natural assets. However, drinking water or fresh water, which occurs naturally in the environment, is facing scarcity due to several factors, including environmental degradation, population growth, inadequate water utilization and increased demand in economic activities, covering sectors such as commerce, industry, agriculture and livestock, among others. The present work aims to identify and apply best practices for irrigation and water storage, which can be applied in football stadiums. A study was developed on the feasibility of capturing, reserving and using rainwater for automated irrigation of the field lawn at the Pedro Pedrossian Stadium (Morenão), located on the campus of the Federal University of Mato Grosso do Sul. This study involved in-depth surveys. location and in plans of the facilities, as well as an analysis of opportunities for capturing and storing rainwater for later use in lawn irrigation. For the sizing of the reservoirs, the Rippl and Simulation Methods were applied. A project for implementation is also presented in this work, with spreadsheets and technical details for the system for using rainwater and automated irrigation for the football field. The economic analysis was based on two scenarios: using rainwater and automated irrigation, including all implementation costs, with a projected return on investment in 10.7 years; and a second scenario without using rainwater, only with the implementation of the automated irrigation system, using the existing infrastructure, presenting a return on investment in 2.6 years.

Keywords: Sustainability, Rainwater, Irrigation, Soccer field.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidade de água no mundo.....	14
Figura 2. Disponibilidade hídrica no Brasil	16
Figura 3. Estádio Mané Garrincha - 4 reservatórios existentes	26
Figura 4. Sistema de aproveitamento de água da chuva - Estádio Mineirão.....	27
Figura 5. Dome Stadiums no Japão	28
Figura 6. Antigo Estádio da Luz à esquerda e o atual Estádio da Luz à direita	29
Figura 7. Sistema de irrigação automatizado em campo de futebol	31
Figura 8. Vista aérea do Estádio Morenã	34
Figura 9. Planta Geral do Estádio Morenã	36
Figura 10. Planta da cobertura (marquise) do Estádio Pedro Pedrossian (Morenã)	37
Figura 11. Planta detalhe dos condutores de água pluvial	38
Figura 12. Planta detalhe dos condutores de água pluvial	39
Figura 13. Planta detalhe dos condutores de água pluvial	40
Figura 14. Material da cobertura do Estádio Pedro Pedrossian (Morenã)	41
Figura 15. Planta detalhe 6 - registro de água potável para irrigação	43
Figura 16. Detalhe 6 – caixa de registro de água potável para irrigação	44
Figura 17. Registro de 2” para irrigação do gramado	44
Figura 18. Aspersor de 2” para irrigação do gramado	44
Figura 19. Bomba de recalque de 15 cv para irrigação do gramado	45
Figura 20. Reservatório subterrâneo para irrigação do gramado.....	45
Figura 21. Litros por metro quadrado de água por irrigação.....	58
Figura 22. Projeto de Calhas e Reservatórios (lado esquerdo)	62
Figura 23. Projeto de Calhas e Reservatórios (lado direito).....	63
Figura 24. Detalhe da calha, tubo de saída, filtro e <i>first flush</i>	67
Figura 25. Pannel de comando (interno).....	68
Figura 26. Pannel de comando (externo)	69
Figura 27. Controlador modular Rain Bird ESP-ME3	69
Figura 28. Módulo wi-fi (a) e sensor de chuva (b).....	70
Figura 29. Aspersor Falcon 6504 Aço Inox	70
Figura 30. Distribuição Aspersor Falcon 6504 Aço Inox.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção hídrica do mundo por região.....	15
Tabela 2. Produção hídrica de superfície da América do Sul	15
Tabela 3. Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	32
Tabela 4. Frequência de manutenção	33
Tabela 5. Média das precipitações mensais durante o intervalo de 16 anos	42
Tabela 6. Cálculo para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl	59
Tabela 7. Cálculo para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Simulação.....	60
Tabela 8. Recálculo para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Simulação	64
Tabela 9. Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.....	65
Tabela 10. Coeficientes de rugosidade	65
Tabela 11. Cálculo para o dimensionamento da calha	66
Tabela 12. Especificação da bomba centrífuga.....	72
Tabela 13. Tarifa Água Guariroba – Poder Público	73
Tabela 14. Payback descontado – irrigação automatizada com aproveitamento de água da chuva ...	74
Tabela 15. <i>Payback</i> descontado – irrigação automatizada sem aproveitamento de água da chuva ...	76

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	Estrutura do Trabalho	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Disponibilidade de água doce no mundo e no Brasil.	14
2.2	Aproveitamento de água pluvial na história	17
2.3	Reuso de água pluvial em escala ampliada e como política pública.....	20
2.4	Instrumentos legais brasileiros voltados ao aproveitamento da água	22
2.5	Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em estádios de futebol.....	25
2.6	Sistema de irrigação automatizada	30
2.7	Qualidade e frequência de manutenção da água da chuva	32
3	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1	Levantamento de dados.....	35
3.1.1	Área de Captação	37
3.1.2	Coeficiente de Escoamento Superficial	40
3.1.3	Dados de Precipitação	41
3.1.4	Sistema de Irrigação Existente e Frequência de Irrigação.....	43
3.2	Dimensionamento do Reservatório	46
3.2.1	Demanda de água não potável.....	47
3.2.2	Método de Rippl	47
3.2.3	Método de Simulação	48
3.3	Dimensionamento da calha.....	49

3.4	Sistema de irrigação automatizada	50
3.5	Dimensionamento das Bombas e Alimentação Fotovoltaica.....	50
3.6	Análise econômica.....	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
4.1	Volume e Frequência de Irrigação.....	56
4.2	Dimensionamento do Reservatório de Água	59
4.2.1	Cálculo do Reservatório pelo método de Rippl.....	59
4.2.2	Cálculo do Reservatório pelo método de Simulação	60
4.3	Cálculo do dimensionamento da calha e tubo de saída.....	64
4.4	Sistema de irrigação automatizada	68
4.5	Dimensionamento das Bombas e Alimentação Fotovoltaica.....	72
4.6	Análise Econômica.....	73
5	CONCLUSÕES.....	78
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO 1 - Implantação do reservatório	87
	ANEXO 2 - Alimentação do reservatório e detalhe da caixa d'água	88
	ANEXO 3 - Sistema de irrigação proposto	89
	ANEXO 4 - Planta da cobertura e calhas	90
	ANEXO 5 - Detalhes do reservatório e cisterna existente	91
	ANEXO 6 - Detalhes dos filtros e <i>First Flush</i>	92
	ANEXO 7 - Detalhes da ligação do reservatório	93
	ANEXO 8 - Planilha com aproveitamento de água de chuva e irrigação automatizada	94
	ANEXO 9 - Planilha com irrigação automatizada, sem aproveitamento de água de chuva.....	99

1. INTRODUÇÃO

Dorneles (2012) relata que as ideias ambientalistas, tiveram a oportunidade de serem expostas e discutidas na I Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972. Após, surgiram outros encontros, conferências e posicionamentos formais de entidades internacionais, em que foi sendo alterada a maneira de gerenciar os recursos naturais e o meio ambiente, passando por modais, tais como: a guerra aos agrotóxicos, a descoberta das falhas na camada de ozônio, o desmatamento, a instituição dos direitos dos animais, o lixo nuclear, a sustentabilidade ambiental, o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também denominada ECO 92 ou RIO 92, realizado no Rio de Janeiro/RJ, Brasil, em junho de 1992, no qual 179 países assinaram o documento conhecido como Agenda 21 (Brasil, 2021), que tem como objetivo criar soluções para problemas socioambientais mundiais, compatibilizando a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico para o desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. E a sociedade tem se preocupado cada vez mais em desenvolver produtos e serviços que atendam estes preceitos.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas apresentou aos países membros, a Agenda 2030 (CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2015), estipulando o prazo até 2030 para o cumprimento dos compromissos assumidos, que é um plano de ação global que reúne 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, com o propósito de estabelecer metas, prazos e compromissos para o enfrentamento dos principais problemas globais. Os ODS abrangem os chamados 5Ps: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parceria. Criados para erradicar a pobreza e promover vida digna a todos, dentro das condições que o nosso planeta oferece e sem comprometer a qualidade de vida das próximas gerações.

Dentre os 17 objetivos, temos o objetivo 6, que trata da “Água Limpa e Saneamento”, que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, ou seja, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais

perigosos, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água, assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce, reduzir significativamente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso, por fim, apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais (CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2015).

Na natureza encontramos água em três formas: sólido, líquido e gasoso. A forma sólida está nas calotas polares, a forma gasosa na biosfera e atmosfera e a forma líquida em oceanos, mares, rios, lagos, riachos, represas e lençóis freáticos.

A água potável é um dos recursos indispensáveis, insubstituíveis e essenciais à vida, sendo um dos bens mais preciosos existentes na natureza, podendo ser encontrado com abundâncias em algumas regiões do planeta, mas quase inexistente em outras. A sua exploração sem preocupação, tem causado problemas de escassez devido ao aumento de consumo em razão do aumento populacional, exploração indiscriminada, uso inconsciente, degradação ambiental e mudanças climáticas que tem provocado maior período de estiagem em algumas regiões do planeta.

O aumento no uso nas atividades econômicas, tais como: comércio, indústria, agricultura e pecuária, tem provocado sua deterioração, através dos esgotos, produtos químicos, resíduos industriais, lançados em mananciais sem o devido tratamento, bem como contribui para a proliferação de algas e bactérias, além do lançamento de agrotóxicos em rios e lagos.

Há atualmente uma grande preocupação na conservação desses recursos hídricos, uma vez que em função das alterações climáticas e da degradação do meio ambiente, bem como o mau uso desses recursos, existem regiões ou países que já sofrem com a escassez. Neste contexto, o aproveitamento de água da chuva é uma das alternativas para economia de água potável.

1.1 Justificativa

De acordo com o ODS-6, meta 6.4, o Brasil terá o prazo, até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores, assegurando retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para reduzir consideravelmente o número de pessoas que sofrem com a escassez (ONU, 2023).

O Estado de Mato Grosso do Sul instituiu o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-MS e criou o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos mediante a Lei nº 2.406 de 29 de janeiro de 2002. Dentre os aspectos mais relevantes desses princípios, ressalta-se o conceito de que a água é um recurso natural limitado dotado de valor econômico e constitui um bem de domínio público que deve sempre proporcionar o seu uso múltiplo (IMASUL, 2010).

O aproveitamento de água da chuva é uma alternativa para reduzir o consumo de água potável. A captação de água pluvial (água não potável) consiste em utilizar a cobertura das edificações e/ou lajes impermeabilizadas para coleta da água pluvial e armazenar em cisternas ou reservatórios, para posteriormente ser utilizado em atividades que não requeiram água potável, tais como descarga de vasos sanitários, lavagem de quintal e rega de jardins.

Dorneles (2012) descreve que o aproveitamento de água da chuva no meio urbano vem ganhando interesse, devido aos benefícios, tais como: econômico, ambiental e contra alagamentos, uma vez que parte da água de chuva que seria destinada a rede pluvial será armazenada em reservatórios para posterior consumo. Esse interesse pode ser percebido pelo surgimento de regulamentações governamentais e comercialização de produtos específicos para captação, tratamento e armazenamento de água pluvial.

Neste cenário, o aproveitamento de água da chuva da cobertura do Estádio Pedro Pedrossian, para irrigação do gramado do campo, poderá ser uma alternativa para economizar água potável, uma vez que a água utilizada é proveniente da rede de abastecimento público, e este consumo é considerado elevado, cerca de 75 m³ por irrigação, sendo realizado três irrigações semanais, o que equivale a cerca de 900 m³ mensais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é investigar, desenvolver e propor as melhores práticas para o aproveitamento de água de chuva e irrigação de campos de estádios de futebol. Para isso, será estimada a economia de água potável com a utilização de águas pluviais e uma irrigação adequada, e demonstrada a viabilidade econômico-financeira da solução proposta.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar o volume de água necessário para a irrigação do gramado de um campo de futebol, em períodos de estiagem;
- Pesquisar alternativas para a coleta e o armazenamento de água de chuva;
- Verificar a maneira mais eficiente de se fazer a irrigação do gramado de um campo de futebol;
- Apresentar um projeto de captação e armazenamento de água da chuva para o Estádio Morenã e de irrigação para o gramado;
- Estimar a viabilidade econômica e financeira para a implantação dos projetos.

1.3 Estrutura do Trabalho

O capítulo 1 é composto pela introdução do trabalho, justificativa, objetivos gerais e específicos.

No capítulo 2, é apresentada a revisão bibliográfica, com informações sobre o uso da água, formas de coleta e armazenamento, para uso geral e em estádios.

Em seguida, no capítulo 3, é descrita a metodologia aplicada ao estudo de caso.

Os resultados são apresentados no capítulo 4, onde é apresentado um projeto detalhado de coleta, armazenamento e irrigação para o Estádio Morenã.

E, por fim, as considerações finais aparecem no capítulo 5.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Disponibilidade de água doce no mundo e no Brasil.

O volume total de água existente na Terra corresponde a cerca de 1,4 bilhões de km³. O volume total de água doce é de cerca 35 milhões de km³. Segundo Tomaz (2010), estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada, e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação, e os 2,5% restantes são de água doce, porém, 68,9% da água doce é de difícil acesso, pois estão congelados nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas. A água subterrânea, armazenada nos aquíferos, compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,266% da água doce representa toda a água dos lagos, rios e reservatórios. O restante da água doce está na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor, conforme Figura 1.

Figura 1. Disponibilidade de água no mundo



Fonte: (Pena, 2022)

A América do Sul corresponde a 23,1% da vazão média do mundo, sendo somente superada pela Ásia com 31,6 %, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Produção hídrica do mundo por região

Regiões do Mundo	Vazão média (m³/s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,60
América do Sul	334.000	23,10
América do Norte	260.000	18,00
África	145.000	10,00
Europa	102.000	7,00
Antártida	73.000	5,00
Oceania	65.000	4,50
Austrália e Tasmânia	11.000	0,80
Total	1.448.000	100,00

Fonte: Adaptado (Tomaz, 2010)

A produção hídrica terrestre do mundo, por região, em metro cúbico por segundo e em porcentagem está na Tabela 2.

Tabela 2. Produção hídrica de superfície da América do Sul

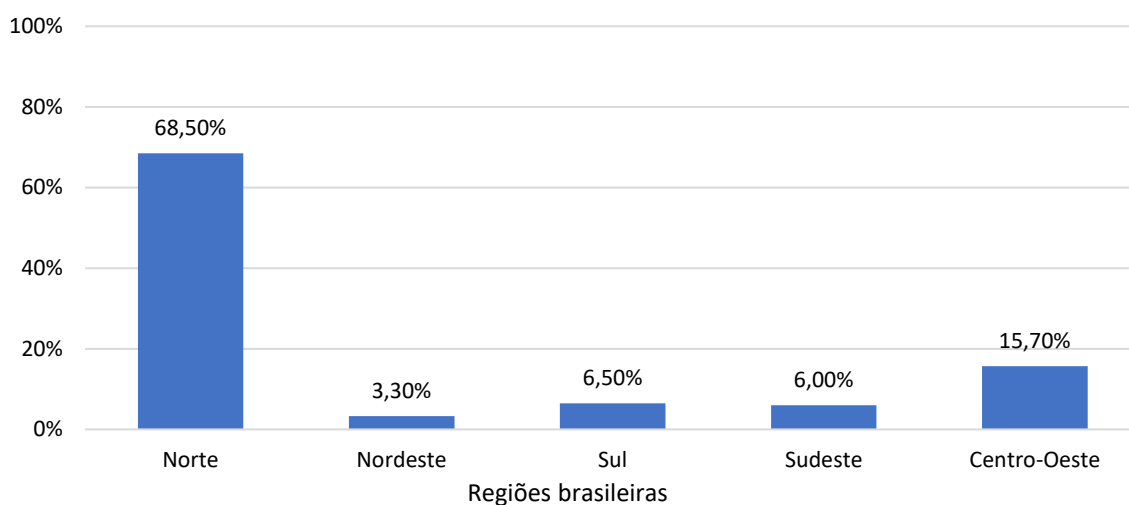
América do Sul	Vazão média (m³/s)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53,00
Outros países	156.100	47,00
Total	334.000	100,00

Fonte: Adaptado (Tomaz, 2010)

De acordo com Tomaz (2010), o Brasil tem 12% da água doce do mundo, porém é mal distribuída no país. A região Norte tem 68,5% da água de todo o país, embora a população seja relativamente pequena, cerca de 18 milhões de habitantes (IBGE, 2021), o que caracteriza um desequilíbrio entre oferta e necessidade.

Já a região Sudeste possui maior população, cerca de 89 milhões de habitantes (IBGE, 2021), e o problema de abastecimento de água é acentuado por razões de desperdícios, vazamentos nas tubulações, poluição dos mananciais e rios por lançamento de dejetos orgânicos e químicos, e em consequência da atividade industrial, utilização dos insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos (Tomaz, 2010). Na Figura 2, verifica-se a distribuição de água doce no Brasil.

Figura 2. Disponibilidade hídrica no Brasil



Fonte: Adaptado de Tomaz (2010)

Conforme descrito por Pena (2023), a região Centro-Oeste do Brasil apresenta um equilíbrio mais favorável. Com uma densidade populacional média de 8,75 habitantes por quilômetro quadrado, esta região representa pouco mais de 6% da população total do país. Além disso, detém cerca de 15,7% dos recursos hídricos do Brasil, relativamente bem distribuídos em seu território, embora a maior parte desses recursos esteja concentrada na região do pantanal.

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (IMASUL, 2010), o Estado de Mato Grosso do Sul é um dos estados mais ricos em água e detentor de uma das maiores reservas de água doce superficial e de expressiva reserva de água subterrânea.

No território configuram-se duas das 12 Regiões Hidrográficas do Brasil, sendo a Região Hidrográfica do Rio Paraguai e a Região Hidrográfica do Rio Paraná. Este status é um privilégio que eleva a responsabilidade do Estado na proteção dos mananciais, na garantia das funções ecológicas, econômicas e sociais dos recursos hídricos, mediante a aplicação de um modelo sustentável de desenvolvimento de seus usos múltiplos (IMASUL, 2010).

Ainda, de acordo com o Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul - IMASUL (2010), existem oito unidades aquíferas identificadas no estado de Mato Grosso do Sul. Essas unidades são classificadas em dois grandes grupos de rochas: sedimentares, que compõem os aquíferos porosos; e ígneas-metamórficas, que formam os aquíferos fraturados ou de fissuras.

O aumento do consumo de água potável em áreas urbanas no Brasil é atribuído ao êxodo da população rural para os centros urbanos, bem como ao fácil acesso à água potável por meio de redes públicas de distribuição.

Dalsenter (2016) relata que o crescimento populacional em áreas urbanas fez com que ocorresse um aumento das áreas edificadas e pavimentadas, diminuindo a infiltração de água no solo e a recarga do lençol freático, muitas vezes sem planejamento. Em consequência desta grande concentração, há o acúmulo de resíduos e a necessidade de obras de infraestrutura para abastecimento e coleta. Nas áreas rurais, ocorrem desmatamentos, assoreamento e contaminação do solo e da água.

Devido a essas modificações, tanto nas áreas urbanas quanto rurais, a disponibilidade de água, que antes era considerada adequada para atender às necessidades, está se tornando insuficiente. Isso está requerendo investimentos adicionais em infraestrutura e a busca por novas fontes de água (Dalsenter, 2016).

Segundo Aguiar (2012), as alterações climáticas, o crescimento acentuado da população e a mudança dos hábitos das populações, entre outros aspetos, contribuem para o aumento do consumo de água.

Assim, com este novo estilo urbano de vida exigiu que fossem criadas maneiras de levar os recursos naturais, entre eles a água, até os habitantes. Não era mais possível que a prática de cada habitante ter o seu próprio poço de captação de água, ou que tivesse que se deslocar para coletar a água, fazendo com que surgissem os primeiros sistemas de abastecimento de água (Dornelles, 2012).

2.2 Aproveitamento de água pluvial na história

Conforme Aguiar (2012), a captação de água pluvial foi uma prática amplamente empregada por nossos ancestrais ao longo de milênios, principalmente em áreas áridas e semiáridas, onde muitas vezes representava o único meio de obtenção de água.

Segundo Tomaz (2010), o primeiro registro que se tem do uso da água de chuva é verificado na Pedra Moabita, datada de 830 a.C., encontrada no Oriente Médio a leste do mar Morto, na antiga região de Moab, perto de Israel, escrito na linguagem canaanita. O rei Mesha

dos Moabitas sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva, para a cidade de Qarhoh.

Tomaz (2010), relata que a famosa fortaleza de Masada, em Israel, tem dez reservatórios escavados na rocha que datam períodos anteriores a 3000 a.C., com capacidade total de 40 milhões de litros, que eram utilizados para captar a água da chuva, que depois era utilizada para consumo humano.

Gnadlinger (2015), descreve que os *chultunes*¹ possuíam diâmetro de aproximadamente 5 m, escavadas em subsolo calcário, revestida com reboco impermeável e havia uma área de coleta de 100 a 200 m².

Bertolo e Simões (2008 *apud* Aguiar, 2012), explicam que na Rota Puuc, na península de Yucattan, México, os Maias construíram *chultunes* em alguns edifícios. Além disso, cerca de 70 cisternas de água da chuva foram construídas em locais onde não existiam *cenotes*, que são fontes de água doce subterrânea. Os arqueólogos acreditam que estas estruturas foram construídas entre 750 e 1000 a.C.

Tomaz (2010), diz que, para os Romanos, a água integrava o seu espaço civilizacional. As *Domus*² romanas aproveitavam a água da chuva. A água era captada através dos telhados, *Compluvium*, escoava para o lago de decantação, *Impluvium*, e depois era ligado a uma cisterna ou poço de onde retirava a água da chuva.

Os “abandars”, sistema de captação comunitário, encontrado no Irã, são tanques de pedras ou de tijolo e argamassa, que possuem torre de resfriamento da água, através da troca constante do ar acima da cisterna, garantindo água fresca e pura (Gnadlinger, 2015).

Bertolo e Simões (2008 *apud* Aguiar, 2012), relata que nas regiões desérticas do Egito, a água da chuva era armazenada em buracos no interior do solo, em locais imperceptíveis, mas que o povo e o exército egípcio sabiam com exatidão a sua localização.

¹Chultunes é uma câmara de armazenamento subterrâneo em forma de garrafa

²Domus era a residência urbana das famílias abastadas na Roma Antiga.

No Palácio de Knossos, na ilha de Creta, na Grécia, águas pluviais eram armazenadas em cisternas e posteriormente utilizadas para as descargas sanitárias e abastecimentos em caso de guerra (Bertolo e Simões, 2008 *apud* Aguiar, 2012).

Segundo Bertolo e Simões (2008 *apud* Aguiar, 2012), os terraços dos templos na ilha grega de Rhodes, como a Acrópole de Lindos e o Templo de Apolo, eram projetados para captar águas pluviais e direcioná-las para uma série de cisternas. Além disso, esses sistemas permitiam a distribuição das águas por meio de um sistema de canalização para o consumo da população.

Os árabes também aproveitavam a água de chuva, no sul de Espanha, na Andaluzia, através dos *Aljibes*, designação árabe para cisterna (Bertolo e Simões, 2008 *apud* Aguiar, 2012).

Bertolo e Simões (2008 *apud* Aguiar, 2012), descreve que na Jordânia, as cisternas foram e são hoje componentes obrigatórias dos edifícios, por ser um país predominantemente desértico ou semidesértico. Encontram-se cisternas em Petra, nos vestígios dos Nabateus.

Tomaz (2010) discorre que as cisternas romanas de Monturque, descoberto na cidade de Monturque em 1885, os doze reservatórios subterrâneos possuíam entrada superior, e que cada unidade tinha largura de 3,08 m, comprimento de 6,65 m e altura de 4,83 m, resultando em um volume de 98,93 m³ para cada reservatório, perfazendo o volume total de 1.187 m³ e que era usado para abastecimento público.

Segundo Bertolo e Simões (2008 *apud* Aguiar, 2012), existem exemplos notáveis, como a cisterna na Fortaleza de Sofala e no Fortin de Santo António, na ilha de Moçambique, que possibilitavam o acesso a água de melhor qualidade do que outras fontes disponíveis, contribuindo para enfrentar situações de isolamento.

Pode-se inferir que o aproveitamento da água de chuva é um processo ancestral, uma vez que os seres humanos dependem da água para a sua sobrevivência. Ao longo do tempo, a humanidade aprimorou diversas técnicas para a coleta de água da chuva. Nos primórdios, os povos primitivos empregavam métodos rudimentares para captar e armazenar as águas pluviais.

2.3 Reuso de água pluvial em escala ampliada e como política pública

Tomaz (2010) menciona que na República de Singapura, com chuva anual média de 2.370 mm, está procurando substituir a água potável por água não-potável, quer seja a água de chuva ou água do mar para fins comerciais e industriais. A água de chuva é usada pelas indústrias, na descarga de bacias sanitárias e na irrigação de jardins.

Gnadlinger (2015) descreve que o programa Tailandês de água potável, executado nos anos 80 e 90, utilizava jarras de 2000 litros para captação de água de chuva, fabricadas de argamassa de cimento, sem uso de tela de arame, para abastecimento de água em comunidades rurais. Partindo de uma iniciativa do governo e ONGs, estabeleceu o consumo de 50 litros por dia por pessoa, sendo 5 litros de uso potável de alta qualidade, fornecidos pelas jarras e 45 litros para demais usos domésticos, fornecidos por poços, pequenas barragens ou cisternas maiores.

De acordo com Tomaz (2010), na cidade de Kitakyushu, Japão, em 1995 foi construído um edifício com 14 pavimentos prevendo-se a utilização de água de chuva, com a construção de um reservatório enterrado com 1 milhão de litros. O autor relata ainda, que neste prédio, as águas de pias, torneiras, máquina de lavar roupa, com exceção das águas da bacia sanitária e da pia da cozinha, são também reaproveitadas e juntadas à água de chuva, que todas as bacias sanitárias possuem alimentação com água não potável de chuva e servida.

Conforme Oliveira (2007), a Austrália pratica o armazenamento de água para uso posterior desde 1948. Em 2003, os governos dos estados de Nova Gales do Sul (New South Wales) e Vitória (Victory) adotaram um sistema de incentivo financeiro, compensando comerciantes, empresários e residentes que instalassem tanques para armazenar e utilizar água da chuva.

Neve *et al.* (2006) relatam que dentro do projeto-piloto dirigido pela União Europeia, “Sustainable Housing in Europe”, que incentiva o reuso de água de origens alternativas para usos menos exigentes em termos de qualidade. Em 2005 foi lançado o primeiro empreendimento, constituído por 101 habitações distribuídas por dois edifícios, em Leça do Balio, que previa o aproveitamento das águas pluviais para rega de jardins e limpeza de sanitários.

Conforme descrito por Souza e Amorim (2016), no Reino Unido, o incentivo ao uso de águas pluviais tem sido intensificado com base na economia de volume de água potável substituída pela água da chuva. Em uma residência, o consumo de água potável pelos vasos sanitários é reduzido em até 30%. Em Berlim, desde o ano 2000, uma taxa é cobrada pelo descarte de água da chuva no sistema de esgoto, com o objetivo de estimular a implantação de sistemas de reuso de água, promovendo a economia de água potável e reduzindo a sobrecarga no sistema de esgoto. Nos Estados Unidos, a água de reaproveitamento é destinada a diversas finalidades, tais como lavagem de vasos sanitários e automóveis, irrigação e resfriamento evaporativo.

Oliveira (2007) descreve que o Brasil por ser um país com predomínio de clima tropical, com alto índice pluviométrico, o aproveitamento de águas de chuva não foi muito difundido. O mesmo autor descreve ainda, que os portugueses, por vivenciarem expedições a regiões do Norte da África, com histórico pluviométrico desfavorável, tinham domínio sobre técnicas de aproveitamento de água de chuva, mas que devido às características climáticas no Brasil, não puseram essa prática.

Tomaz (2010), narra que em 1995, em Guarulhos, teve oportunidade de verificar as instalações de uma indústria de tingimento de tecido, que aproveita água de chuva, através de um telhado com 1.500 m² e de um reservatório subterrâneo de 370 m³.

Gnadlinger (2015) menciona que o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), cujo lema era “Nenhuma família sem água de beber segura”, foi o ponto de partida para o desenvolvimento sustentável para o semiárido brasileiro (SAB). O programa teve início com um projeto piloto em 2001, efetivamente lançado em 2003, cuja meta era fornecer água de beber limpa e segura a um milhão de famílias. Até 15 de setembro de 2015, tinham sido construídas 547.752 cisternas no SAB, todas destinadas às famílias localizadas em zonas rurais.

Souza e Amorim (2016) relatam que, após a Rio+20, possibilitou o Governo Federal, através do Ministério do Desenvolvimento Social, a criação do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência no Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), oferecendo cisternas para coleta de água da chuva, para uso doméstico, inclusive beber ou cozinhar em propriedades rurais.

Gnadlinger (2015) descreve que aspectos como produção agrícola de alimentos, criação de animais, comercialização, saúde, educação, infraestrutura, organização política e proteção do meio ambiente, precisavam ser considerados para garantir o desenvolvimento sustentável da região do semiárido brasileiro. Foi implantado o programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), significando que cada família deve ter uma terra (1) para produzir e dois tipos de água (2), uma para beber e outra para produzir.

Souza e Amorim (2016) expõem que a ocorrência de eventos naturais extremos, reforça a necessidade do aproveitamento de água da chuva. A seca em São Paulo em 2013 e 2014 é um grande exemplo, pois o Sistema Cantareira da SABESP passou a fazer uso do seu volume morto (reserva emergencial) por conta da diminuição das chuvas. O uso de água da chuva por moradores daquela região pode ser uma ótima alternativa para tentar suprir a falta de água.

Em Curitiba existe legislação para o reuso de águas pluviais desde 2007. Em Maringá, a legislação exige que qualquer edificação nova ou em reformas, com área de cobertura superior a 500 m², possua um sistema de reaproveitamento de água da chuva. (SOUZA, AMORIM, 2016).

Segundo Reis e Silva (2014), no município de Rio de Janeiro existe um decreto sobre captação de água da chuva, com maior foco no problema das enchentes. Já no estado do Rio de Janeiro há uma lei que institui o programa de captação de águas pluviais, com finalidade de oferecer educação e treinamento visando à captação de águas pluviais, permitindo que as pessoas se conscientizem da importância do ciclo das águas.

À luz do exposto, é possível constatar que, mesmo nos dias atuais, persiste uma preocupação contínua em relação à conservação e utilização de recursos hídricos, incluindo o aproveitamento da água pluvial. Essa preocupação torna-se ainda mais premente diante das mudanças climáticas, que têm alterado o padrão e a frequência das chuvas.

2.4 Instrumentos legais brasileiros voltados ao aproveitamento da água

O aproveitamento de água da chuva é uma alternativa para reduzir o consumo de água potável. A captação de água pluvial, não potável, consiste em utilizar a cobertura das

edificações e/ou lajes impermeabilizadas para coleta da água pluvial e armazenar em cisternas ou reservatórios, para posteriormente ser utilizado em atividades que não requeiram água potável, tais como descarga de vasos sanitários, lavagem de quintal e rega de jardins.

No Brasil não há uma lei específica para o aproveitamento de águas de chuva. Cada estado e município pode instituir a sua própria lei sobre a captação de água pluvial (SOUZA, 2015).

A Lei nº 14.546 de 4 de abril de 2023, altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reuso não potável das águas cinzas. As águas de chuva e as águas cinzas passarão por processo de tratamento que assegure sua utilização segura, previamente à acumulação e ao uso na edificação.

Cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Maringá, foram as primeiras a implantar leis e programas de captação de águas pluviais, permitindo que as pessoas se conscientizem da importância do ciclo das águas.

Na cidade de São Paulo, a Lei Municipal nº 16.402 de 22/03/2016, obriga a construção de reservatório para as águas coletadas de coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, cuja área impermeabilizada seja superior a 500 m².

No município do Rio de Janeiro, o Decreto nº 23.940 de 30/01/2004, torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

Em Curitiba, o Decreto Municipal nº 1733 de 18/12/2020, dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias para retenção e/ou detenção de águas pluviais.

A Lei Complementar nº 685/2007, datada de 23/11/2007 em Maringá, estabelece o Programa de Conservação e Uso Sustentável da Água em Edificações. Seu propósito é implementar medidas que promovam a conservação, o uso responsável da água e a adoção de fontes alternativas para a captação de água em novas construções, ao mesmo tempo que conscientiza os usuários sobre a significativa importância da preservação dos recursos hídricos.

Em Campo Grande, a Lei nº 5.775 de 19/12/2016 cria o sistema de reuso de água de chuva, objetivando a instalação de reservatórios para captação e utilização de águas pluviais para uso não potável em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais, imóveis residenciais, industriais e comerciais, e demais órgãos e entidades públicas, e a Lei Complementar nº 353 de 08/05/2019, concede benefício tributário, que consiste na redução do Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU e ISS - Imposto sobre Serviços de qualquer natureza, às pessoas físicas e jurídicas proprietárias de imóveis residenciais e comerciais que adotem uma das medidas que estimulem a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente, dentre eles o sistema de captação de água da chuva e/ou de reuso de água.

A NBR 15527:2007, norma técnica específica para o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, foi aprovada em 2007. Utilizada como referência no Brasil, esta norma fornece os requisitos para a instalação dos sistemas, parâmetros de qualidade da água, manutenção do sistema e 6 (seis) métodos de dimensionamento de reservatórios de água da chuva: Método de Rippl, Método de Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Ela foi atualizada em 15/04/2019.

De acordo com Zanella e Alves (2020), a versão de 2019 da ABNT NBR 15527 traz modificações importantes tais como: abrangência da norma para zonas rurais, estudo de viabilidade técnica-econômica, condições do entorno, inclusão da área de coleta, exigência do pré-tratamento, cuidados com a água armazenada, identificação visual da tubulação diferente do sistema de água potável, redução dos parâmetros descritores da qualidade da água e a mudança na frequência de verificação desses parâmetros. Também foram omitidos os modelos de cálculo dos reservatórios de água de chuva, o que dá mais liberdade aos projetistas e especialistas para utilizarem o modelo que quiserem, ou até mesmo desenvolverem novas metodologias, permitindo um dimensionamento mais técnico e economicamente viável.

Complementando a NBR 15527/2019, tem-se a NBR 5626/2020 de instalação predial de água fria e a NBR 10844/1989 de instalações prediais de águas pluviais.

Com base em todas as informações apresentadas, constata-se que as legislações federais, estaduais e municipais, bem como as normas vigentes, incentivam expressamente a

utilização de águas pluviais e o reaproveitamento de águas não potáveis, como as águas cinzas.

2.5 Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em estádios de futebol

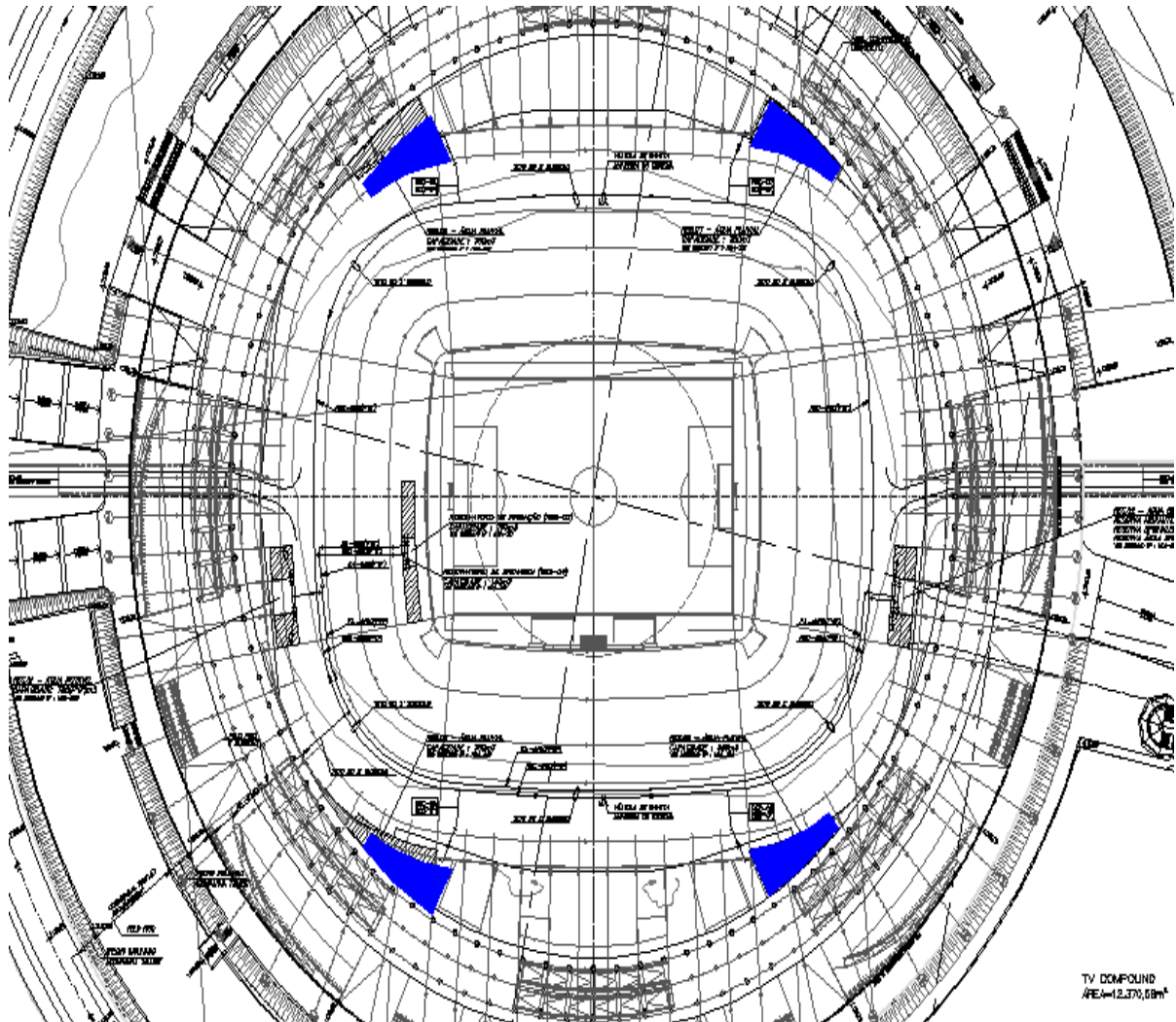
A seguir, são apresentados alguns exemplos de aplicação de água pluvial em estádios de futebol.

A copa do mundo de futebol, realizada no Brasil em 2014, tinha como um dos objetivos, que todos os estádios que sediaram os jogos deveriam ser sustentáveis e certificados com o LEED (*Leadership in Energy and Environment Design*). O estádio do Castelão, em Fortaleza (CE), foi o primeiro estádio do Brasil, e também da América Latina, a conseguir a certificação LEED. Segundo Brasil (2023), com o reaproveitamento e o uso de tecnologias que economizam água, conseguiu-se reduzir em 67,61% o consumo de água potável e diminuir em 71,94% o seu lançamento na rede de esgoto.

Além do Castelão, o Maracanã (Rio de Janeiro), o Mineirão (Belo Horizonte), a Arena Fonte Nova (Salvador), o Mané Garrincha (Brasília), o Beira-Rio (Porto Alegre), a Arena Amazônia (Manaus) e a Arena Pernambuco (Recife) também implementaram medidas para o aproveitamento e reuso da água.

O estádio Mané Garrincha possui 5 cisternas no seu interior e um lago de retenção na parte inferior do terreno. O sistema todo tem capacidade de armazenamento de 6,84 milhões de litros, o que equivale a 2 piscinas olímpicas e 2 semi-olímpicas. A água captada é utilizada para irrigar o gramado, limpeza geral e vasos sanitários. A Figura 3 mostra a localização dos 4 reservatórios existentes, que possui um volume de 375 m³ cada.

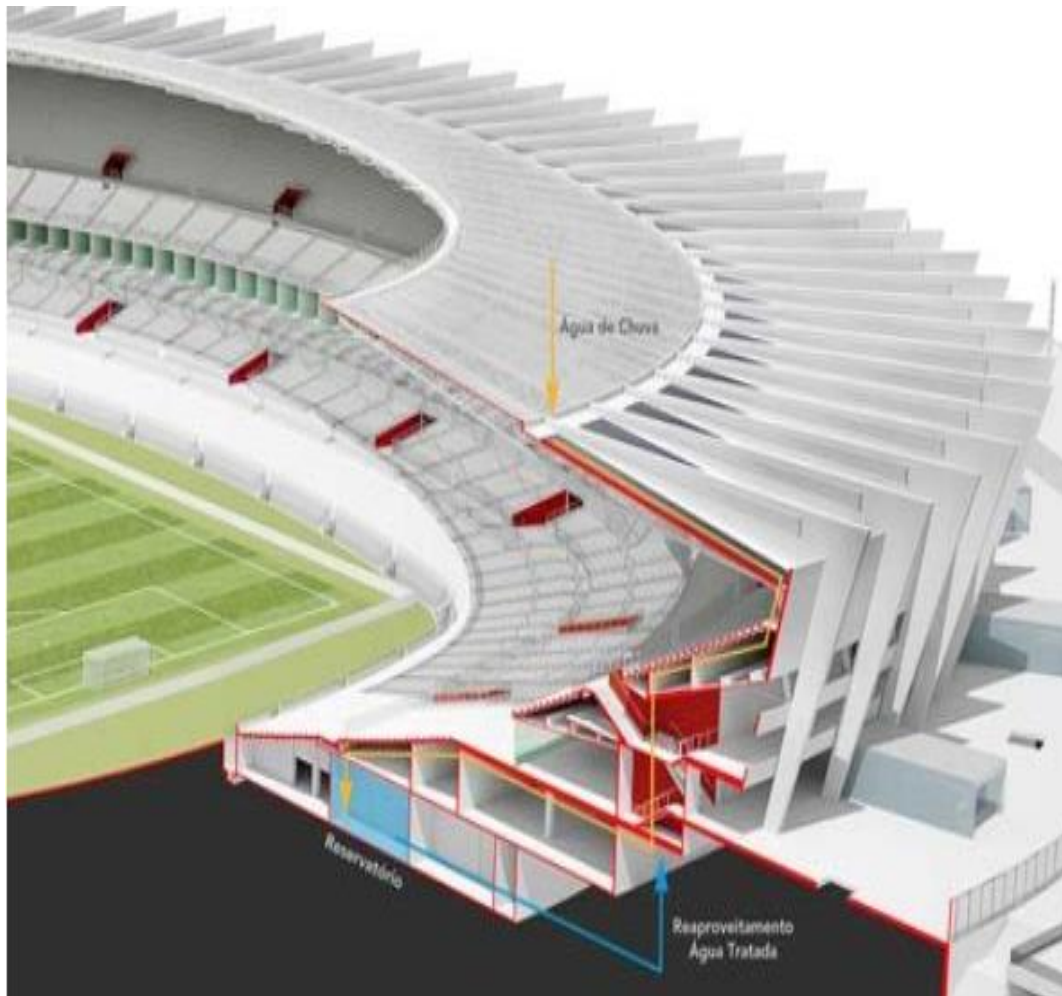
Figura 3. Estádio Mané Garrincha - 4 reservatórios existentes



Fonte: Castagna (2023)

O estádio Mineirão, conhecido como Gigante da Pampulha, aproveita a água da chuva através de reservatórios de, aproximadamente, cinco milhões de litros, que são utilizados nos vasos sanitários, na irrigação do gramado e jardins, e na limpeza de áreas externas. Ele é o único estádio no país que possui o selo Platinum do *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que representa ao principal índice de classificação internacional na avaliação de projetos, construções, manutenção e operação de *green buildings* (prédios sustentáveis). Um esquema deste sistema é apresentado na Figura 4.

Figura 4. Sistema de aproveitamento de água da chuva - Estádio Mineirão



Fonte: Lemos (2017)

Outros exemplos de aproveitamento de água da chuva no Brasil foram as obras para os Jogos Pan-Americanos do Rio de Janeiro, em 2007, onde foram implementados sistemas de coleta de água da chuva nas instalações. Duas grandes obras que se destacam foram as do estádio João Havelange, com área de captação de 12.500 m², e da Arena Poliesportiva de Jacarepaguá, com 15.000 m² de captação dos telhados (Oliveira, 2007).

Segundo Oliveira (2007 *apud* Lemos, 2017), o Japão também investiu em sistemas de captação de água da chuva nos seus estádios e complexos esportivos. Os chamados “Dome Stadiums”, foram construídos com grandes áreas de captação, o que proporciona grandes volumes de água armazenadas. Na Figura 5, apresentam-se três estádios que possuem em

reservatórios para rega de jardins e descargas de vasos sanitários: Tokyo Dome (1.000 m³), Fukuoka Dome (1.800 m³) e Nagoya Dome (1.500 m³).

Figura 5. Dome Stadiums no Japão

		
<i>Tokyo Dome</i> <i>Construído 1983</i>	<i>Fukuoka Dome</i> <i>Construído em 1993</i>	<i>Nagoya Dome</i> <i>Construído em 1997</i>

Fonte: Adaptado de Japan (2023)

O Estádio da Luz, ilustrado na Figura 6, possui quatro reservatórios para o armazenamento de água da chuva, os quais estão localizados no piso -3, oferecendo proteção contra a exposição direta à luz solar e ao calor. Essa configuração reduz a vulnerabilidade ao desenvolvimento de insetos e algas. Com base nas conclusões obtidas no estudo de Aguiar (2012), constatou-se que existe viabilidade para uma redução anual de aproximadamente 63% nos custos associados ao consumo de água potável nas instalações esportivas do Estádio da Luz. Essa iniciativa não apenas se revela sustentável e alinhada com as recomendações da FIFA, mas também representa uma alternativa vantajosa, com um período de retorno do investimento estimado em 11 anos.

Figura 6. Antigo Estádio da Luz à esquerda e o atual Estádio da Luz à direita



Fonte: Aguiar (2012)

Um estudo conduzido por Silva (2020) avaliou a viabilidade econômica da implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para a irrigação do campo do estádio Luís José de Lacerda, também conhecido como "Lacerdão," localizado na cidade de Caruaru, Pernambuco (PE). Atualmente, o estádio possui três reservatórios identificados como R1, R2 e R3, com capacidades de 40m^3 , 38m^3 e 12m^3 , respectivamente. O abastecimento de água para irrigação do campo é realizado diariamente por meio de três caminhões-pipa, cada um com capacidade de 15 mil litros de água potável, totalizando um consumo diário de 45 mil litros na irrigação.

Considerando que a área do campo é de $8.801,96\text{ m}^2$, a taxa de consumo corresponde a 5,1 litros por metro quadrado por dia. Ao utilizar os reservatórios existentes, sem expandir a capacidade de armazenamento, os resultados indicam um retorno médio de investimento de 64% ao ano, com um período de *payback* de 1,57 anos (1 ano, 6 meses e 25 dias).

Diante do exposto, constata-se uma notável preocupação com a busca por sustentabilidade em estádios de futebol, que se manifesta através do emprego de equipamentos mais eficientes, visando a economia de água, a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, a adoção de fontes de energia alternativa e a utilização de materiais recicláveis em determinadas áreas. Essas práticas sustentáveis adotadas nos estádios não apenas contribuem para a preservação do meio ambiente, mas também demonstram um compromisso com a sustentabilidade.

Neste presente trabalho, a utilização da água pluvial se restringirá à irrigação do gramado do campo de futebol.

2.6 Sistema de irrigação automatizada

Conforme Testezlaf (2017), a irrigação pode ser definida como o conjunto de técnicas, métodos e meios empregados com o propósito de aplicar artificialmente água às plantas. Esta prática visa satisfazer as necessidades hídricas das culturas e compensar a falta ou distribuição irregular das chuvas, com o objetivo de incrementar a produtividade agrícola, ao mesmo tempo em que se evitam as desvantagens associadas à erosão do solo e ao acúmulo de sais. Além disso, a irrigação complementa a precipitação natural, contribuindo para o enriquecimento do solo por meio da deposição de elementos fertilizantes. Este processo proporciona a quantidade adequada de umidade necessária para o desenvolvimento saudável das plantas, utilizando métodos que sejam particularmente adequados às características do solo e às necessidades específicas da cultura. É importante observar que essa prática, originária da agricultura, foi subsequentemente adotada nos gramados esportivos.

Segundo Frizzone (2017), a agricultura irrigada se estabelece em uma ampla gama de ambientes físicos, abrangendo diversas culturas e considerando variados interesses sociais e econômicos. Nesse contexto, não é viável identificar um único sistema de irrigação que seja universalmente ideal, capaz de satisfazer de maneira ótima todas as condições e objetivos envolvidos. Como resultado, a escolha do sistema de irrigação mais apropriado deve ser feita de acordo com as características específicas de cada situação.

O processo de seleção deve ser fundamentado em uma análise metódica das condições atuais, que considera as demandas e particularidades de cada sistema de irrigação. Em resumo, existem quatro métodos básicos de irrigação: a irrigação por aspersão, a irrigação por micro irrigação ou irrigação localizada, a irrigação por superfície e a irrigação subterrânea, também conhecida como sub irrigação. Cada um desses métodos deve ser escolhido de acordo com as necessidades específicas e as condições ambientais particulares de cada situação agrícola (Frizzone, 2017).

Assim como todas as espécies de vegetação, os gramados do campo de futebol requerem cuidados específicos, sendo notáveis pela sua necessidade de manutenção

intensiva. Isso se deve principalmente à frequente utilização e às condições climáticas que podem afetar negativamente seu estado natural. Nesse sentido, a implementação de um sistema de irrigação automatizada em campos de futebol adquire uma importância crucial. Um dos sistemas de irrigação preponderantes no contexto de campos de futebol são os aspersores (Verde Água, 2023).

Desta forma, um sistema de irrigação automatizada (Figura 7) demonstra eficiência notável e atenua os impactos adversos sobre o gramado. Regiões caracterizadas por uma precipitação pluviométrica insuficiente frequentemente enfrentam desafios substanciais em relação ao estado do gramado. No entanto, devido à sua natureza de sistema inteligente, a irrigação automatizada é capaz de suprir as necessidades específicas do gramado, mantendo-o verde e saudável de maneira consistente. Uma das abordagens proeminentes para a irrigação automatizada em campos de futebol envolve a utilização de aspersores de rotação retrátil, sendo este método amplamente reconhecido como uma das principais técnicas disponíveis para esse fim (Verde Água, 2023).

Figura 7. Sistema de irrigação automatizado em campo de futebol



Fonte: Acquacontroll (2023)

2.7 Qualidade e frequência de manutenção da água da chuva

Lemos (2017) descreve que, apesar da água da chuva ser aparentemente potável, é importante que sejam feitas análises físicas, químicas e microbiológicas, periodicamente, da água do reservatório, tais como: cor, turbidez, odor, temperatura, pH, alcalinidade, acidez, bactérias, algas, fungos, com utilização de equipamentos e instrumentos de medições adequadas, pois podem possuir partículas contaminantes suspensas no ar que são carregadas ao solo pela chuva, além de outros contaminantes existentes em pontos de captação de água pluvial.

Os critérios de qualidade e a periodicidade de manutenção devem estar em conformidade com as diretrizes estabelecidas na norma NBR 15527/2019. Os requisitos mínimos de qualidade para os usos não potáveis devem obedecer aos parâmetros especificados na Tabela 3, e a manutenção do sistema deve ser realizada de acordo com as orientações apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3. Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200 / 100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: ABNT (2019)

Tabela 4. Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas ^a	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral, limpeza quando necessário.
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário
^a Além da limpeza, deve ser realizada verificação da existência de formação de áreas de acúmulo de água e eliminação quando necessário, para evitar a proliferação de vetores, em especial mosquitos.	

Fonte: ABNT (2019)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O Estádio Pedro Pedrossian (Morenã), está localizado dentro do campus da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, em Campo Grande/MS. É o maior estádio do Estado, inaugurado em 7 de março de 1971, e seu nome é uma homenagem ao então governador da época, Engenheiro Civil Pedro Pedrossian. Estádio Morenã é uma referência ao apelido da cidade de Campo Grande, "Cidade Morena". Pertencente à UFMS, é considerado o maior estádio universitário da América Latina, e tem oficialmente uma capacidade para 44.200 pessoas (São Paulo, 2023). Pode-se observar pela Figura 8 uma visão geral do estádio, visto de cima.

Figura 8. Vista aérea do Estádio Morenã



Fonte: Mattos (2023)

O campo de futebol tem dimensões de 105 m x 70 m, ou seja, 7350 m², e é usado também como laboratório para o curso de educação física e para práticas de esportes pela comunidade.

Neste capítulo é apresentada a metodologia aplicada na realização do estudo de caso, cujo objetivo principal é estimar o potencial de economia de água potável que pode ser obtido

a partir da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial e irrigação do gramado de um campo de futebol, especificamente do gramado do Estádio Pedro Pedrossian.

Lemos (2017) demonstrou em seu trabalho, o dimensionamento de reservatório de água pluvial, utilizando os métodos da NBR 15527/2007: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Relata que os Métodos de Rippl e de Simulação, garantem o abastecimento ao longo do ano por considerarem a distribuição pluviométrica média mensal, a demanda de utilização de água não potável e a área de captação.

Segundo Martins e Rufino (2016), a norma brasileira ABNT: NBR 15.527 (2007), em comparação com a diretriz americana de reuso de água, publicada pela Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* - EPA), ainda não trata de sistemas públicos de abastecimento de água não potável, não define os usos restritos e irrestritos da água, nem estabelece os padrões de qualidade para cada uso. Mas, no que diz respeito às normas para instalações de sistemas individuais de aproveitamento de água da chuva, a NBR se alinha com as normas americanas estudadas.

Na versão atualizada da norma NBR 15527, datada de 15/04/2019, foram suprimidos os modelos de cálculo para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. Essa modificação tem o propósito de fomentar a livre escolha do método a ser utilizado para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva como uma complementação ao abastecimento convencional, além de facilitar a obtenção de um dimensionamento que seja viável tanto do ponto de vista técnico quanto econômico.

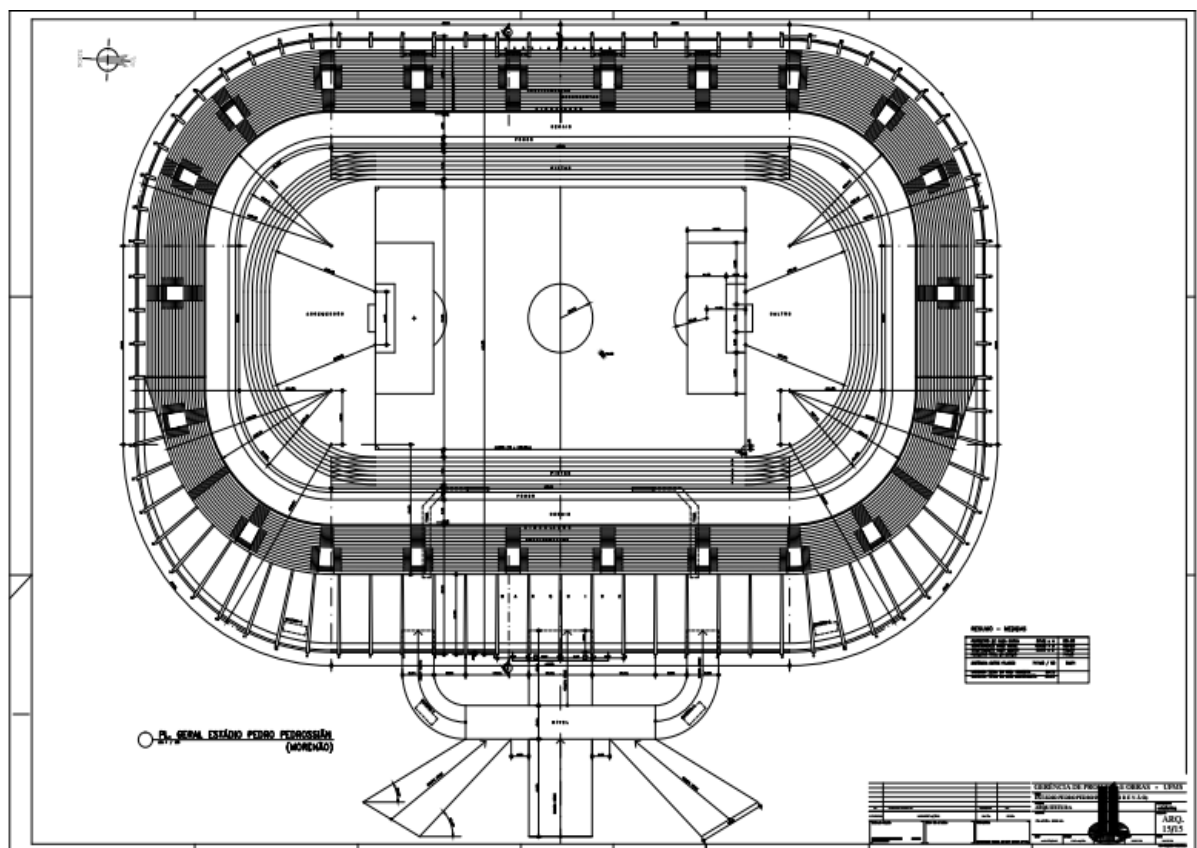
3.1 Levantamento de dados

Para a realização deste estudo, foi conduzido um levantamento de dados tanto in loco quanto por meio de análises de plantas, a fim de determinar as áreas disponíveis para captação de água pluvial de forma eficiente. Além disso, foram analisados o tipo de material da cobertura para determinar o coeficiente de escoamento superficial ou Runoff. Também foram coletados dados sobre a precipitação local e estimada a demanda de água potável, a

fim de calcular o volume necessário para o reservatório e para avaliar a viabilidade econômica e financeira do sistema de aproveitamento de água da chuva.

Foram identificados os locais mais apropriados (na Figura 9) para a construção dos reservatórios, de forma a atender uniformemente a irrigação do gramado com menor custo possível. Além disso, foram coletados dados do histórico de precipitação pluviométrica ao longo de um período de 16 anos, fornecidos pelo INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, em colaboração com o Laboratório de Ciências Atmosféricas (LCA) da UFMS. Esses dados incluíram o volume de água registrado durante o período chuvoso, medido em milímetros (mm).

Figura 9. Planta Geral do Estádio Moreirão



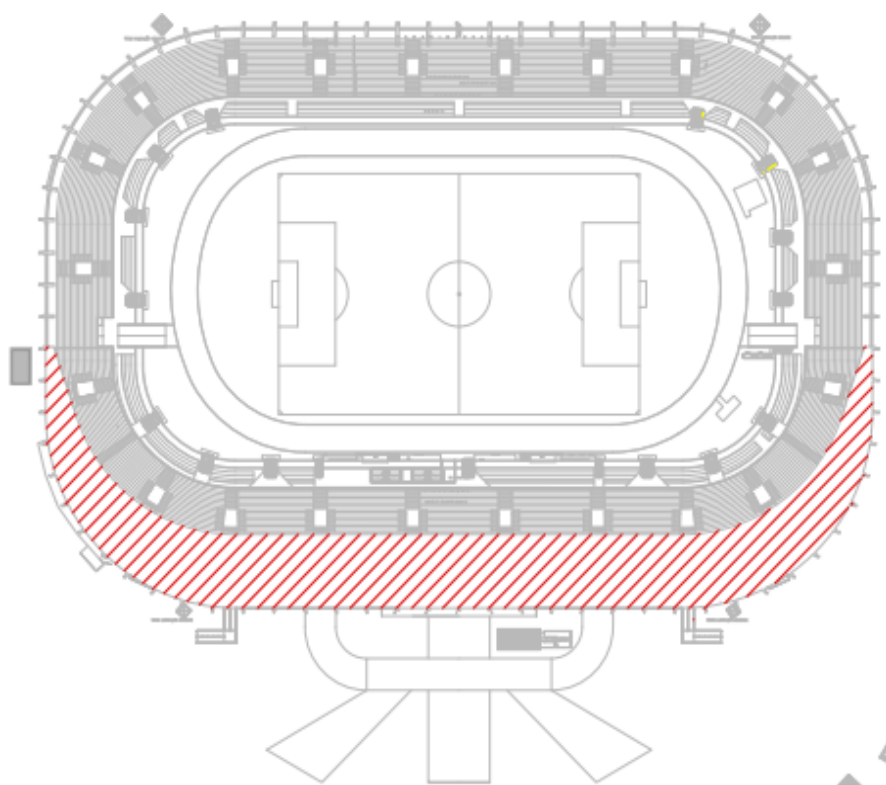
Fonte: Acervo DINFRA/DPROADI/UFMS (2022)

3.1.1 Área de Captação

De acordo com a NBR 15527/2019, a área de captação é a área, em metros quadrados, projetada na horizontal à da superfície impermeável da cobertura da qual a água pluvial será captada.

A área coberta do Estádio Pedro Pedrossian (marquise), possui 5.347,00 metros quadrados de cobertura, conforme a Figura 10, e o material da cobertura é concreto armado revestido por manta asfáltica aluminizada. Para o estudo de caso, é proposto que sejam utilizadas apenas as águas pluviais captadas na cobertura, excluindo-se as águas pluviais oriundas das arquibancadas e das calçadas externas. Para a determinação do dimensionamento do reservatório, será considerada a área de cobertura de 5.000,00 metros quadrados, para garantir eventual perda de eficiência na captação.

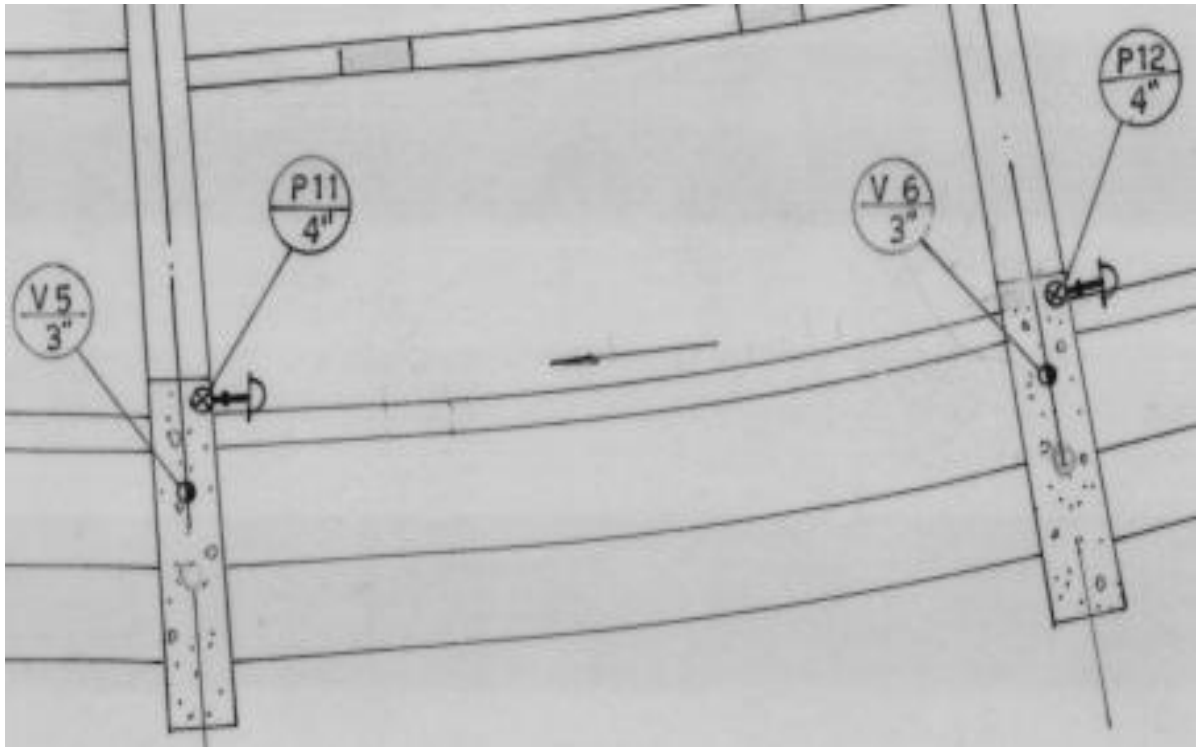
Figura 10. Planta da cobertura (marquise) do Estádio Pedro Pedrossian (Morenão)



Fonte: Acervo DINFRA/PROADI/UFMS (2022)

A cobertura possui 38 saídas de águas pluviais de 4", P1 a P38, conforme ilustrado na Figura 11, que mostra as saídas P11 e P12.

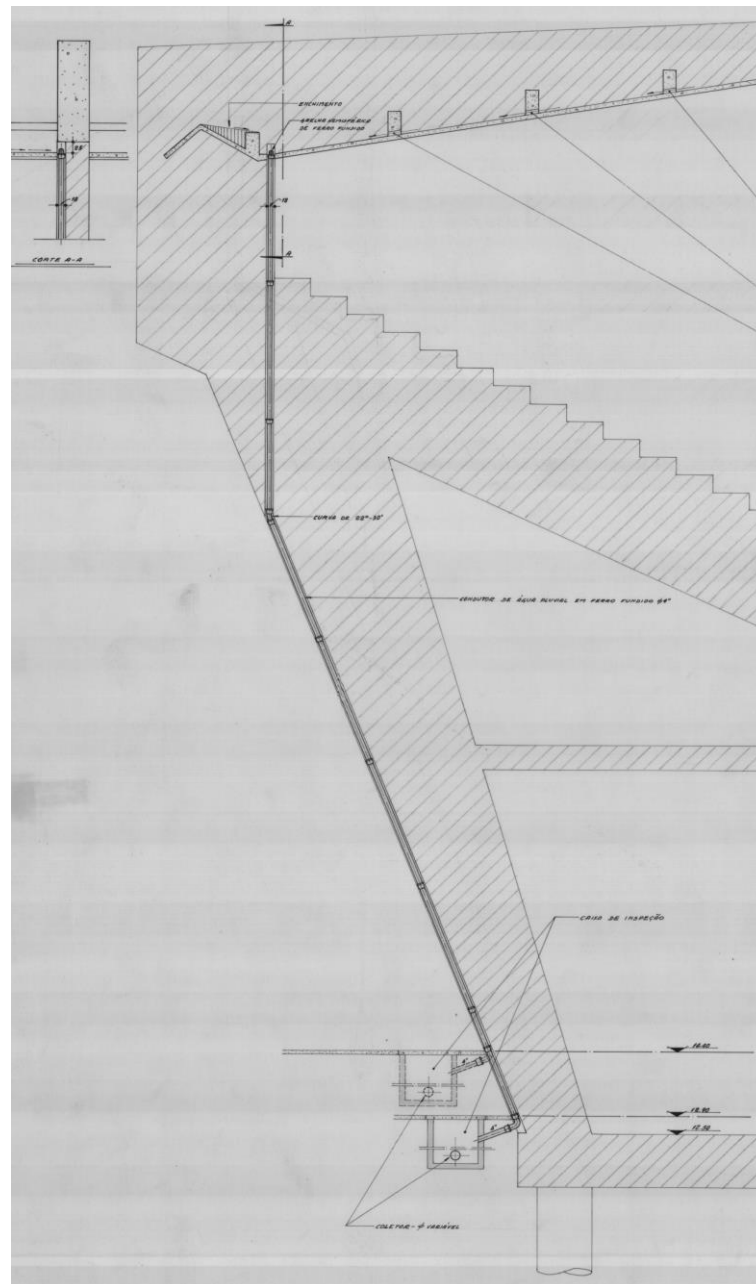
Figura 11. Planta detalhe dos condutores de água pluvial



Fonte: Acervo DINFRA/PROADI/UFMS (2022)

A água é captada através de grelhas hemisféricas de ferro fundido e direcionada a rede de água pluvial através de condutor em ferro fundido de 4", conforme a Figura 12.

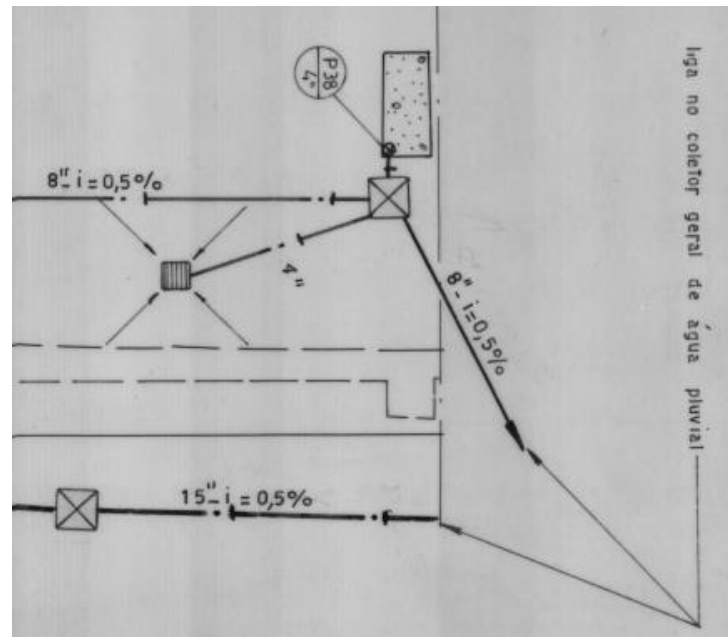
Figura 12. Planta detalhe dos condutores de água pluvial



Fonte: DINFRA/PROADI/UFMS (2022)

A água pluvial captada na cobertura se mistura com a água pluvial captada em outros níveis da arquibancada do estádio, inclusive a água pluvial da calçada externa, e posteriormente se liga ao coletor geral de águas pluviais, conforme a Figura 13, e é direcionada à rede de águas pluviais através de 3 tubos de 50 cm de diâmetro.

Figura 13. Planta detalhe dos condutores de água pluvial



Fonte: DINFRA/PROADI/UFMS (2022)

Devido a mistura entre as águas provenientes da cobertura e as provenientes de outras áreas, como arquibancadas e calçadas externas, juntamente com a dificuldade de separá-las, foi desenvolvido em projeto, uma nova tubulação de coleta de água pluvial, em conformidade com a norma NBR 10844 (1989). Além disso, foram incluídos filtros e reservatórios, apropriados para o armazenamento adequado da água coletada. O projeto contempla: Planta da cobertura e calhas, detalhes dos filtros e first flush, implantação do reservatório, alimentação do reservatório, detalhes de ligação do reservatório e sistema de irrigação automatizado proposto.

3.1.2 Coeficiente de Escoamento Superficial

De acordo com a NBR 15.527:2019, o coeficiente de Runoff (C), é o coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície.

De acordo com Rocha (2009), no Brasil, não existem valores divulgados para os materiais utilizados nas coberturas de edifícios. Na maioria das situações, é adotado um

coeficiente de escoamento superficial sem considerar o material da área de captação. Os coeficientes utilizados costumam variar entre 0,80 e 0,90.

A cobertura do Estádio utiliza concreto armado revestido com manta asfáltica aluminizada, conforme ilustrado na Figura 14. A manta asfáltica aluminizada é projetada para apresentar características de impermeabilidade, evitando a infiltração de água. No entanto, considerando possíveis desgastes e danos no revestimento ao longo do tempo, foi adotado um coeficiente de escoamento superficial de 0,80. Essa redução visa levar em consideração eventuais perdas de eficiência do revestimento e garantir uma estimativa conservadora do escoamento da água da chuva na superfície em questão.

Figura 14. Material da cobertura do Estádio Pedro Pedrossian (Morenã)



Fonte: Próprio autor (2023)

3.1.3 Dados de Precipitação

Os métodos utilizados, Rippl e Simulação, necessitam dos dados de pluviosidade do local. Para isso, foram utilizadas uma série histórica de 16 anos, de precipitação média mensal, do período de janeiro de 2007 até dezembro de 2022, que pode ser vista na Tabela 5, com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtida no Laboratório de Ciências Atmosféricas (LCA) da UFMS.

Tabela 5. Média das precipitações mensais durante o intervalo de 16 anos

LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS (LCA) - INFI - UFMS													
LOCAL: CAMPO GRANDE (MS) LAT: 20G 30' 38" S LONG: 54G 37' 07" W ALT: 548M													
ESTACAO METEOROLOGICA AUTOMATICA (INMET) - DADOS METEOROLOGICOS DIARIOS													
ANO	PRECIPITAÇÃO MÉDIA POR MÊS (mm) - PERÍODO DE 2007 A 2022 - CAMPO GRANDE - MS												ACUMULADO NO ANO
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	
2007	197,60	183,20	72,20	81,80	85,60	8,10	0,00	0,00	4,20	83,40	148,80	146,80	1011,70
2008	256,60	144,60	185,22	93,40	82,20	6,00	28,70	52,40	55,60	99,80	97,20	117,50	1219,22
2009	226,20	154,00	212,60	83,00	76,80	88,40	48,40	94,60	65,20	98,50	174,80	305,40	1627,90
2010	244,80	251,60	76,80	68,00	67,20	8,80	21,60	0,00	94,50	122,80	161,20	198,30	1315,60
2011	240,60	116,36	75,30	82,20	76,20	34,00	13,20	27,40	57,40	227,20	121,40	121,60	1192,86
2012	244,40	171,80	86,80	234,80	76,80	244,40	14,80	1,20	122,00	125,00	190,20	181,00	1693,20
2013	210,80	212,00	191,60	227,60	75,20	182,40	51,00	0,00	90,80	139,20	235,20	179,40	1795,20
2014	164,20	112,80	155,00	49,40	183,00	54,20	104,40	17,20	65,80	19,00	217,40	372,40	1514,80
2015	245,80	161,00	71,60	101,00	84,60	83,40	95,20	8,60	216,40	95,80	158,60	186,40	1508,40
2016	371,20	196,60	194,60	70,80	206,60	49,00	5,40	65,60	37,00	74,60	85,60	212,40	1569,40
2017	241,80	91,00	226,60	157,00	103,80	46,60	0,20	38,20	45,00	228,60	267,40	273,80	1720,00
2018	132,00	206,20	97,40	89,60	37,40	11,00	0,00	112,20	73,90	122,10	125,40	64,80	1072,00
2019	122,40	251,40	166,00	104,40	76,40	20,60	46,40	1,60	16,20	30,80	149,40	249,00	1234,60
2020	198,20	227,20	80,20	90,20	182,60	41,20	4,00	27,60	8,40	150,40	91,40	105,40	1206,80
2021	383,60	116,20	65,00	53,60	20,40	65,20	1,80	34,20	27,00	179,80	251,60	149,20	1347,60
2022	115,00	73,20	211,00	90,00	56,40	108,00	32,10	36,00	174,20	110,20	87,60	159,00	1252,70
TOTAL	3595,20	2669,16	2167,92	1676,80	1491,20	1043,20	467,20	516,80	1153,60	1907,20	2563,20	3022,40	22281,98
MÉDIA	224,70	166,80	135,50	104,80	93,20	65,20	29,20	32,30	72,10	119,20	160,20	188,90	1392,10

Fonte: Adaptado (Rodrigues, 2023)

3.1.4 Sistema de Irrigação Existente e Frequência de Irrigação

A atual rede de abastecimento e distribuição de água do *campus* é composta de um poço semiartesiano, uma cisterna de 128 m³, um reservatório elevado de 18 m³, e rede de distribuição. A torre do reservatório tem altura de 20 m, e no seu interior há duas bombas de 3 cv, operando em paralelo, que faz o bombeamento da cisterna para o reservatório. Ao lado da torre encontram-se a cisterna e o poço semiartesiano com uma bomba submersa. O sistema é abastecido também pela rede pública de água e esgoto, Águas Guariroba.

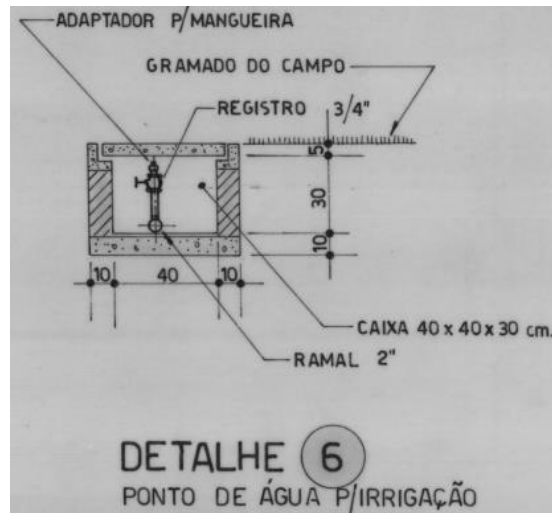
No entorno do gramado do campo, há um ramal de água potável de 2", com 20 pontos de saída de água de 3/4", destinados à irrigação por meio de mangueiras simples ou microperfuradas, conforme indicado no detalhe 6 do projeto executivo, Figuras 15 e 16. Além disso, existem seis saídas de água de 2", destinadas ao uso de aspersores rotativos de 2", Figuras 17 e 18. Essas saídas de água são acionadas por uma bomba de recalque de 15 cv, Figura 19, que está instalada junto ao reservatório subterrâneo exclusivo para irrigação do gramado do campo. O reservatório possui uma capacidade aproximada de 75 m³ e dimensões internas de 7,80 m x 7,80 m x 1,70 m, Figura 21. O abastecimento do reservatório é atualmente realizado pela rede de abastecimento e distribuição de água do *campus*. No entanto, com a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, esse abastecimento será utilizado somente quando houver falta de água proveniente da água da chuva.

Figura 15. Planta detalhe 6 - registro de água potável para irrigação



Fonte: DINFRA/PROADI/UFMS (2022)

Figura 16. Detalhe 6 – caixa de registro de água potável para irrigação



Fonte: DINFRA/PROADI/UFMS (2022)

Figura 17. Registro de 2" para irrigação do gramado



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 18. Aspersor de 2" para irrigação do gramado



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 19. Bomba de recalque de 15 cv para irrigação do gramado



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 20. Reservatório subterrâneo para irrigação do gramado



Fonte: Próprio autor (2023)

A irrigação atual é feita de forma manual, por um funcionário da UFMS. Conforme informado pelo funcionário, a frequência de irrigação é de três vezes por semana no período de estiagem, entre os meses de abril e outubro, e quando necessário, nos períodos de chuva, com utilização de aspersores. O campo é dividido em três partes, para instalação de dois aspersores rotativos em cada parte. A irrigação de cada parte tem uma duração de 40 minutos. O volume de água utilizado para irrigação, em cada parte, no período de estiagem é em torno de 25 mil litros, totalizando 75 m³ de água potável por irrigação do campo, ou seja, 225 m³ de água potável por semana.

O processo de irrigação é executado com base em diretrizes estabelecidas pelo operador do sistema, fundamentadas em sua experiência, o qual define o tempo máximo para a mudança de posicionamento da mangueira e do aspersor. Não há critérios de referência estabelecidos para o controle do excesso de água utilizado na irrigação.

Frente à questão apresentada, foi elaborado um projeto de aproveitamento de água da chuva com irrigação automatizada para o gramado, incorporando sensores de umidade do solo, sensores de chuva, válvulas solenoides, aspersores rotor e sistemas de filtragem. Por meio desse sistema automatizado de irrigação, o gramado será suprido com a quantidade adequada de água somente quando for estritamente necessário, o que proporcionará um crescimento saudável e, adicionalmente, a potencialidade de economia hídrica.

3.2 Dimensionamento do Reservatório

Os melhores métodos para dimensionamento, ou mais eficazes, seriam aqueles que têm como dados de entrada, a demanda desejada a suprir, que seriam o Rippl, da Simulação e o Prático Australiano (Reis e Silva, 2014).

Segundo Rezende e Tecedor (2017), os métodos Azevedo Neto e Prático Inglês não contemplam a consideração da demanda de água, o que resulta em uma capacidade de reservatório superdimensionada. O método Prático Australiano, leva em consideração a demanda de água, no entanto, devido à extensão da área de cobertura, o volume resultante obtido foi ainda maior. Concluem que os métodos de Rippl, da Simulação e Prático Alemão resultaram em diferentes resultados para a capacidade do reservatório.

Rupp, Munarim e Ghisi (2011), relatam que os métodos apresentados na norma NBR 15527 (ABNT, 2007) mostram-se insuficientes e inadequados no atendimento pleno dos quesitos de dimensionamento do reservatório e cálculo do potencial de economia de água potável, e apontam para a dificuldade de aplicação da norma, devido à ambiguidade e diferenças na denominação das variáveis das equações.

Conforme mencionado por Lemos (2017), considerando que os Métodos de Rippl e de Simulação estabelecidos pela norma NBR 15527/2007 garantem o suprimento de água ao longo de todo o ano, apesar de terem sido suprimidos pela versão mais recente da norma,

NBR 15527/2019, esses dois métodos foram aplicados neste estudo de caso para dimensionar o reservatório.

3.2.1 Demanda de água não potável

De acordo com Lemos (2017), a estimativa da demanda de água não potável pode ser calculada utilizando a equação 1.

$$D(t) = (ca \times fa(t)) \quad (1)$$

Onde:

$D(t)$ é o volume de demanda de água não potável a ser utilizada pelo dispositivo no período t (m^3);

ca é o consumo de água no acionamento do dispositivo (m^3);

$fa(t)$ é a frequência de uso do dispositivo no período t .

3.2.2 Método de Rippl

O Método de Rippl, também chamado de Método do Diagrama de Massas, consiste na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando que nem toda a água precipitada seja coletada, e tal volume é então correlacionado ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável (Amorim e Pereira, 2008).

Para Tomaz (2010), o método apresenta o valor extremo do volume do reservatório, é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima, é indicada para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de água da chuva.

Para a determinação do volume do reservatório utilizando este método, foram empregadas as equações 2, 3 e 4 a seguir:

$$Q(t) = P(t) \times A \times C \quad (2)$$

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (3)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores de } S(t) > 0, \text{ sendo que } \sum D(t) < \sum Q(t) \quad (4)$$

Onde:

$Q(t)$ = Volume de chuva aproveitável no período t (m^3);

$P(t)$ = Precipitação média no período t (m);

A = Área de captação (m^2);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

$D(t)$ = Volume da demanda a ser atendida no período t (m^3);

$S(t)$ = Volume de água no reservatório no período t . Os valores negativos indicam um excesso de água e os valores positivos indicam que o volume de demanda é superior ao volume de água disponível; e

V = Volume máximo do reservatório (m^3). Corresponde às diferenças acumuladas do volume de demanda pelo volume de chuva, considerando somente os valores positivos.

3.2.3 Método de Simulação

O método de simulação consiste em adotar um volume arbitrário para o reservatório e, em seguida, analisar as possíveis situações em relação ao excesso de água (overflow) e à possível falta de água (suprimento proveniente do serviço público ou poço artesiano). O processo envolve a suposição de que o volume é conhecido e, em seguida, são realizadas verificações sobre o que ocorreria em diferentes cenários (Thomaz, 2010).

O primeiro passo para aplicar esse método é selecionar alguns valores possíveis para o volume do reservatório, baseando-se em estimativas do consumo mensal de água não potável (AMORIM e PEREIRA, 2008). É recomendado que os cálculos sejam realizados na escala mensal e são admitidas as hipóteses de que o reservatório está cheio no início do período de análise (tempo t), além de considerar que os dados históricos são representativos para as condições futuras (ABNT, 2007).

A seguir, apresentam-se as equações 5 e 6 que foram utilizadas:

$$Q(t) = P(t) \times A \times C \quad (5)$$

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t), \text{ sendo que } 0 \leq S(t) \leq V \quad (6)$$

Onde:

$Q(t)$ = Volume de chuva no período t ;

$P(t)$ = Precipitação média no período t (m);

A = Área de captação (m^2);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

$S(t)$ = Volume de água no reservatório no período t ;

$S(t-1)$ = Volume de água no reservatório no período $t - 1$;

$D(t)$ = Volume da demanda a ser atendida no período t (m^3); e

V = Volume do reservatório fixado.

3.3 Dimensionamento da calha

De acordo com a NBR 10844/1989, o dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, conforme equação 7, ou de qualquer outra fórmula equivalente, e a vazão de projeto, conforme equação 8.

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad (7)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em litros/min

S = área da seção molhada, em m^2

n = coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 2 – NBR 10844/1989)

R = raio hidráulico, em m

P = perímetro molhado, em m

i = declividade da calha, em m/m

$K = 60.000$

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (8)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em litros/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m²

3.4 Sistema de irrigação automatizada

O sistema de irrigação concebido para o campo de futebol localizado no Estádio Pedro Pedrossian, elaborado pela empresa Agroclique (2023), e adaptado pelo autor, adota uma abordagem automatizada. Dentro deste projeto, os aspersores são estrategicamente posicionados com o intuito de assegurar a eficácia da irrigação do gramado. Isso é alcançado por meio de uma rede hidráulica que incorpora válvulas, filtros e bombas, os quais são meticulosamente regulados por um controlador específico.

Este controlador assume a responsabilidade pela gestão dos dias nos quais a irrigação é realizada, o tempo de funcionamento dos sistemas e a frequência necessária para garantir a adequada hidratação da grama. Fundamental para o funcionamento deste equipamento é a presença de uma válvula solenóide que controla a liberação do fluxo de líquido. Esta válvula, quando acionada pelo controlador, inicia o funcionamento da motobomba, que, por sua vez, efetua a captação da água a partir de um reservatório. A água é então distribuída pelo campo por meio de tubulações de PVC, permitindo a projeção controlada por aspersores.

3.5 Dimensionamento das Bombas e Alimentação Fotovoltaica

Conforme Ribeirinho (2017), é equivocado pensar que "quanto mais água aplicada, melhor" ao se tratar de irrigação. A irrigação não se trata simplesmente de "molhar" a planta. Se houver um excesso de água, há o risco de "lavar" o solo, levando embora os nutrientes necessários para o desenvolvimento das raízes. Por outro lado, se houver uma aplicação de água abaixo do ideal, não se alcançará o resultado desejado, que é o aumento máximo da produtividade e qualidade do plantio. O autor ressalta que cada tipo de planta requer uma

quantidade específica de água diariamente, e cada tipo de solo demanda uma quantidade distinta de água. Além disso, o clima de cada região também influencia no cálculo da quantidade adequada de água a ser utilizada na irrigação. Seja para a irrigação de um gramado residencial ou para o cultivo agrícola, é fundamental considerar esses fatores a fim de alcançar o máximo de produtividade na prática da irrigação.

Ribeirinho (2017) acrescenta que, o primeiro passo em um projeto de irrigação por aspersão consiste na seleção do aspersor, a fim de determinar a quantidade de água que a bomba deverá fornecer, considerando a vazão e a pressão necessárias para o funcionamento adequado desse aspersor. A bomba de irrigação deve ser capaz de fornecer água até o ponto mais distante e mais elevado da área a ser irrigada. O dimensionamento da tubulação deve ser realizado visando economizar energia e aproveitar ao máximo o rendimento hidráulico da bomba. Isso significa que quanto menor for a perda de carga na tubulação, menor será a altura total, o tamanho da bomba, a potência do motor e, conseqüentemente, o consumo de energia. Por fim, uma vez determinado o aspersor, o desnível do terreno e a perda de carga da tubulação, é possível dimensionar a bomba utilizando as equações 9 e 10.

$$\text{Vazão da bomba (m}^3\text{/h)} = \text{vazão do total de aspersores} \quad (9)$$

$$\text{Altura manométrica total (mca)} = \text{Desnível} + \text{Perda de Carga} \quad (10)$$

Com base nas informações de vazão da bomba e da altura manométrica total, considerando uma margem de segurança de 10%, é possível selecionar a bomba adequada para atender a essas características. Essa seleção pode ser feita através da consulta de catálogos de fabricantes de bombas, onde a vazão e a pressão encontradas são cruzadas. É importante ressaltar que a bomba escolhida deve atender ao ponto de trabalho específico.

A geração de energia elétrica, através de painéis de placas fotovoltaicas, visa atender diversas aplicações, das quais podem ser citadas: bombeamento de água, iluminação pública, telecomunicações, agricultura, dessalinização de água, carregamento de veículos, etc. (Sampaio e González, 2017).

Após a determinação da potência adequada para a bomba, foi conduzida uma análise, para verificar o número necessário de módulos fotovoltaicos, dimensionar o sistema e estimar

a área requerida para a instalação dos módulos, a fim de suprir a demanda energética da bomba.

O cálculo da quantidade de módulos fotovoltaicos é determinado pela equação 11:

$$NM = C / E_{real} \quad (11)$$

Onde:

NM é o Número de módulos;

C é o consumo mensal da unidade consumidora (kWh) e;

E_{real} é a Geração Mensal Real do módulo (kWh).

A potência total da Planta Fotovoltaica (kWp) é determinada pela equação 12:

$$PT = NM \cdot P_{max} \quad (12)$$

Onde:

PT é a Potência da Planta Fotovoltaica (kWp);

NM é o número de módulos;

P_{max} é a Potência Nominal do Módulo (KWp) nas condições *Standard* (STC).

3.6 Análise econômica

A análise econômica tem como objetivo determinar o período de retorno do investimento, para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Ela pode ser obtida pelo cálculo do Valor Líquido Atual ou Valor Presente Líquido (VPL), que consiste em analisar o investimento através da determinação do valor presente de pagamentos futuros (Aguiar, 2012). Ou seja, é um método que consiste em trazer para a data zero, todos os fluxos de caixa de um projeto de investimento, e somá-los ao valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa ou projeto (Camargo, 2017a), sendo o VPL calculado através da equação 13:

$$V_{PL} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{Fc_t}{(1+i)^n} \quad (13)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC = fluxo de caixa;

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

i = taxa de desconto (ou taxa mínima de atratividade);

n = período de tempo.

- VPL negativo, significa que as despesas serão maiores que as receitas, ou seja, o projeto será inviável;
- VPL positivo, indica receitas maiores que as despesas, o projeto será viável;
- VPL igual a zero, as receitas e as despesas serão iguais, a indicação de viabilidade do projeto será neutra.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é considerada uma excelente ferramenta, usada para a escolha entre diversas opções de investimento disponíveis. Ela corresponde à taxa mínima que um investidor se propõe a ganhar, ou à taxa máxima que alguém se propõe a pagar ao realizar um financiamento (Camargo, 2017b).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) reflete a qualidade de um investimento. Ela é muito utilizada pelas empresas para decidir se devem ou não investir. Além disso, muitos gestores fazem uso da TIR para comparar diferentes alternativas de investimentos (Camargo, 2017c). Através da equação 14, encontramos a TIR:

$$VP = capital + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (14)$$

Onde:

VP = valor presente (é sempre igual a zero; a TIR calcula a taxa de desconto que deve ter um fluxo de caixa para que seu VPL seja igual a zero);

Capital = valor do investimento (equivale ao valor do investimento inicial e deve ser sempre negativo);

N = quantidade de períodos (por exemplo, 6 meses, 1 ano, etc.);

F_t = entrada de capital no período t (por exemplo, se no quarto mês entrar R\$ 20 mil, informe esse valor);

i = taxa interna de retorno.

- Se a TIR de um projeto **for maior** que a Taxa Mínima de Atratividade significa que o projeto é viável.
- Se a TIR **ficar abaixo** da Taxa Mínima de Atratividade, o projeto deve ser rejeitado.
- Se a TIR **for igual** à Taxa Mínima de Atratividade, a decisão ficará por conta dos gestores/investidores, devendo ser analisado outro indicador para a tomada de decisão.

O Retorno sobre o Investimento (ROI) é o indicador utilizado para avaliar a viabilidade de Investimentos Operacionais, como a aquisição de máquinas, equipamentos, computadores, etc., ou também para qualquer outro desembolso. Representa o lucro ou prejuízo obtido depois de um determinado investimento (DE PAULA, 2016). Os valores são obtidos através da equação 15:

$$ROI = ((\text{Receita} - \text{Custos}) / \text{Custos}) * 100 \quad (15)$$

O Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*) indica o tempo que levará para o investimento se pagar. É o período de recuperação do investimento, e funciona como um indicativo do tempo em que o empréstimo ou investimento levará para retornar ao investidor (Camargo, 2016).

Payback simples - método que demonstra os prazos cujos lucros obtidos superam o valor do investimento no negócio, ou seja, tudo que existe de receita, menos as despesas. Ele é calculado pela equação 16:

$$\text{Payback simples} = \text{investimento inicial} / \text{ganhos no período} \quad (16)$$

Payback descontado - considera o valor da moeda ao longo do tempo e adiciona uma taxa de desconto aos lucros. Corrige os valores de acordo com o período de investimento. É obtido pela equação 17:

$$\textit{Payback descontado} = \text{investimento inicial} / \text{VPL} \quad (17)$$

Para estimar o custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluviais deste estudo de caso, foi elaborado um projeto de implantação, com dimensionamento de calhas, reservatórios, tubulações, conexões, bombas e filtros.

Foi elaborada uma planilha orçamentária com custos iniciais de materiais e mão de obra com base no SINAPI, ORSE, SINDUSCON ou cotação em lojas especializadas. Para cálculo de viabilidade foram utilizados os custos para a implantação do sistema, bem como a economia financeira que será proporcionada pelo sistema de aproveitamento de água pluvial, com base na tarifa praticada pela concessionária de água e esgoto.

Com base nos valores constantes na planilha orçamentária, foi efetuada uma análise de viabilidade econômica, obtida através da análise do Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*), onde a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) utilizada foi a variação da taxa SELIC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados dos cálculos do volume e frequência de irrigação para o gramado do campo de futebol, dimensionamento da captação de água da cobertura do estádio, dimensionamento dos reservatórios de água pluvial, até a irrigação automatizada do gramado. Detalhes do projeto completo podem ser vistos nos anexos 1 a 7, que inclui o dimensionamento de calhas, reservatórios, tubulações, conexões, bombas e filtros.

4.1 Volume e Frequência de Irrigação.

Aguiar (2012), constatou que o consumo de água proveniente da rede pública para regar o gramado do Estádio da Luz, em Lisboa (Portugal), com dimensões de 105 m x 60 m (6300 m²), é de aproximadamente 6.185,60 m³ por ano, o que representa cerca de 16,95 m³ por dia, em média, ou 2,69 litros por metro quadrado. Em Lisboa o período de chuvas dura 7,8 meses (de setembro a maio), com probabilidade acima de 15% de que um determinado dia tenha precipitação de pelo menos 1 mm. O mês de novembro é o que possui número dias com precipitação (média de 8,4 dias). O período seco dura 4,2 meses (maio a setembro) (Weatherspark, 2023). O mês menos chuvoso em Lisboa é julho, com média de 0,5 dia.

Segundo Tomaz (2010), para a rega de jardim comum, a taxa é de 2 litros por metro quadrado por dia e, para rega de jardim tipo campo de golfe, a taxa é de 4 litros por metro quadrado por dia.

De acordo com o estudo realizado por Silva (2020), o volume de água necessário para a manutenção do gramado do Estádio Caruaru, em Pernambuco, é de 5,1 l/m², por dia, ou seja, 5,1 mm/dia, em dias sem chuva. Em Caruaru – PE, a estação de maior precipitação dura 6 meses (fevereiro a agosto), mesma duração da estação seca (agosto a fevereiro). O mês com maior número de dias com precipitação em Caruaru é junho, com média de 13,7 dias, e novembro é o com menor número de dias com precipitação, com média de 1,6 dia (Weatherspark, 2023).

Lipford (2023), relata que para fornecer uma polegada de água ao gramado, é necessário um pouco mais de meio galão por pé quadrado, mais precisamente 0,62 galões ou

2,36 litros. Considerando que o campo do Estádio Pedro Pedrossian possui uma área de 7350 m², equivalente a 79.144,75 pés quadrados, o volume total necessário será de 49.288,49 galões, correspondendo a 186.577,10 litros. Considerando esse volume, em três irrigações por semana, teria-se o consumo de 62.192,37 litros por irrigação, o que equivale a aproximadamente 8,46 l/m².

Sport Turf Managers Association (Turf Factory, 2023), descreve que o gramado de um campo de futebol geralmente requer, no mínimo, uma polegada de água por semana, o que corresponde a 60.000 galões de água. Convertendo essa quantidade para litros, tem-se 227.124,71 litros. Considerando a área do gramado de 7350 m², a necessidade de água é de aproximadamente 30,90 l/m² por semana, ou seja, 10,30 l/m² por irrigação, considerando três irrigações semanais.

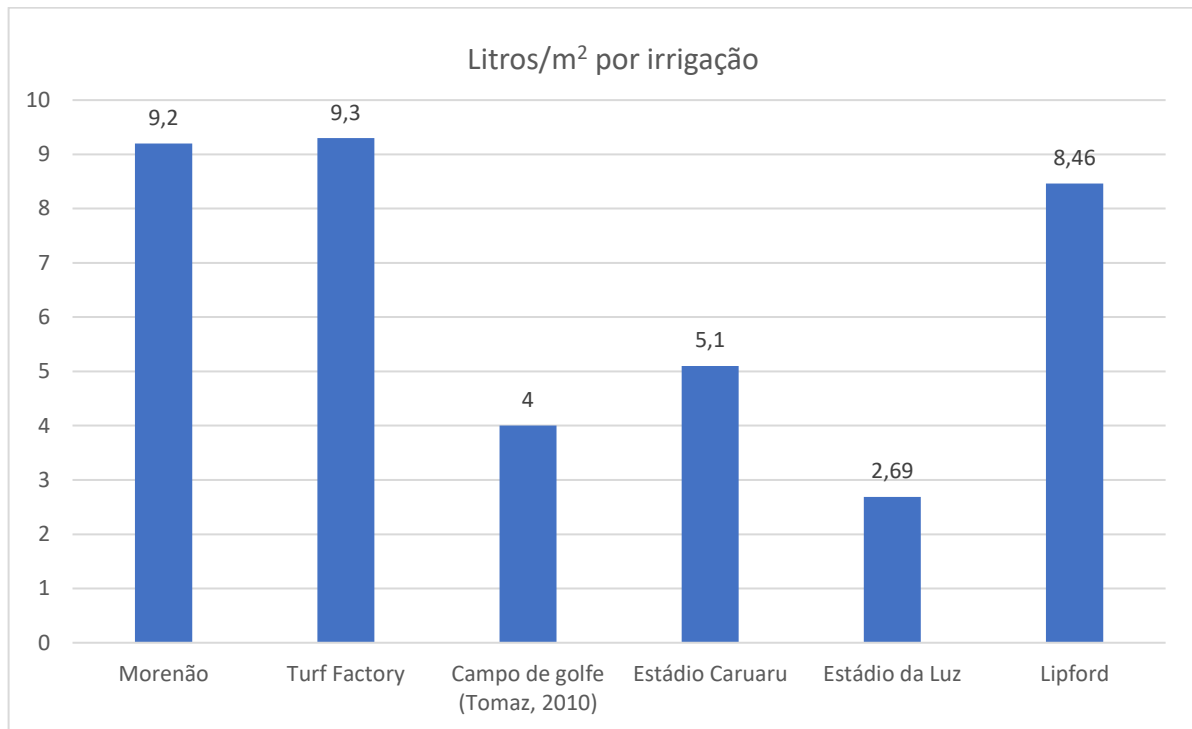
Conforme apresentado no item 3.1.4, a frequência de irrigação no gramado do Estádio Pedro Pedrossian (Morenã) é de três vezes por semana no período de estiagem, entre os meses de abril e outubro, e quando necessário, nos períodos de chuva. O volume de água utilizado para irrigação é de 75 m³ de água potável por irrigação, que equivale a 225 m³ de água potável por semana e 900 m³ por mês, e todo procedimento de irrigação é realizado por regras baseadas na experiência do operador do sistema.

Considerando que o campo do Morenã possui 105 m x 70 m de gramado, ou seja, 7.350 metros quadrados, temos uma taxa de 10,2 l/m² por dia de irrigação. Dados históricos de 2015 a 2023, encontrados no relatório de Weatherspark (2023), mostram que Campo Grande – MS tem 5,8 meses com maior precipitação (outubro a abril), tendo uma estação seca de 6,2 meses (abril a outubro). O mês com mais dias de chuva em Campo Grande é janeiro, com média de 21,3 dias, e com menos dias de chuva é julho, com média de 3,7 dias. Comparando a duração do período de chuva e de seca (em meses), o estádio Morenã ficaria numa posição intermediária entre os estádios de Lisboa e Caruarú. Mas se for considerado o número de dias com precipitação em cada mês, no estádio do Morenã a média é maior.

Ao comparar com os estudos previamente apresentados, é possível observar que o volume de água utilizado para irrigação do gramado é aproximadamente igual à recomendação da Turf, 9% maior que o valor indicado por Lipford, 80% maior que o utilizado no Estádio Caruaru, 2,3 vezes maior que a recomendação de Tomaz (2010) para um campo de

golfe e 3,42 vezes maior do que o volume utilizado no Estádio da Luz, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21. Litros por metro quadrado de água por irrigação



Fonte: Próprio autor (2023)

Considerando o valor médio de consumo ($3,89 \text{ l/m}^2$ por dia) entre os Estádios Caruaru ($5,1 \text{ l/m}^2$ por dia) e da Luz ($2,69 \text{ l/m}^2$ por dia), que possuem um sistema de irrigação eficiente e mais econômicos, lembrando que o período de seca de Campo Grande também está na média desses dois estádios, o consumo de água para irrigação apresentado por Tomaz (2010), para um campo de golfe ($4,0 \text{ l/m}^2$ por dia) é o que mais se aproxima dessa média. Utilizando este consumo para o campo de futebol do estádio Morenã, o volume de água necessário para irrigação do campo será de $29,40 \text{ m}^3$ por dia. Sendo a irrigação efetuada 3 vezes por semana (3 dias), o volume para o consumo será de $88,20 \text{ m}^3$ por semana, totalizando o consumo mensal de 378 m^3 . Este volume será utilizado como base para o dimensionamento dos reservatórios.

4.2 Dimensionamento do Reservatório de Água

Considerando o consumo mensal de 378 m³ (estimado no item 4.1) para a irrigação do gramado do campo de futebol do estádio Moreirão, este volume será utilizado como base para o dimensionamento dos reservatórios pelos métodos de Rippl e Simulação.

4.2.1 Cálculo do Reservatório pelo método de Rippl

Aplicando as equações 2, 3 e 4, obteve o volume do reservatório de 722 m³ conforme Tabela 6:

Tabela 6. Cálculo para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

Cálculos para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de captação (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume de água da chuva (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Diferença (m ³)	Diferença acumulada (m ³)
Janeiro	224,7	5000,00	0,80	898,80	378,00	-520,80	
Fevereiro	166,8	5000,00	0,80	667,20	378,00	-289,20	
Março	135,5	5000,00	0,80	542,00	378,00	-164,00	
Abril	104,8	5000,00	0,80	419,20	378,00	-41,20	
Mai	93,2	5000,00	0,80	372,80	378,00	5,20	5,20
Junho	65,2	5000,00	0,80	260,80	378,00	117,20	122,40
Julho	29,2	5000,00	0,80	116,80	378,00	261,20	383,60
Agosto	32,3	5000,00	0,80	129,20	378,00	248,80	632,40
Setembro	72,1	5000,00	0,80	288,40	378,00	89,60	722,00
Outubro	119,2	5000,00	0,80	476,80	378,00	-98,80	623,20
Novembro	160,2	5000,00	0,80	640,80	378,00	-262,80	360,40
Dezembro	188,9	5000,00	0,80	755,60	378,00	-377,60	-17,20
Total	1392,1			5568,40	4536,00		

Fonte: Próprio autor

Onde:

Chuva média mensal (mm): Precipitação média mensal de 2007 a 2022;

Demanda mensal (m³): Demanda mensal de água não potável;

Diferença: É obtida através da diferença entre a demanda mensal e o volume de água da chuva, onde o sinal negativo representa o excesso de água e o sinal positivo representa o déficit de água;

Diferença acumulada: Diferença acumulada da coluna anterior. A soma é iniciada a partir do primeiro valor positivo. O volume do reservatório é o valor máximo encontrado nesta coluna.

4.2.2 Cálculo do Reservatório pelo método de Simulação

Utilizando as equações 5 e 6, foram calculados os volumes de água da chuva e no reservatório, apresentados na Tabela 7.

Neste estudo específico, adotou-se o volume de 722 m³ para o reservatório, obtido através do método de Rippl, e constatou-se que esse volume também é adequado de acordo com o método de Simulação. Ambos os métodos indicaram que o reservatório possui capacidade suficiente para atender às demandas do sistema.

Tabela 7. Cálculo para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Simulação

Cálculos para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Simulação						
Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de captação (m ²)	Coefficiente Runoff	Volume de água da chuva (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Volume de água no reservatório
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	224,7	5000,00	0,80	898,80	378,00	722,00
Fevereiro	166,8	5000,00	0,80	667,20	378,00	722,00
Março	135,5	5000,00	0,80	542,00	378,00	722,00
Abril	104,8	5000,00	0,80	419,20	378,00	722,00
Maio	93,2	5000,00	0,80	372,80	378,00	716,80
Junho	65,2	5000,00	0,80	260,80	378,00	599,60
Julho	29,2	5000,00	0,80	116,80	378,00	338,40
Agosto	32,3	5000,00	0,80	129,20	378,00	89,60
Setembro	72,1	5000,00	0,80	288,40	378,00	0,00
Outubro	119,2	5000,00	0,80	476,80	378,00	98,80
Novembro	160,2	5000,00	0,80	640,80	378,00	361,60
Dezembro	188,9	5000,00	0,80	755,60	378,00	722,00
Total	1392,1			5568,40	4536,00	

Fonte: Próprio autor

Onde:

Coluna 1 – Meses: Corresponde aos meses do ano;

Coluna 2 – Chuva média mensal (mm): Precipitação média mensal de 2001 a 2022;

Coluna 3 – Área de captação (m²): Valor da área de captação de água da chuva no objeto de estudo;

Coluna 4 – Coeficiente de escoamento superficial ou Runoff adotado para cobertura de concreto armado;

Coluna 5 – Volume médio de chuva (m³): Volume potencial de água da chuva em que o resultado é obtido através de chuva média x área de captação x coeficiente de runoff;

Coluna 6 – Demanda mensal (m³): Demanda mensal de água não potável;

Coluna 7 – Volume de água no reservatório no tempo t: Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Os valores são obtidos através da equação 16:

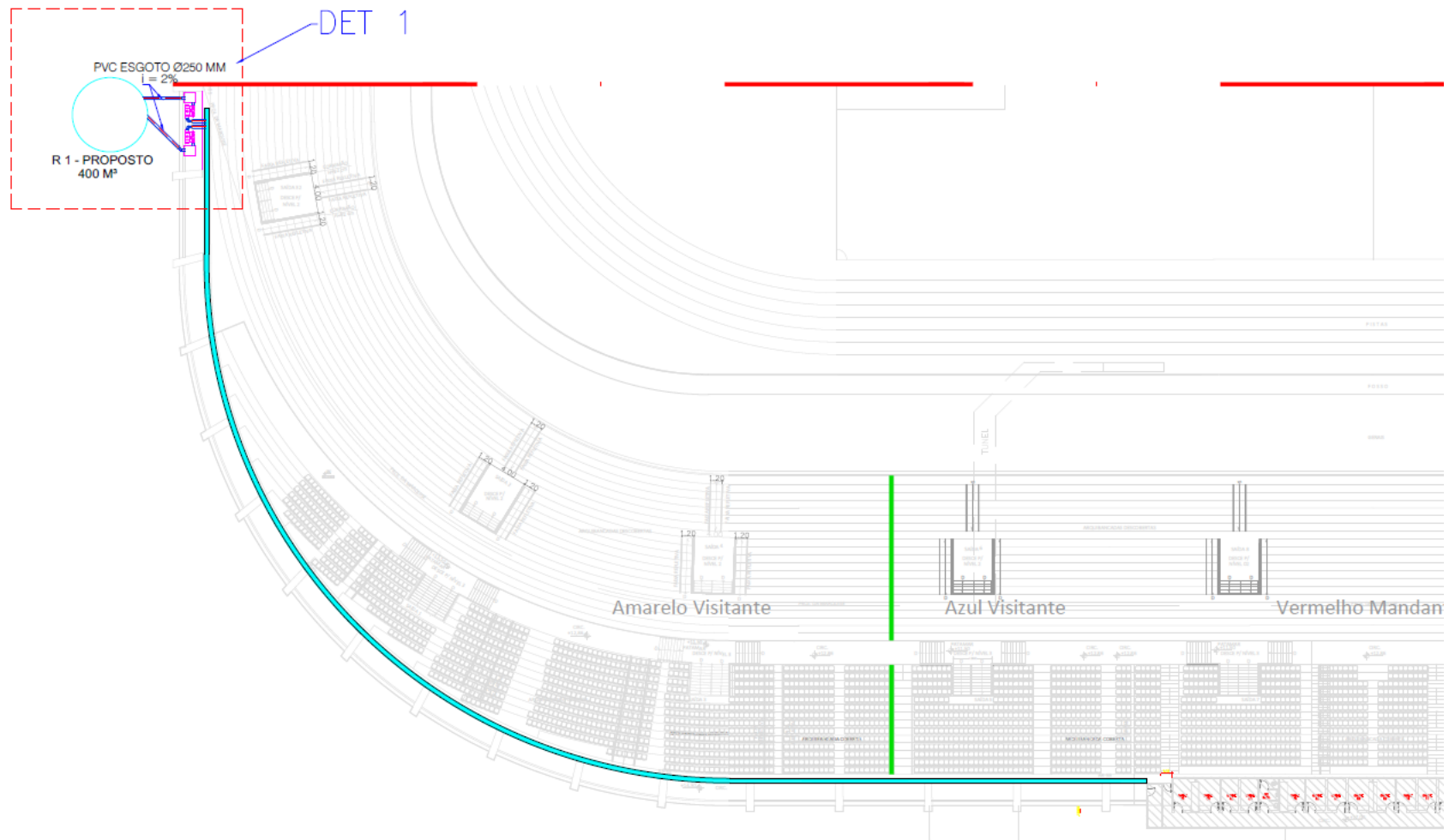
$$\text{Volume de água no reservatório} = \text{Chuva média mensal} + \text{Volume de água no reservatório no mês anterior} - \text{Demanda mensal} \quad (16)$$

Sendo que, o volume de água no reservatório não pode ultrapassar o volume de reservatório fixado, e deve ser maior ou igual a zero.

Diante dos resultados obtidos pelos Método de Rippl e pelo Método de Simulação, será necessário um acúmulo de, no mínimo, 722 metros cúbicos de água da chuva, para atender a demanda ao longo do ano.

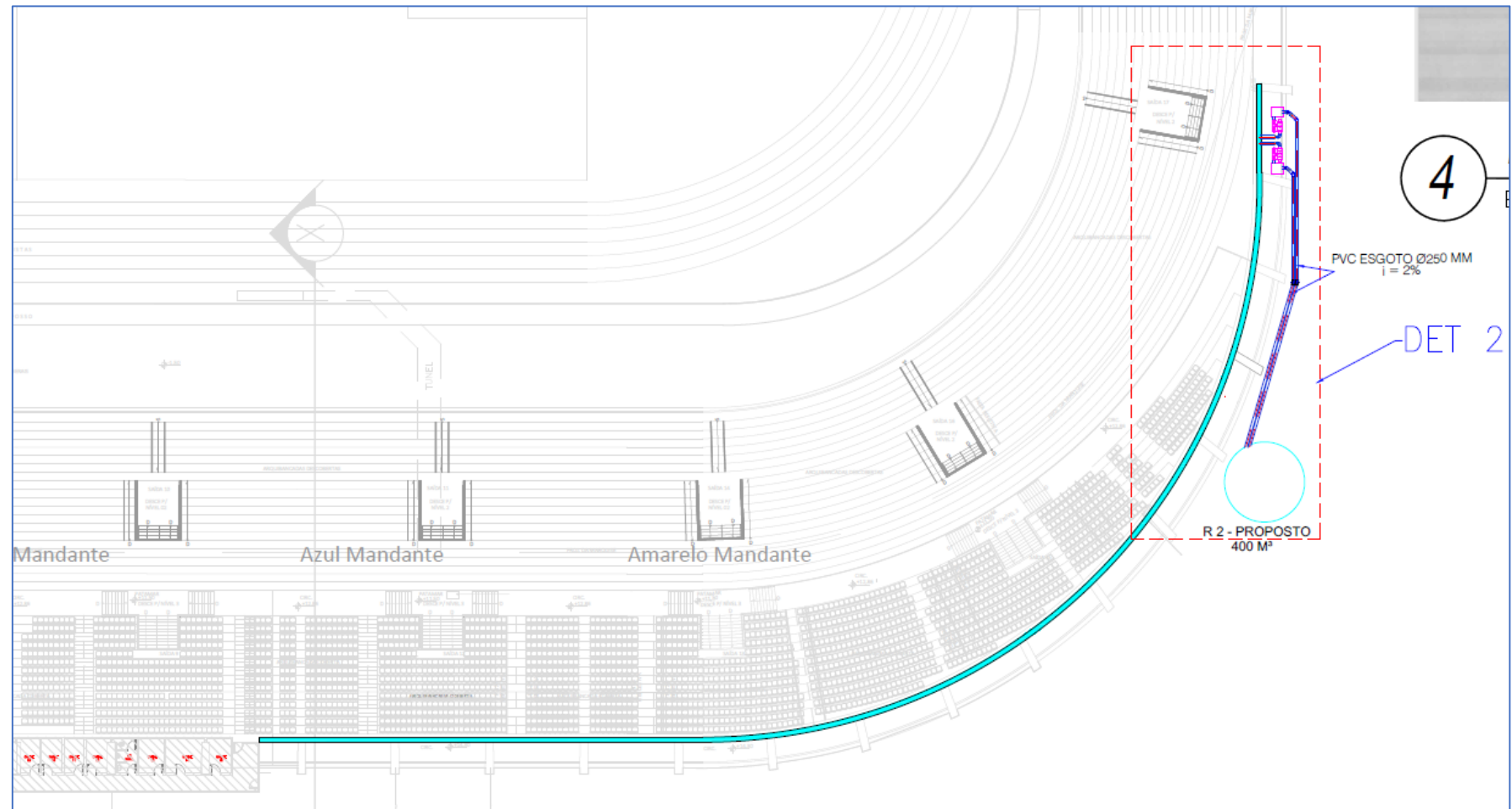
Devido ao grande volume de água para reservação, o alto custo dos reservatórios, e a necessidade de espaço físico para implantação desses reservatórios, foi projetado a instalação de 2 (dois) reservatório de 400 metros cúbicos, por possuírem valores padrões encontrados comercialmente, conforme as Figuras 22 e 23, para atender toda a demanda, uma vez que o Estádio é antigo e existem poucas opções para adaptações/modificações para se implantar os reservatórios.

Figura 22. Projeto de Calhas e Reservatórios (lado esquerdo)



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 23. Projeto de Calhas e Reservatórios (lado direito)



Fonte: Próprio autor (2023)

Recalculando, pelo método da Simulação, utilizando o volume do reservatório de 800 m³, verificamos que haverá reserva de água pluvial disponível para todo o período do ano, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Recálculo para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Simulação

Cálculos para o dimensionamento do reservatório pelo Método de Simulação								
Parâmetro	Valor	Unidade		Parâmetro			Valor	Unidade
Capacidade da Cisterna	800	m ³		Coeficiente de escoamento			0,80	Ad.
Demanda Mensal	378	m ³		Área de Captação			5000	m ²
Meses	P = Chuva média mensal (mm)	Q = Volume de água da chuva (m ³)	V(t-1)	Demanda (m ³)	Volume Captado (m ³)	Overflow (m ³)	Deficit	V(t) Final
Janeiro	224,7	898,8000	800	378,00	1320,8	520,8000	0	800,00
Fevereiro	166,8	667,2000	800	378,00	1089,2	289,2000	0	800,00
Março	135,5	542,0000	800	378,00	964,0	164,0000	0	800,00
Abril	104,8	419,2000	800	378,00	841,2	41,2000	0	800,00
Mai	93,2	372,8000	800	378,00	794,8	0,0000	0	794,80
Junho	65,2	260,8000	794,8	378,00	677,6	0,0000	0	677,60
Julho	29,2	116,8000	677,6	378,00	416,4	0,0000	0	416,40
Agosto	32,3	129,2000	416,4	378,00	167,6	0,0000	0	167,60
Setembro	72,1	288,4000	167,6	378,00	78,0	0,0000	0	78,00
Outubro	119,2	476,8000	78	378,00	176,8	0,0000	0	176,80
Novembro	160,2	640,8000	176,8	378,00	439,6	0,0000	0	439,60
Dezembro	188,9	755,6000	439,6	378,00	817,2	17,2000	0	800,00
Total	1392,1	5568,4000		4536,00	7783,2	1032,4000	0	6750,80

Fonte: Próprio autor

4.3 Cálculo do dimensionamento da calha e tubo de saída

Para o dimensionamento das calhas e do reservatório, a área de captação da cobertura do Morenã foi dividida em duas partes iguais de 2.500,00 m² (Figuras 22 e 23), para diminuir a dimensão da calha e também para não concentrar o reservatório em um único espaço do Morenã.

Aplicando a equação 8, obtém-se a vazão:

$$A = \text{área de contribuição 1} = 2500 \text{ m}^2$$

$$I = 168 \text{ mm/h (Rondon, 2001)}$$

$$Q = \frac{168 \cdot 2500}{60} = 7000 \text{ litros/min}$$

Que, multiplicado pelo fator 1,2 (Tabela 9), chega-se ao valor de:

$$Q = 8400 \text{ litros/min}$$

De acordo com a norma NBR 10844 (1989), item 5.5.6, em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes da Tabela 9.

Tabela 9. Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tipo de curva	Curva a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
canto reto	1,2	1,1
canto arredado	1,1	1,05

Fonte: NBR 10844 (1989)

Aplicando a equação 7, fórmula de Manning-Strickler, obtém-se o dimensionamento da calha:

$$Q = 60.000 \frac{0,104}{0,011} \left(\frac{0,104}{0,97} \right)^{\frac{2}{3}} (0,5/100)^{\frac{1}{2}} = 9.052,84 \text{ litros/min}$$

$$L \text{ calha} = 0,65\text{m}$$

$$H \text{ altura calha} = 0,16 \text{ m}$$

A norma NBR 10844 (1989), item 5.5.7.1., pela Tabela 10, indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Tabela 10. Coeficientes de rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (1989)

Após aplicar os dados obtidos nas equações, foi encontrada a calha nas dimensões 0,65 m (largura) x 0,16 m (altura), com área molhada de 0,10 m², conforme Tabela 11.

Tabela 11. Cálculo para o dimensionamento da calha

Area1	2500	m ²	Área da cobertura (50%)		
Q1	8400,00	L/min	Vazão de projeto, L/min		
Q2	9052,835803	Vazão da calha projetada, L/min			
S	0,10	Área da seção molhada, m ²			
n	0,011	Tabela 2 da NBR 10844/1989			
R	0,107216495	Raio hidráulico em mm (área molhada/perímetro molhado)			
Ph	0,97	Perímetro molhado			
i	0,005	Declividade da calha, em m/m			
K	60000				
L calha	0,65	Largura da calha projetada, em m			
H calha	0,16	Altura da calha projetada, em m			

Fonte: Próprio autor

No que diz respeito ao cálculo do diâmetro do tubo de saída da calha, é possível observar o seguinte procedimento:

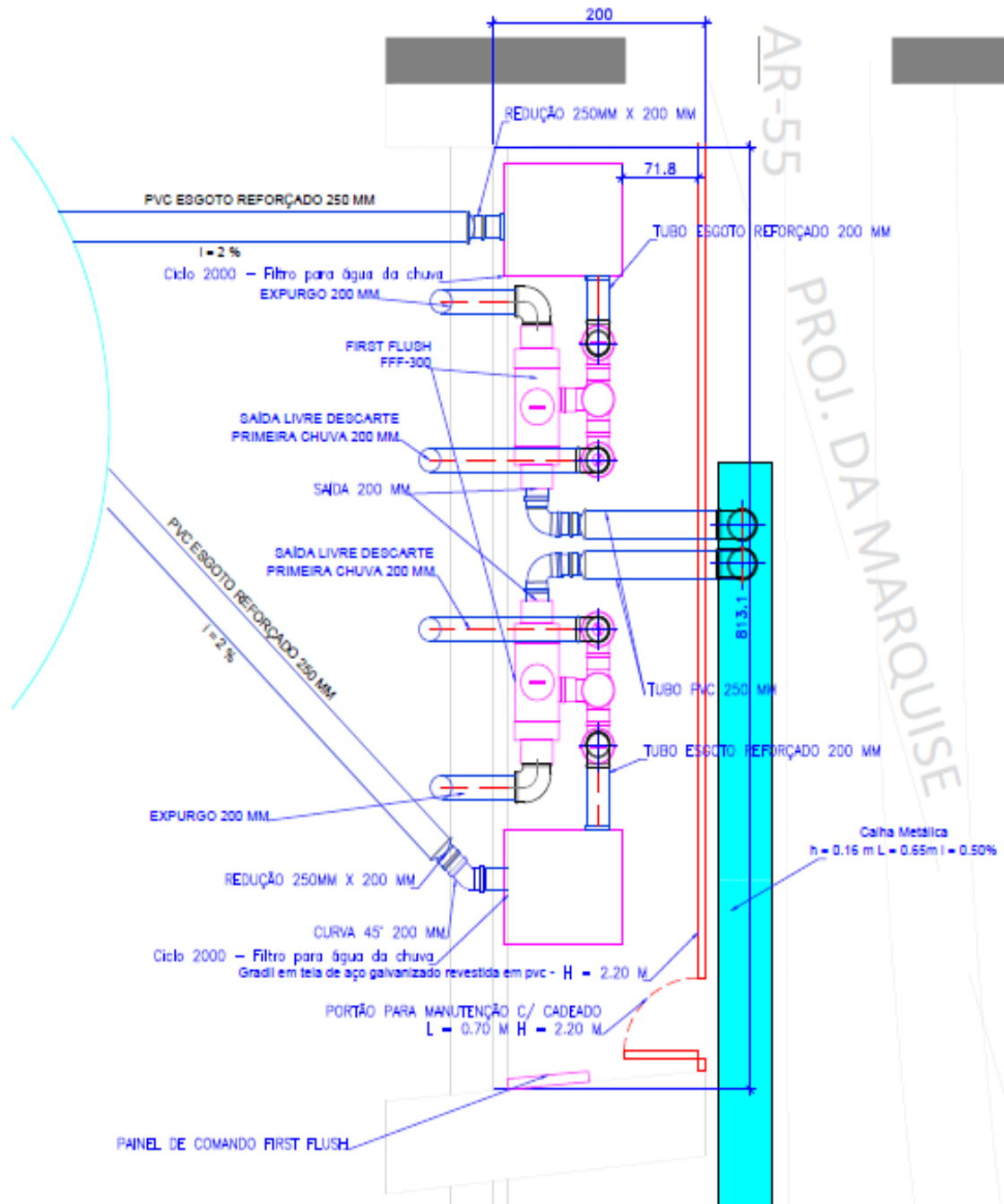
Dada a vazão do telhado de $Q = 8400$ litros/min, considerando a Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (com vazões em litros/min.) da norma NBR 10844/1989, para um tubo de 250 mm com inclinação de 2%, obtém-se uma vazão de 4660 litros/min.

Logo, a relação entre as vazões é calculada como: $N = 8400 / 4660 = 1,80$.

Dessa forma, para alimentar cada reservatório, serão necessários dois tubos com diâmetro de 250 mm cada.

Como já mencionado, devido à dificuldade de separar a mistura das águas provenientes da cobertura, da arquibancada e do piso externo, foram propostas novas calhas e tubos de saída, bem como a instalação de filtros, dispositivos de primeira lavagem (*first flush*) e reservatórios de água pluvial, conforme Figura 24.

Figura 24. Detalhe da calha, tubo de saída, filtro e *first flush*

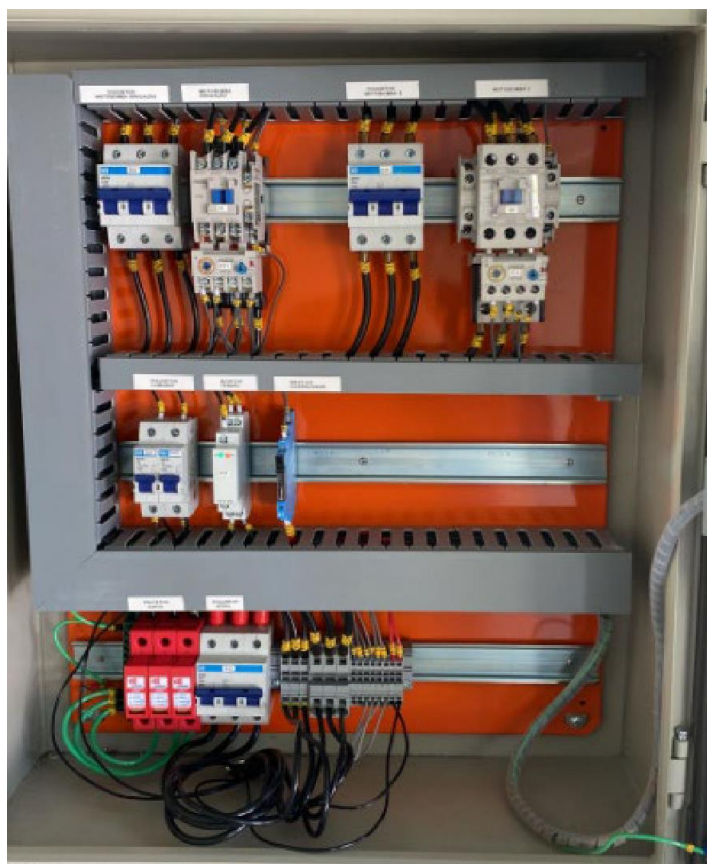


Fonte: Autor próprio (2023)

4.4 Sistema de irrigação automatizada

É proposto que o sistema de irrigação automatizada seja impulsionado por uma motobomba periférica trifásica, a qual possui um grau de proteção IP55. Esta motobomba será instalada no reservatório previamente identificado no projeto. De maneira complementar, é proposto que seja incorporado ao sistema um painel de partida, comando e proteção. Este painel de comando desempenha funções críticas, como iniciar a motobomba, estabelecer a comunicação entre o controlador e o sistema para operação das válvulas e proteger o sistema contra surtos e descargas elétricas. A configuração específica do painel de comando para este projeto abarca uma caixa metálica equipada com chave, sistemas de partida da motobomba, controle auxiliar, proteção contra surtos, descargas elétricas e inversão de fase, além de um sistema de emergência. Importante ressaltar que o painel de comando e proteção deverá ser montado em conformidade com as especificações do projeto, conforme ilustrado nas figuras 25 e 26.

Figura 25. Painel de comando (interno)



Fonte: Agroclique (2023)

Figura 26. Painel de comando (externo)



Fonte: Agroclique (2023)

A tubulação adutora será constituída de tubos de PVC com diâmetro nominal de 75 mm e pressão nominal PN80, conforme a localização indicada no projeto. As linhas de irrigação utilizarão tubos de PVC com diâmetro nominal de 50 mm e pressão nominal PN80.

O sistema de irrigação será dividido em 10 setores independentes, cada um com programação individual. O controle desses setores será efetuado por meio de um controlador Rain Bird ESP-ME3 (Figura 27). Esse controlador é reconhecido por sua programação intuitiva e fácil manuseio, sendo adequado tanto para usuários inexperientes quanto experientes.

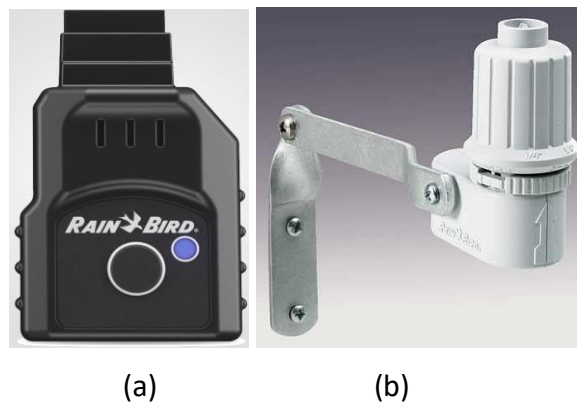
Figura 27. Controlador modular Rain Bird ESP-ME3



Fonte: Agroclique (2023)

Será implementado um módulo Wi-Fi com a finalidade de possibilitar a conexão do controlador aos dados meteorológicos e permitir o controle remoto do sistema. Além disso, é proposto que seja incorporado um sensor de chuva para possibilitar o desligamento automático do sistema durante dias chuvosos (Figura 28). O acionamento e desligamento de cada setor será realizado por meio de válvulas solenoides de 24 VAC.

Figura 28. Módulo wi-fi (a) e sensor de chuva (b)



Fonte: Agroclique (2023)

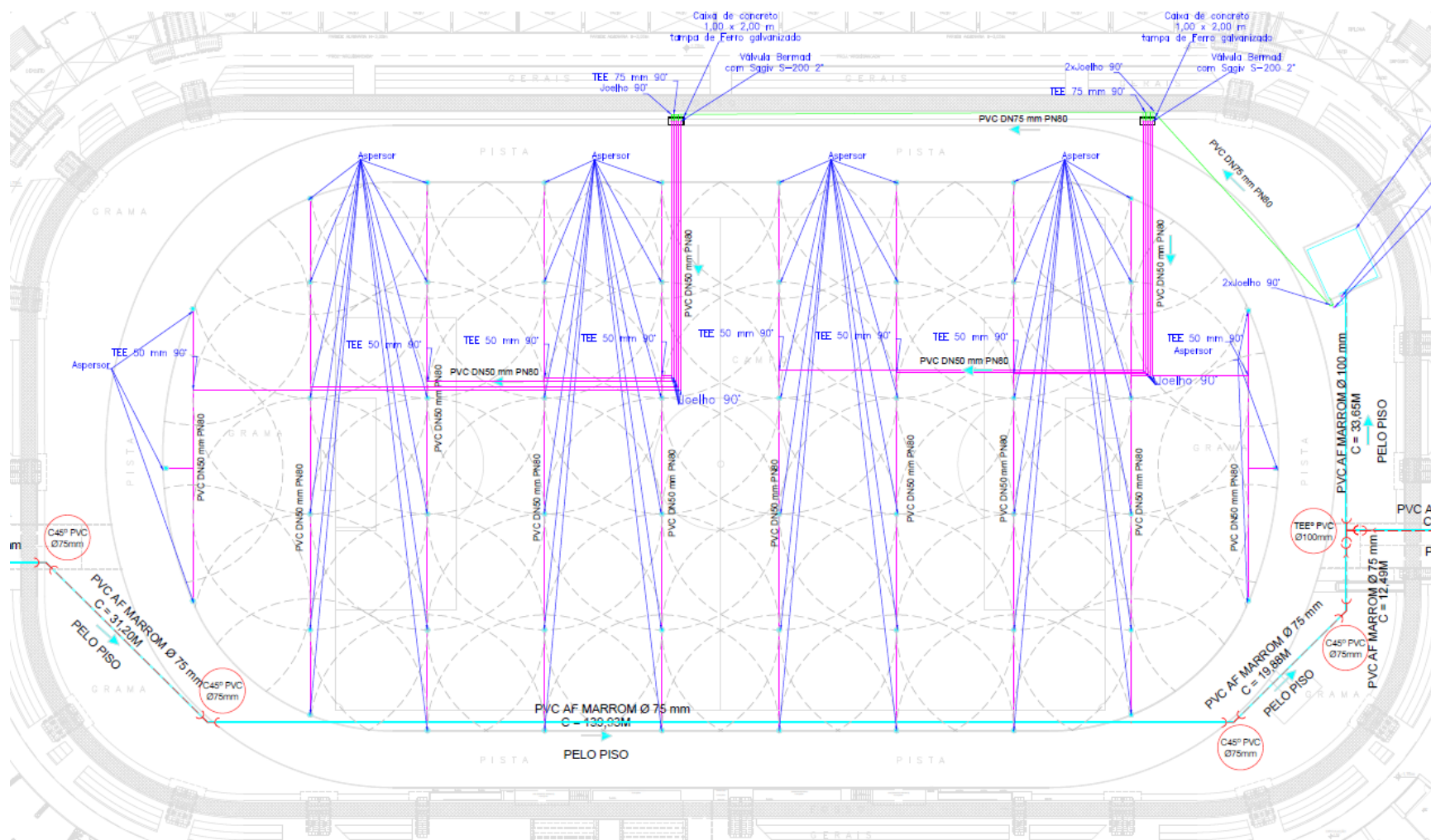
O projeto adota uma técnica de sobreposição de aspersores com uma cobertura total de 100%, a fim de evitar irregularidades na irrigação do gramado (Figura 30). Para este fim, foram empregados aspersores rotores profissionais da marca Rain Bird, da série Falcon (Figura 29), os quais são equipados com uma cobertura de aço inoxidável para minimizar o desgaste provocado pelas partículas de areia presentes no campo.

Figura 29. Aspersor Falcon 6504 Aço Inox



Fonte: Agroclique (2023)

Figura 30. Distribuição Aspensor Falcon 6504 Aço Inox



Fonte: Adaptado de Agroclique (2023)

4.5 Dimensionamento das Bombas e Alimentação Fotovoltaica

Conforme especificado por Agroclique (2023), o sistema de irrigação será impulsionado por uma motobomba periférica trifásica de 10 cv, especificada conforme a Tabela 12, com grau de proteção IP55. Ela será instalada junto à cisterna existente, acompanhada por um painel composto por dispositivos de partida, controle e proteção. Esse painel assume a função de iniciar o funcionamento da motobomba, estabelecer a comunicação entre o controlador e o sistema para a abertura das válvulas, bem como proteger o sistema contra eventos de sobretensões e descargas elétricas.

Tabela 12. Especificação da bomba centrífuga

thebe EBARA CORPORATION		Ebara Bombas América do Sul Ltda., FILIAL - I							
		Bomba Centrífuga							Modelo PX-15/3
Rotor (2)145 (1)134 mm		Números de estágios 3				Sucção	Recalque	RPM	
Ponto de trabalho		Ponto de trabalho 2				1.1/2"	1.1/2"	3.500	
Q	20,4	Hm	71,2	Q	Hm	Peso Específico	1,0 kg/dm³	Vedação	Conexões
Ne	9,8		54,70%	Ne	%	Viscosidade	1 cSt	Selo Mec.	BSP
Motor 10 CV		IP55 Plus							Válido para água limpa a 20°C
									Data 13/07/23

Fonte: Adaptado Agroclique (2023)

Convertendo 10 cv em kW, temos aproximadamente 7,84 kW. E, considerando que a bomba irá operar em média 2 horas por dia, ela terá um consumo de 470 kWh/mês.

Para atender o consumo exclusivo do sistema motobomba, de 470 kWh/mês, utilizando módulos de painéis fotovoltaicos de 550 Wp, que geram aproximadamente 61 kWh (Portalsolar, 2023), a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários é determinada pela equação 11:

$$NM = 470 / 61 = 7,7 \text{ módulos}$$

A Potência da Planta Fotovoltaica, é determinada pela equação 12:

$$PT = 8 \times 61 = 488 \text{ kWh/mês}$$

4.6 Análise Econômica

A análise econômica tem por finalidade complementar a investigação relativa ao potencial de economia de água potável, avaliar a viabilidade financeira do investimento e determinar o período de recuperação do capital investido. Para conduzir esta avaliação, um projeto executivo abrangente foi desenvolvido, abarcando todas as fases do processo, desde a captação, filtração, armazenamento até a irrigação automatizada. Além disso, foram criadas planilhas orçamentárias, contemplando tanto o uso de água da chuva (Anexo 8) quanto a ausência de tal aproveitamento (Anexo 9), incluindo a relação de materiais necessários para a instalação do sistema. Os custos dos materiais e da mão-de-obra foram determinados com base em fontes como Sinapi, Sinduscon, Orsi, e orçamentos de estabelecimentos especializados em materiais específicos.

O valor para as tarifas de água e esgoto foi obtido através do site da Águas Guariroba, sendo determinado em conformidade com as tarifas estabelecidas para o Setor Público (Tabela 13). O valor correspondente à cobrança do esgoto não foi considerado no escopo deste estudo de caso, por se tratar de irrigação do gramado e não ter descargas residuais para a rede de esgoto.

Considerando que a implantação do projeto demandará um ano, as tarifas foram reajustadas, anualmente, pelo índice de 5%, correspondente à previsão de inflação.

Tabela 13. Tarifa Água Guariroba – Poder Público

ÁGUAS GUARIROBA - TARIFA ÁGUA E ESGOTO - PODER PÚBLICO		
Faixa de Consumo	Tarifa de Água (R\$/m³)	Tarifa de Esgoto (R\$/m³)
1 a 20 m ³	R\$ 8,65	R\$ 6,06
Acima de 20 m ³	R\$ 35,90	R\$ 25,13
Tarifa Fixa		R\$ 86,42

Fonte: Água Guariroba (2023)

De acordo com o item 4.1, ficou definido que o campo de futebol do Morenã necessitará de 4 l/m² por irrigação. Como o campo possui 7350 m², serão necessários 4586,4 m³ de água para irrigá-lo 3 vezes por semana durante o ano ((365/7)*3=156 irrigações). De

acordo com a Tabela 5, o volume médio acumulado no ano de chuva em Campo Grande é de 1392,10 mm ou que equivale a 1392,10 l/m². Essa quantidade de chuva corresponde a aproximadamente 30,35% da quantidade de água necessária para irrigar o gramado. Aplicando essa porcentagem aos meses do ano, pode-se considerar que por 3,65 meses do ano, de forma distribuída, não será necessário fazer a irrigação devido às chuvas. Portanto, a irrigação artificial será feita apenas em 8,35 meses do ano, para efeito do cálculo.

A avaliação econômica do sistema automatizado de irrigação se fundamentou em dois cenários distintos: o primeiro considerou a utilização de água da chuva, englobando todos os custos relacionados à sua implementação (Tabela 14). O segundo cenário, por sua vez, não levou em consideração o aproveitamento da água da chuva e englobou apenas os custos de instalação do sistema automatizado (Tabela 15), utilizando a infraestrutura existente e a rede de abastecimento de água potável da concessionária Águas Guariroba.

Tabela 14. Payback descontado – irrigação automatizada com aproveitamento de água da chuva

Tarifa Águas Guariroba (acima de 20 m ³)			Orçamento (Irrigação automatizada COM aproveitamento de água da chuva)	
Água		Esgoto		
R\$ 35,90		R\$ 25,13	Levantado	Projetado
Consumo mensal (m ³)			900	378
Custo mês (água)			R\$ 32.310,00	R\$ 13.570,20
Custo ano (água)			R\$ 269.788,50	R\$ 113.311,17
Custos levantado por ano				R\$ 269.788,50
Economia 1º ano (reajuste 5%)				R\$ 283.277,93
Economia 2º ano (reajuste 5%)				R\$ 297.441,82
Economia 3º ano (reajuste 5%)				R\$ 312.313,91
Economia 4º ano (reajuste 5%)				R\$ 327.929,61
Economia 5º ano (reajuste 5%)				R\$ 344.326,09
Economia 6º ano (reajuste 5%)				R\$ 361.542,39
Economia 7º ano (reajuste 5%)				R\$ 379.619,51
Economia 8º ano (reajuste 5%)				R\$ 398.600,49
Economia 9º ano (reajuste 5%)				R\$ 418.530,51
Economia 10º ano (reajuste 5%)				R\$ 439.457,04
Economia 11º ano (reajuste 5%)				R\$ 461.429,89
Economia 12º ano (reajuste 5%)				R\$ 484.501,38
Economia 13º ano (reajuste 5%)				R\$ 508.726,45

PAYBACK DESCONTADO		Taxa de juros (TMA) ao ano	12,00%
Anos	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Saldo Total
0	-R\$ 2.023.132,63	-R\$ 2.023.132,63	-R\$ 2.023.132,63
1	R\$ 283.277,93	R\$ 252.926,72	-R\$ 1.770.205,91
2	R\$ 297.441,82	R\$ 237.118,80	-R\$ 1.533.087,11
3	R\$ 312.313,91	R\$ 222.298,87	-R\$ 1.310.788,24
4	R\$ 327.929,61	R\$ 208.405,19	-R\$ 1.102.383,04
5	R\$ 344.326,09	R\$ 195.379,87	-R\$ 907.003,17
6	R\$ 361.542,39	R\$ 183.168,63	-R\$ 723.834,55
7	R\$ 379.619,51	R\$ 171.720,59	-R\$ 552.113,96
8	R\$ 398.600,49	R\$ 160.988,05	-R\$ 391.125,91
9	R\$ 418.530,51	R\$ 150.926,30	-R\$ 240.199,61
10	R\$ 439.457,04	R\$ 141.493,40	-R\$ 98.706,20
11	R\$ 461.429,89	R\$ 132.650,07	R\$ 33.943,86
12	R\$ 484.501,38	R\$ 124.359,44	R\$ 158.303,30
	Anos	Dias	Orçamento (Irrigação automatizada COM aproveitamento de água da chuva)
Payback Descontado	10,74	3921,60	
Início do Projeto	01/01/2025		
Recuperação do projeto	27/09/2035		
Resumo Payback	10 ano(s) 8 mês(s) 26 dia(s)		

Fonte: Adaptado de Mariano (2023)

Por meio da análise da Tabela 14, é possível constatar que uma economia anual de R\$ 269.788,50 (duzentos e sessenta e nove mil, setecentos e oitenta e oito reais e cinquenta centavos) será alcançada, e o período de recuperação do investimento será de 10 anos, 8 meses e 26 dias no cenário de implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva com irrigação automatizada. Estabeleceu-se a premissa de que a totalidade da demanda de água para a irrigação do gramado será suprida por meio do aproveitamento de água da chuva. Essa premissa foi embasada nos resultados obtidos no dimensionamento dos reservatórios, utilizando as metodologias de Rippl (Tabela 6) e Simulação (Tabela 7), levando em consideração que o sistema atenderá durante todo o período do ano.

Tabela 15. *Payback* descontado – irrigação automatizada sem aproveitamento de água da chuva

Tarifa Águas Guariroba (acima de 20 m³)			Orçamento (Irrigação automatizada SEM aproveitamento de água da chuva)	
Água		Esgoto		
R\$ 35,90		R\$ 25,13	Levantado	Projetado
Consumo mensal (m³)			900	378
Custo mês (água)			R\$ 32.310,00	R\$ 13.570,20
Custo ano (água)			R\$ 269.788,50	R\$ 113.311,17
Diferença (Levantado - Projetado)				R\$ 156.477,33
Economia 1º ano (reajuste 5%)				R\$ 164.301,20
Economia 2º ano (reajuste 5%)				R\$ 172.516,26
Economia 3º ano (reajuste 5%)				R\$ 181.142,07
Economia 4º ano (reajuste 5%)				R\$ 190.199,17
Economia 5º ano (reajuste 5%)				R\$ 199.709,13
Economia 6º ano (reajuste 5%)				R\$ 209.694,59
PAYBACK DESCONTADO			Taxa de juros (TMA) ao ano	12,00%
Anos	Fluxo de Caixa		Fluxo de Caixa Descontado	Saldo Total
0	-R\$	367.306,36	-R\$ 367.306,36	-R\$ 367.306,36
1	R\$	164.301,20	R\$ 146.697,50	-R\$ 220.608,86
2	R\$	172.516,26	R\$ 137.528,90	-R\$ 83.079,96
3	R\$	181.142,07	R\$ 128.933,35	R\$ 45.853,39
4	R\$	190.199,17	R\$ 120.875,01	R\$ 166.728,40
5	R\$	199.709,13	R\$ 113.320,32	R\$ 280.048,72
	Anos		Dias	Orçamento (Irrigação automatizada SEM aproveitamento de água da chuva)
Payback Descontado	2,62		956,54	
Início do Projeto	01/01/2025			
Recuperação do projeto	15/08/2027			
Resumo Payback	2 ano(s) 7 mês(s) 14 dia(s)			

Fonte: Adaptado Mariano (2023)

No caso em que o sistema de aproveitamento da chuva não é adotado, ou seja, quando se opta pela instalação apenas da irrigação automatizada utilizando a infraestrutura já existente, a economia anual será de R\$ 156.477,33 (cento e cinquenta e seis mil, quatrocentos

e setenta e sete reais e trinta e três centavos), com o retorno do investimento esperado em 2 ano, 7 meses e 14 dias, de acordo com os dados apresentados na Tabela 15.

O método empregado para a análise foi o *payback* descontado, no qual a taxa mínima de atratividade (TMA) adotada foi de 12%, embasada na projeção da taxa Selic.

Os custos relacionados à energia elétrica e à manutenção não foram considerados na análise econômica, devido à impossibilidade de realizar medições e coletar dados devido às condições do local e à indisponibilidade operacional da bomba existente. Contudo, em virtude da natureza moderna e atualizada do sistema proposto, presume-se que os custos associados à energia e à manutenção serão inferiores em comparação ao sistema pré-existente, o que inclui a perspectiva de redução do número de colaboradores necessários para a operação do sistema.

5 CONCLUSÕES

A água potável é um recurso de importância fundamental, sendo essencial e insubstituível para a sustentação de todas as formas de vida na Terra. É considerada um dos recursos mais preciosos da natureza e sua abundância varia significativamente de uma região do planeta para outra. A disponibilidade tanto em quantidade quanto em qualidade é limitada e desempenha um papel crucial no incentivo ou na limitação de iniciativas relacionadas ao desenvolvimento sustentável de uma cidade, região ou país.

O incremento no consumo de água potável nas atividades econômicas, abrangendo setores como comércio, indústria, agricultura e pecuária, tem resultado na degradação dos recursos hídricos. Esse fenômeno se manifesta por meio do descarte inadequado de esgotos, produtos químicos e resíduos industriais em fontes de água sem o devido tratamento. Além disso, as mudanças climáticas e o crescimento populacional têm contribuído para a intensificação da escassez de água em diversas regiões do mundo.

Dentro deste contexto, a utilização da água pluvial para a irrigação em campos de futebol emerge como uma opção viável para a conservação e redução do uso de água potável, particularmente em aplicações que não demandam a qualidade mais elevada da água. Além disso, essa prática contribui eficazmente para o enfrentamento da escassez de água, promovendo, assim, a sustentabilidade e alinhando-se com as diretrizes do programa "*Green Goal*" da FIFA.

É fundamental destacar que os dados que deram origem a esses resultados foram adquiridos por meio de um levantamento *in loco* e por meio do projeto executivo elaborado com base nesses dados.

A forma atual como vem sendo feita a irrigação do estádio Moreirão (de forma manual e intuitiva pelo operador) apresenta um alto consumo de água (estimado em 9,2 l/m²), que pode ser reduzido para 4 l/m² (valor estimado) com a implantação do sistema de irrigação automatizada, e zerado o consumo de água proveniente da concessionária de água, se implantado o sistema de captação e armazenamento de água de chuva proposto neste trabalho.

Os resultados revelaram alternativas viáveis, com um período de retorno do investimento estimado em 10 anos, 8 meses e 26 dias, considerando a implementação do sistema de aproveitamento da chuva junto com a irrigação automatizada, e com retorno de 2 ano, 7 meses e 14 dias, se for implantada apenas a irrigação automatizada.

As análises e os resultados obtidos neste trabalho serão encaminhados aos setores responsáveis pela manutenção e gestão do estádio Morenã para consulta e avaliação de uma futura implantação dos sistemas.

REFERÊNCIAS

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

Acquacontroll. **Sistema automatizado para campo de futebol.** Disponível em: <https://www.acquacontroll.com.br/sistema-irrigacao-automatizado-campo-futebol#:~:text=O%20sistema%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20automatizado,e%20quantidade%20de%20%C3%A1gua%20liberada>. Acesso em 09/10/2023.

Agroclique. **Sistema de irrigação automatizado – Campo esportivo.** Agroclique – Sistemas de Irrigação, orçamento P018JUL23, de 14 de julho de 2023.

Águas Guariroba. **Legislação e tarifas.** Disponível: <https://www.aguasguariroba.com.br/legislacao-e-tarifas/>. Acesso em: 12/10/2023.

Aguiar, M. A. S. **Sustentabilidade no uso da água para rega em estruturas desportivas.** Instituto Politécnico de Setúbal. 2012.

Amorim, S. V.; Pereira, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ANA. **Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io>. Acesso em 20/05/2022.

ANA. **Água no Mundo.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 09/04/2022.

Bertolo, E; Simões, V. **Manual sobre Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial. Curso Aproveitamento de Água da Chuva em Edifícios para Fins Não Potáveis.** ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais, 2008.

Brasil. **Castelão é o primeiro estádio da América do Sul a receber certificação de sustentabilidade.** MINISTÉRIO DA CIDADANIA - Secretaria Especial do Esporte, 05/12/2013. Disponível em: <http://arquivo.esporte.gov.br/index.php/ultimas-noticias/209-ultimas->

noticias/45882-castelao-e-o-primeiro-estadio-da-america-do-sul-a-receber-certificacao-de-sustentabilidade. Acesso 20/06/2023.

Brasil. **Agenda 21 Brasileira**. Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>. Acesso em 20/05/2022.

Camargo, R. F. **Como o método Payback pode ajudar na Análise do Tempo de Retorno do Investimento em Projetos**. 2016. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/payback-tempo-de-retorno-do-investimentos/>. Acesso em 16/03/2023.

Camargo, R. F. **Veja como o Valor Presente Líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento**. 2017a. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>. Acesso em: 14/03/2023.

Camargo, R. F. **Entenda sobre a Taxa Mínima de Atratividade: o que é, quando usar e por que pensar em TMA na hora de investir**. 2017b. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/taxa-minima-de-atratividade-tma/>. Acesso em 15/03/2023.

Camargo, R. F. **Taxa Interna de Retorno: como a TIR é aplicada na análise de viabilidade de investimento em um projeto?** 2017c. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/taxa-interna-de-retorno-tir/>. Acesso em 15/03/2023.

Castagna, G. **Estádio Nacional de Brasília – Manejo integrado de águas pluviais**. Fluxus Design Ecológico, 2023. Disponível em: <https://fluxus.eco.br/portfolio/manejo-integrado-de-aguas-pluviais-do-estadio-nacional-de-brasilia-mane-garrincha/#toggle-id-7>. Acesso em 20/06/2023.

Cidades Sustentáveis. **Agenda 2030**. Programa Cidades Sustentáveis. 2015. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional/pagina/agenda2030>. Acesso em 20/05/2022.

Dalsenter, M. E. V. **Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis –SC**. Trabalho de conclusão de curso, 73 p., Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis – SC. 2016.

De Paula, G. B. **ROI (Retorno Sobre o Investimento): a palavra de ordem no ambiente empresarial!** 05 de janeiro de 2016. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/roi-retorno-sobre-o-investimento/>. Acesso em 16/03/2023.

Dornelles, F. **Aproveitamento de água da chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2012.

Frizzzone, J. A. **Os métodos de irrigação.** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). 2017. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Frizzzone/LEB_1571/TEXTOS_COMPLEMENTAR_1_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf. Acesso em 09/10/2023.

Gnadlinger, J. **Água da chuva de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos, biofísicos, técnicos, econômicos e sociopolíticos.** Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Captação, manejo e uso de água de chuva, cap. 3, p. 37-74, Campina Grande, 2015. Disponível em: https://irpaa.org/fotos/file/gnadlinger_captacao_chuva_compressed.pdf. Acesso em: 12/04/2023.

IBGE. **População Rural e Urbana.** Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2015. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 26/05/2022.

IBGE. **SÍNTESE DE INDICADORES SOCIAIS UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE VIDA DA POPULAÇÃO BRASILEIRA.** Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101892.pdf>. Acesso em: 20/06/2022.

IMASUL - Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul – PERH-MS.** 2010. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2015/06/PERH-MS.pdf>. Acesso em 26/01/2023.

Japan. **Visiting Japan.** Japan Experience. 2023. Disponível em: <https://www.japan-experience.com/search-page?q=dome>. Acesso 06/01/2023.

Lemos, I. B. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis e análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório propostos pela NBR 15527:2007**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017.

Lipford, D. **Como calcular o uso e os custos da água para irrigação do gramado**. Today's Homeowner, 2023. Disponível em: <https://todayshomeowner.com/lawn-garden/guides/calculating-lawn-irrigation-costs/>. Acesso 23/03/2023.

Mariano, P. **Payback no excel: simples e descontado com planilha**. Setembro, 2022. Disponível em: <https://gopratico.com.br/blog/payback-excel/>. Acesso em: 11/10/2023.

Martins, M. V. L; Rufino, R. R. Análise comparativa das normas brasileiras e americanas para sistemas de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.5, n.3, p.306-316, 2016.

Mattos, A. **Reforma do estádio Morenã deve ser concluída até o fim do ano**. Campo Grande News, 11/06/2022. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/esportes/reforma-do-estadio-morenao-deve-ser-concluida-ate-o-fim-do-ano>. Acesso em 04/04/2023.

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

May, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese de doutorado, 222 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2008.

Mineirão. **Mineirão tem política sustentável para a economia de recursos hídricos**. Estádio Mineirão, 21/03/2018. Disponível em: <http://estadiomineirao.com.br/o-mineirao/imprensa/noticias/mineirao-tem-politica-sustentavel-para-economia-de-recursos-hidricos/>. Acesso 04/04/2023.

ONU. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6. Água Potável e Saneamento**. NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em 08/02/2023.

Neves, M. V.; Bertolo, E.; Rossa, S. **Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos**. Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente: FEUP. 2006.
https://paginas.fe.up.pt/~shrha/publicacoes/pdf/JHRHA_1as/RevistaHRHA6_AproveitamentoReutilizacao_VERFINAL.pdf. Acesso em 23/06/2022.

Oliveira, C. L. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro**. Dissertação de mestrado, 142 p. COPPE/UFRJ, M.Sc. Engenharia Civil, Rio de Janeiro - RJ, 2007.

Pena, Rodolfo F. Alves. **Distribuição da água no Mundo**. *Brasil Escola*. 2022. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>. Acesso em 09 de abril de 2022.

Pena, Rodolfo F. Alves. **"Distribuição da água no Brasil"**. *Mundo Educação*. 2023. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em 05 de abril de 2023.

Portalsolar. **Quanta energia produz um painel solar?** Site Portal Solar, 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/uma-placa-solar-gera-quanto-de-energia>. Acesso em: 07 de maio de 2023.

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**. Projeto de Graduação, 100 p. UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2014.

Rezende, J. R; Tecedor, N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527**. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/ggpxVmJS8rphCrSGf9zLsFL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 04/01/2023.

Ribeirinho, L. **Como irrigar a sua área**. Casa das Bombas Londrina. 08/09/2017. Disponível: <https://bombaslondrina.com.br/como-fazer-sistema-irrigacao/>. Acesso em 01/04/2023.

Rocha, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

Rodrigues, R. T. **Precipitação média mensal, período de janeiro de 2002 até dezembro de 2022 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).** Laboratório de Ciências Atmosféricas (LCA) / UFMS. Campo Grande/MS. 2023.

Sampaio, P.G.V; Gonzaléz, M.O.A. ***Photovoltaic solar energy: conceptual framework.*** Renew Sustain Energy Rev. v. 74, p. 590-601, 2017.

São Paulo. **Estádio Morenã.** Governo do Estado de São Paulo, Museu do Futebol, Centro de Referência do Futebol Brasileiro (CRFB), 2023. Disponível em: <https://museudofutebol.org.br/crfb/instituicoes/476407/>. Acesso 04/04/2023.

Silva, V.M. **Viabilidade econômica da implantação do aproveitamento da água da chuva, para fins não potáveis, no estádio José Luís Lacerda, em Caruaru-PE.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco. 2020.

Solar Task. **Calculador Solar.** Site da ferramenta Solar Task, 2023. Disponível em: <https://solartask.com/br/calculadora-solar>. Acesso em: 01/09/2023.

Souza, T. M., Amorim, L. M. M. F. **Análise da viabilidade do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis de um clube recreativo, na cidade de Maringá – PR.** Revista UNINGÁ Review - Vol.28, n.2, pp.31-39. Out–Dez, 2016.

Souza, R. L. **Análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais: Estudo de caso Hospital Federal do Andaraí/RJ.** UFRJ. Escola Politécnica. Programa de Engenharia Urbana – PEU. 2015.

Teixeira, J. P. S., Carrijo, R. A., Ferreira, D. M., **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: proposta de aplicação em residência unifamiliar em Franca – SP.** Revista Eletrônica CREARE - Revista das Engenharias (online), v.2, n.1, ed.1 – ISSN: 2595-9662, 2019.

Testezlaf, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas/SP, 2017. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf. Acesso em 09/10/2023.

Tomaz, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Livro, 486p. Editor: Plínio Tomaz. Autor: Plínio Tomaz. Composição e diagramação: Plínio Tomaz ISBN: 85-87678-23-X. 11 de janeiro de 2010.

Tomaz, P. **Água: pague menos**. Livro, 135p. Editor: Plínio Tomaz, autor: Plínio Tomaz, revisão: Fabiana Rehse Tomaz. Composição e diagramação: Eng. Plínio Tomaz. Fevereiro, 2014.

Turf Factory Direct. **Sistemas de aspersão para campos de futebol**. Turf Factory Direct, 2022. Disponível em: <https://turfactorydirect.com/2022/07/07/football-field-sprinkler-systems/>. Acesso 23/03/2023.

Verde Água. **Sistema de irrigação automatizado para campo de futebol, conheça tudo sobre o assunto!** Verde Água Irrigação e Paisagismo, 03 de dezembro de 2021. Disponível em: <http://www.verdeaguairrigacao.com.br/sistema-de-irrigacao-automatizado-para-campos-de-futebol/>. Acesso em: 09/10/2023.

Weatherspark. **Clima e condições meteorológicas médias em Lisboa no ano todo**. Weather Spark. Site com relatórios meteorológicos detalhados do clima típico de qualquer localidade. 2023. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com>. Acesso em: 30/11/2023.

Zanella. L., Alves. W.C., **Evolução normativa brasileira sobre sistemas prediais para aproveitamento de água da chuva**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 18, 2020, Porto Alegre: ANTAC, 2020.

OBS: PROJETO BASE REFORMA MORENÃO (AINDA NÃO EXECUTADO)

Lista de Materiais -DEMOLIÇÕES E RETIRADAS	
Retirada de Tubo de ferro galvanizado Ø 100 mm	3 M
Retirada de Registro Gaveta Ø 100 mm	1 UN
Retirada de Bomba 15cv	1 UN
Retirada de Tubo 85mm PVC com conexões	1,50 M
Retirada de Tubo 60mm PVC com conexões	1 M
Retirada de registro 85mm PVC com conexões	1 UN

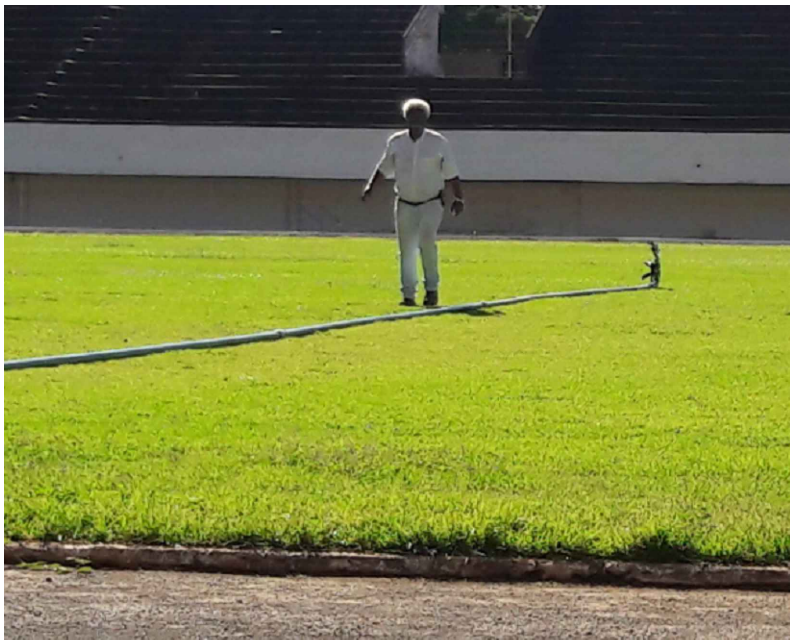
RESERVATÓRIO
PROPOSTO
400 M³
H=9M D = 7,58M

Reservatório
Existente
7,80mx7,80mx1,70m

2 SITUAÇÃO
ESCALA 1:sem escala



3 BOMBA EXISTENTE - SUBSTITUIR
ESCALA 1:SEM ESCALA

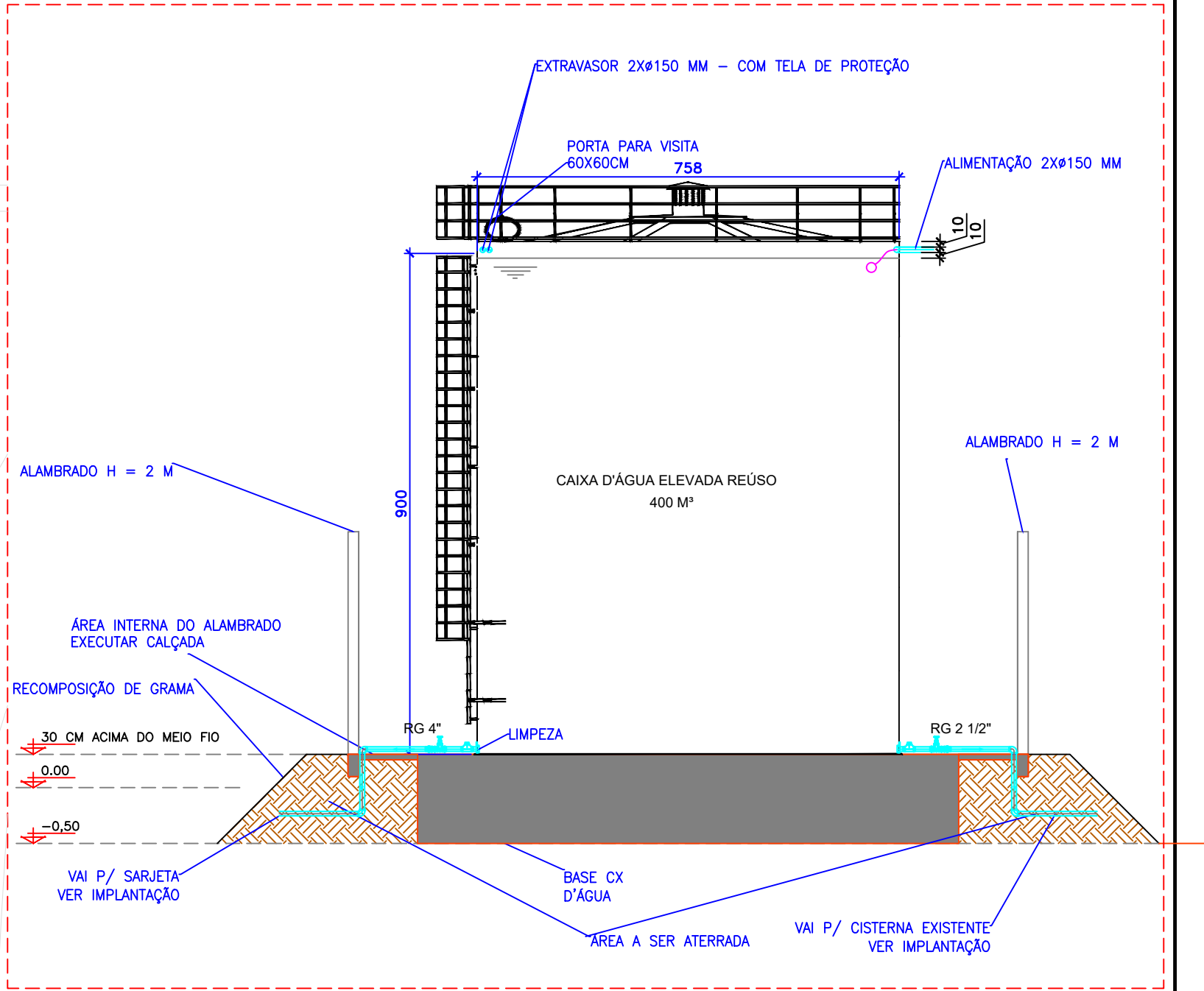
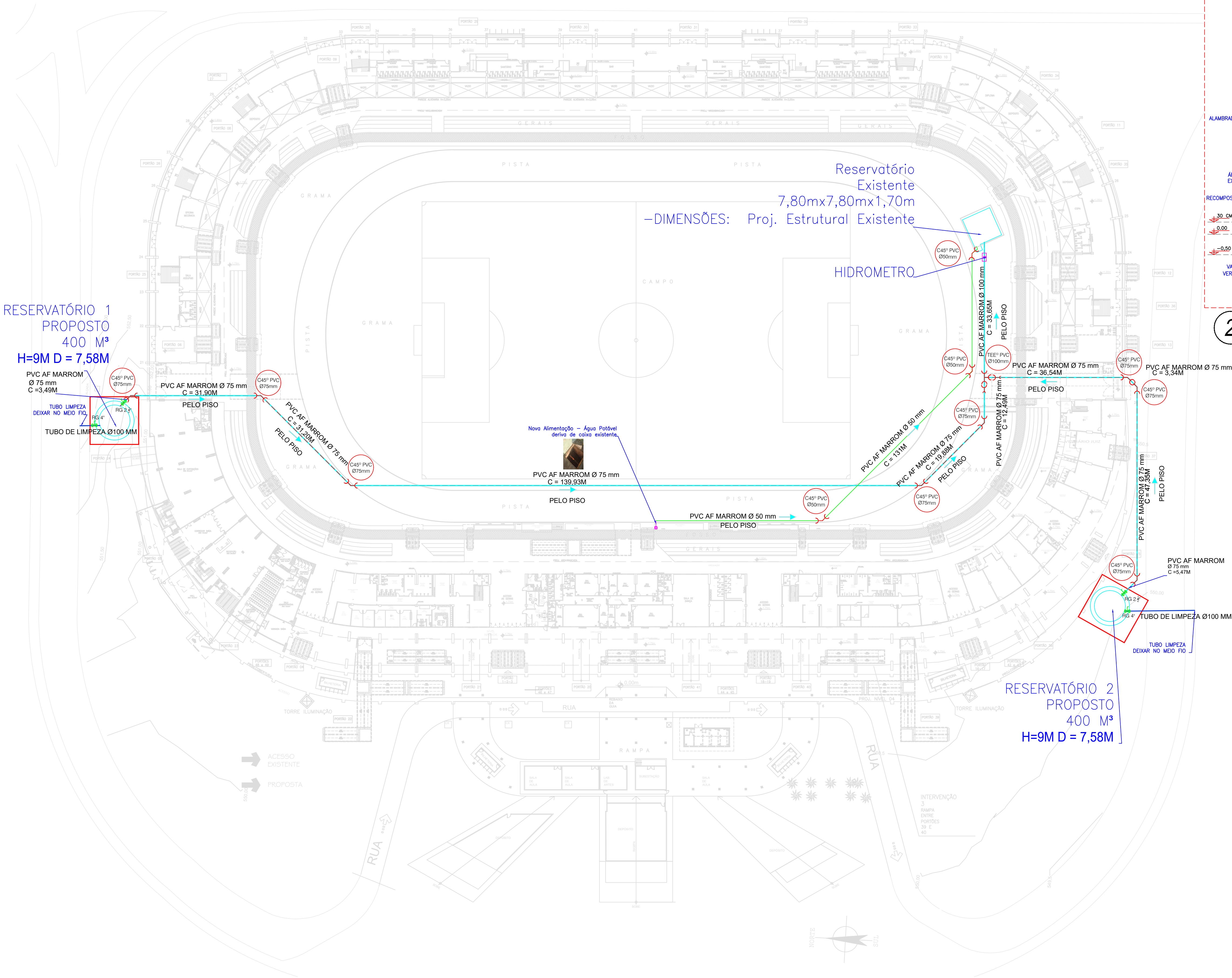


4 IRRIGAÇÃO MANUAL EXISTENTE
ESCALA 1:SEM ESCALA

RESERVATÓRIO
PROPOSTO
400 M³
H=9M D = 7,58M

1 PLANTA SISTEMA DE REÚSO PROPOSTO
ESCALA 1:500

Lista de Materiais			
Reservatório Metálico 400 m³		2 UN	
Altura 9,20m Diâmetro 7,58 m		2 UN	
Alambrado 11,00 METROS X 12,00 METROS - COM PORTÃO DE 3,00 M			
0	EMIÇÃO ORIGINAL	03/08/2023	THALITA
REVISÃO	MODIFICAÇÕES	DATA	RESP.
AUTOR DO PROJETO:		RESP. TEC. P/ EXEC.	PROPRIETÁRIO:
CELSO FUMIO WATABE-ENGENHEIRO ELETRICISTA CREA-MS 2238		THALITA BASSINI DIAS-ENGENHEIRA CIVIL CREA-MS 17 555	
OBRA: APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS ESTÁDIO MORENÃO			
PROJETO: PROJETO HIDROSSANTÁRIO			PASTA/ARQUIVO:
ASSUNTO:			FOLHA Nº:
IMPLANTAÇÃO RESERVATÓRIOS ÁGUAS PLUVIAIS SISTEMA EXISTENTE			HID 01 /07
DATA:	ESCALA:	DESENHO:	ÁREA TOTAL:
AGOSTO 2023	1:500	THALITA	
VISTO:			X



2 DETALHE CAIXA ELEVADA 400 M³
ESCALA 1:100

Lista de Materiais - ALIMENTAÇÃO CISTERNA		
Pluvial	Tubo PVC Marron Série normal Ø 100 mm	22.33 M
	Registro PVC de esfera 4"	2 UN
	Tubo PVC Marron Série normal Ø 75 mm	365.24 M
	Registro PVC de esfera 2 1/2"	2 UN
	Joelho 90° 2 1/2"	4 UN
	Curva 45° 2 1/2"	8 UN
	Redução 100mm x 75 mm	2 UN
	TEE 100 mm	1 UN
	Sensor de nível 75 mm	1 UN
	Sensor de nível 100 mm	1 UN
Lista de Materiais - ALIMENTAÇÃO CISTERNA		
Água Fria	Tubo PVC Marron Série normal Ø 50 mm	124.33 M
	Luva PVC Marron Ø 50 mm	1 UN
	Curva PVC Marron 45° 50 mm	3 UN
	Curva PVC Marron 90° 50 mm	1 UN

0	EMISSION ORIGINAL	03/08/2023	THALITA
REVISÃO	MODIFICAÇÕES	DATA	RESP.
AUTOR DO PROJETO:		RESP. TEC. P/ EXEC.	PROPRIETÁRIO:
CELSO FUMIO WATABE-ENGENHEIRO ELETRICISTA CREA-MS 2228			
THALITA BASSINI DIAS-ENGENHEIRA CIVIL CREA-MS 17 555			
OBRA: APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS ESTÁDIO MORENÃO			
PROJETO: PROJETO HIDROSSANITÁRIO			PASTA/ARQUIVO:
ASSUNTO: ALIMENTAÇÃO RESERVATÓRIO Detalhes - CAIXA D'ÁGUA PROPOSTA			FOLHA Nº: HID 02/07
DATA: AGOSTO 2023	ESCALA: 1:500	DESENHO: THALITA	ÁREA TOTAL: VISTO: X

1 PLANTA SISTEMA DE REÚSO PROPOSTO 1 - ALIMENTAÇÃO SISTEMA EXISTENTE
ESCALA 1:500



1 PLANTA SISTEMA DE REÚSO PROPOSTO 2 - IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA
ESCALA 1:500

0	EMISSION ORIGINAL		03/08/2023	THALITA
REVISÃO		MODIFICAÇÕES	DATA	RESP.
AUTOR DO PROJETO:	RESP. TEC. P/ EXEC.:	PROPRIETÁRIO:		
CELSO FUNDO WATABE-ENGENHEIRO ELETRICISTA CRA-MG 2298 THALITA BASSINI DIAS-ENGENHEIRA CIVIL CRA-MG 17 500				
CIBRA				
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS ESTÁDIO MORENÃO				
PROJETO: PROJETO HIDROSSANITÁRIO			FOLHA Nº:	
ASSUNTO: SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PROPOSTO Detalhes			HID 03/07	
DATA: AGOSTO 2023	ESCALA: 1:500	DESENHO: THALITA	AREA TOTAL:	VISTO: X



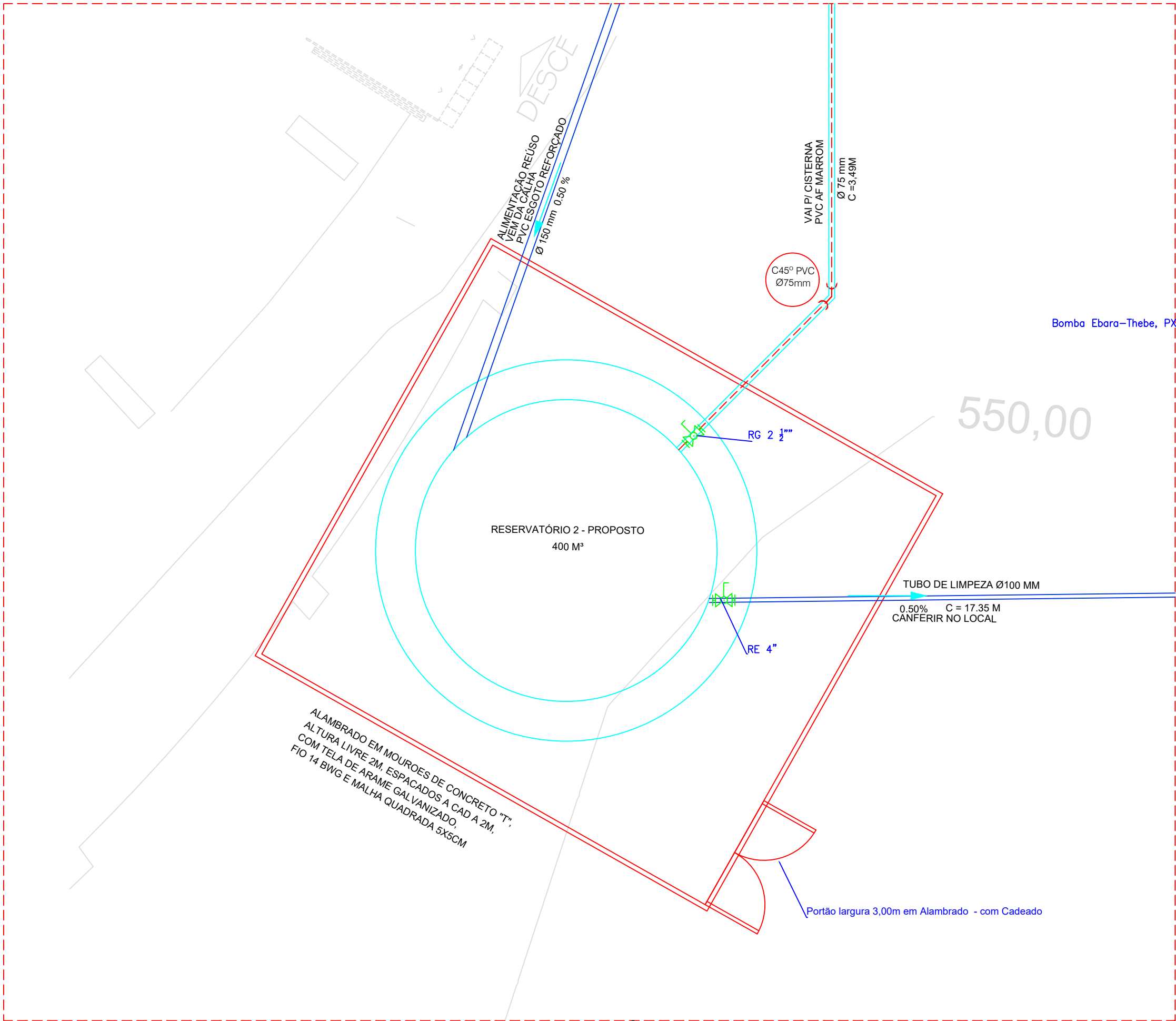
Lista de Materiais - Equipamentos		
Calha metálica L= 0,65 H= 0,20 cm		282,44
Tubo de 250 mm		66,13
Joelho 90° 250 mm - Série R		2 UN
Curva 45° 100 mm - Série R		36 UN
Cap PVC 100 mm - Série R		36 UN
TEE PVC 100 mm - Série R		38 UN
Tubo PVC 100 mm - Série R		84,93

3 PLANTA NÍVEL 4 - SISTEMA DE REÚSO PROPOSTO

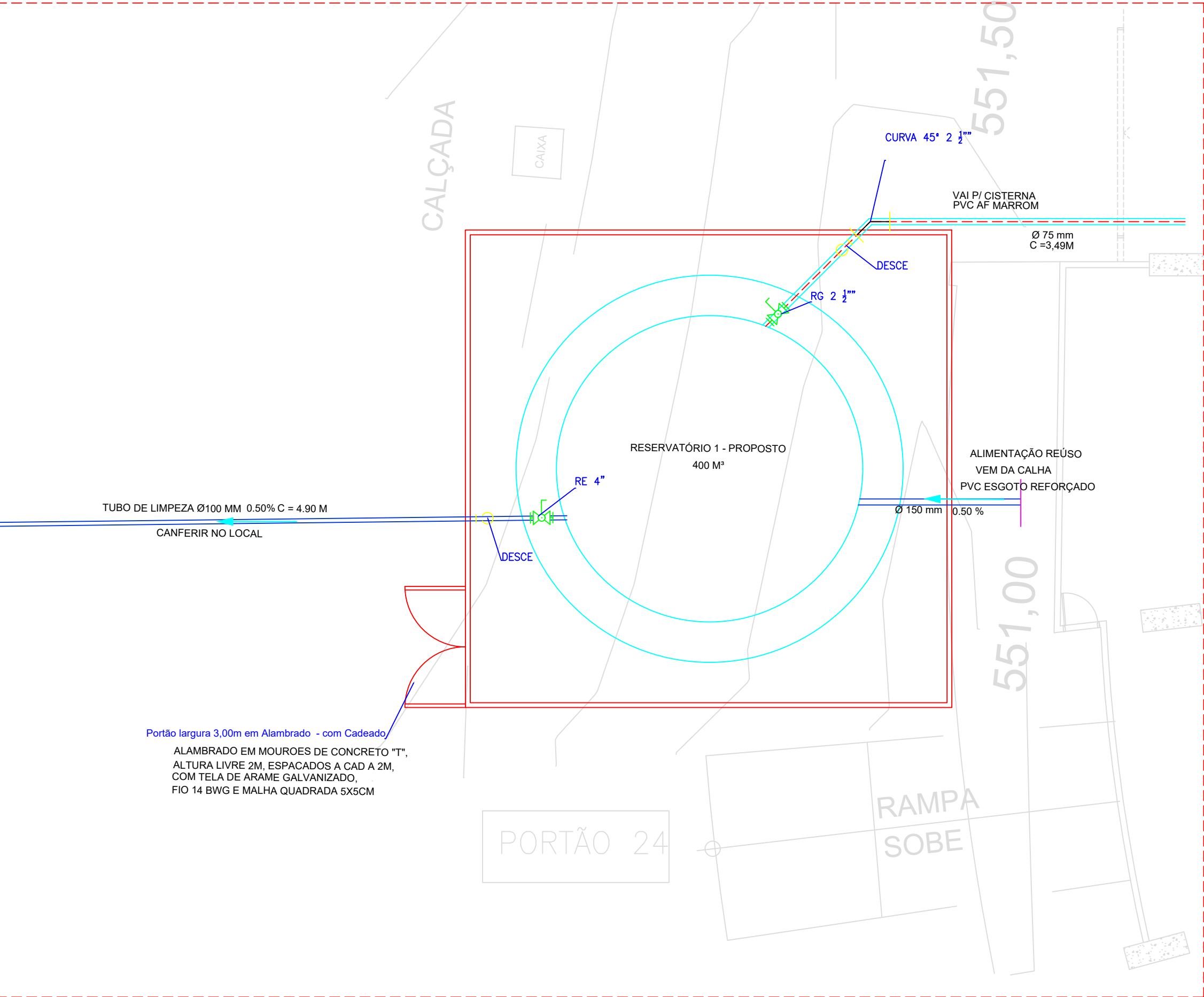
ESCALA 1:500

DET 2

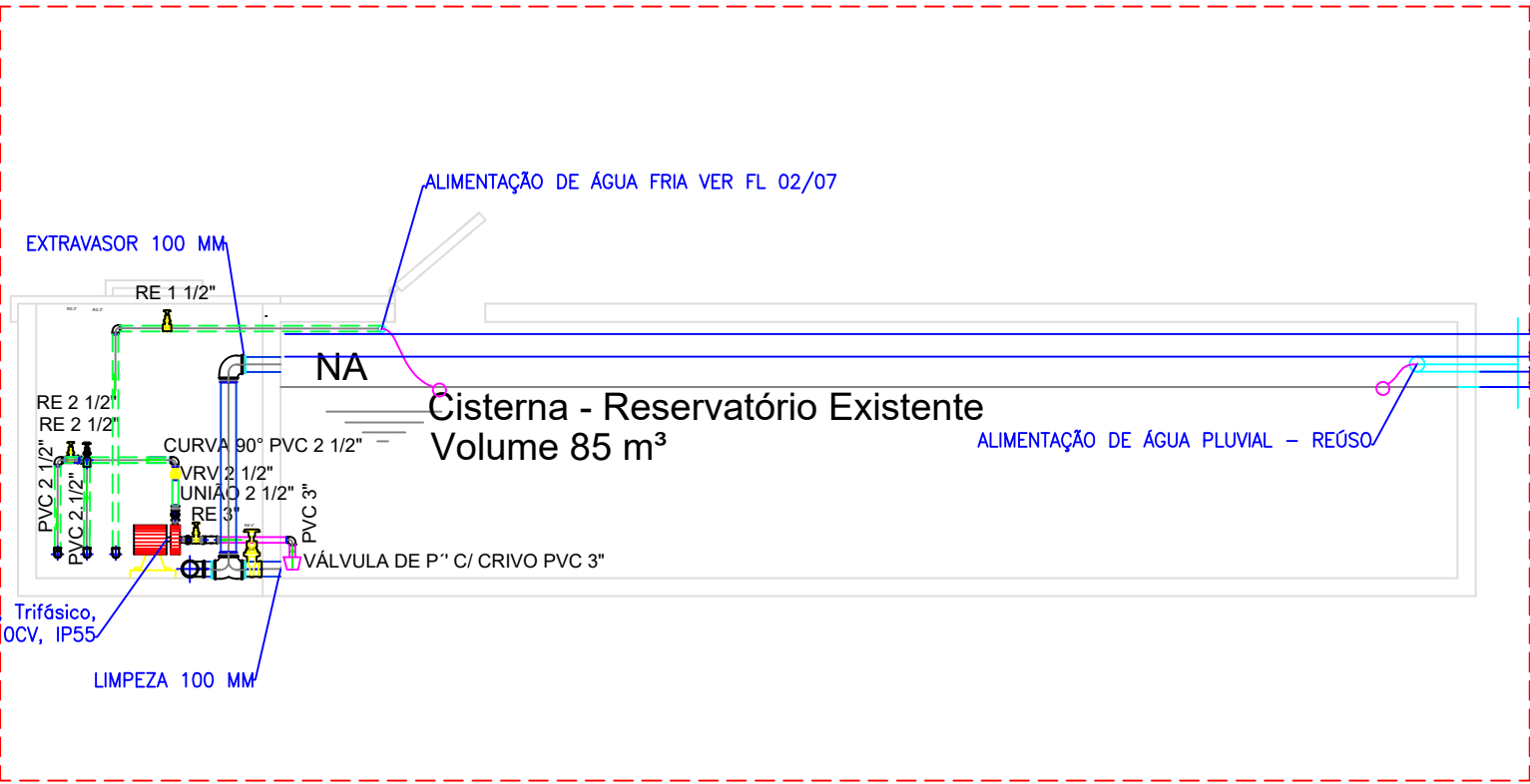
0	EMISSION ORIGINAL			03/08/2023	THALITA
REVISÃO		MODIFICAÇÕES		DATA	RESP.
AUTOR DO PROJETO:		RESP. TEC. P/ EXEC:		PROPRIETÁRIO:	
CELSO FUMIO WATABE-ENGENHEIRO ELETRICISTA CREA-MG 2228					
THALITA BASSINI DIAS-ENGENHEIRA CIVIL CREA-MG 17 555					
OPR:					
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS ESTÁDIO MORENÃO					
PROJETO: PROJETO HIDROSSANITÁRIO				PASTA/ARQUIVO:	
ASSUNTO:				FOLHA N°:	
PLANTA NÍVEL 4 PLANTA COBERTURA				HID 04/01	
DATA: AGOSTO 2023	ESCALA: 1:500	DESENHO: THALITA	ÁREA TOTAL:	VISTO:	X



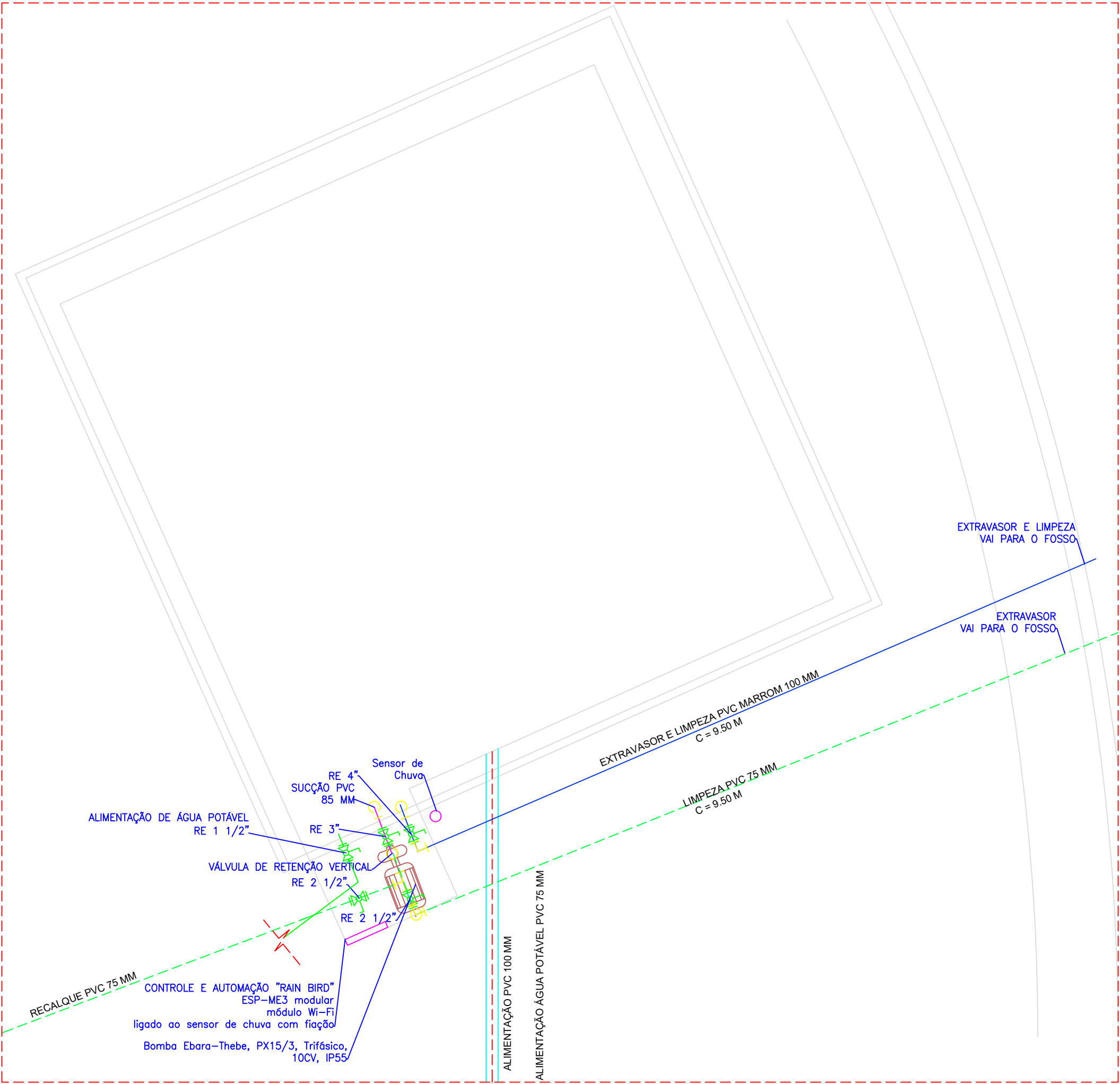
1 DETALHE CAIXA ELEVADA 400 M³ - RESERVATÓRIO 2
ESCALA 1:100



3 DETALHE CAIXA ELEVADA 400 M³ - RESERVATÓRIO 1
ESCALA 1:100



2 CORTE VERTICAL CISTERNA EXISTENTE - EXECUTAR HIDRÁULICA
ESCALA 1:50



4 PLANTA CISTERNA EXISTENTE - EXECUTAR HIDRÁULICA
ESCALA 1:50



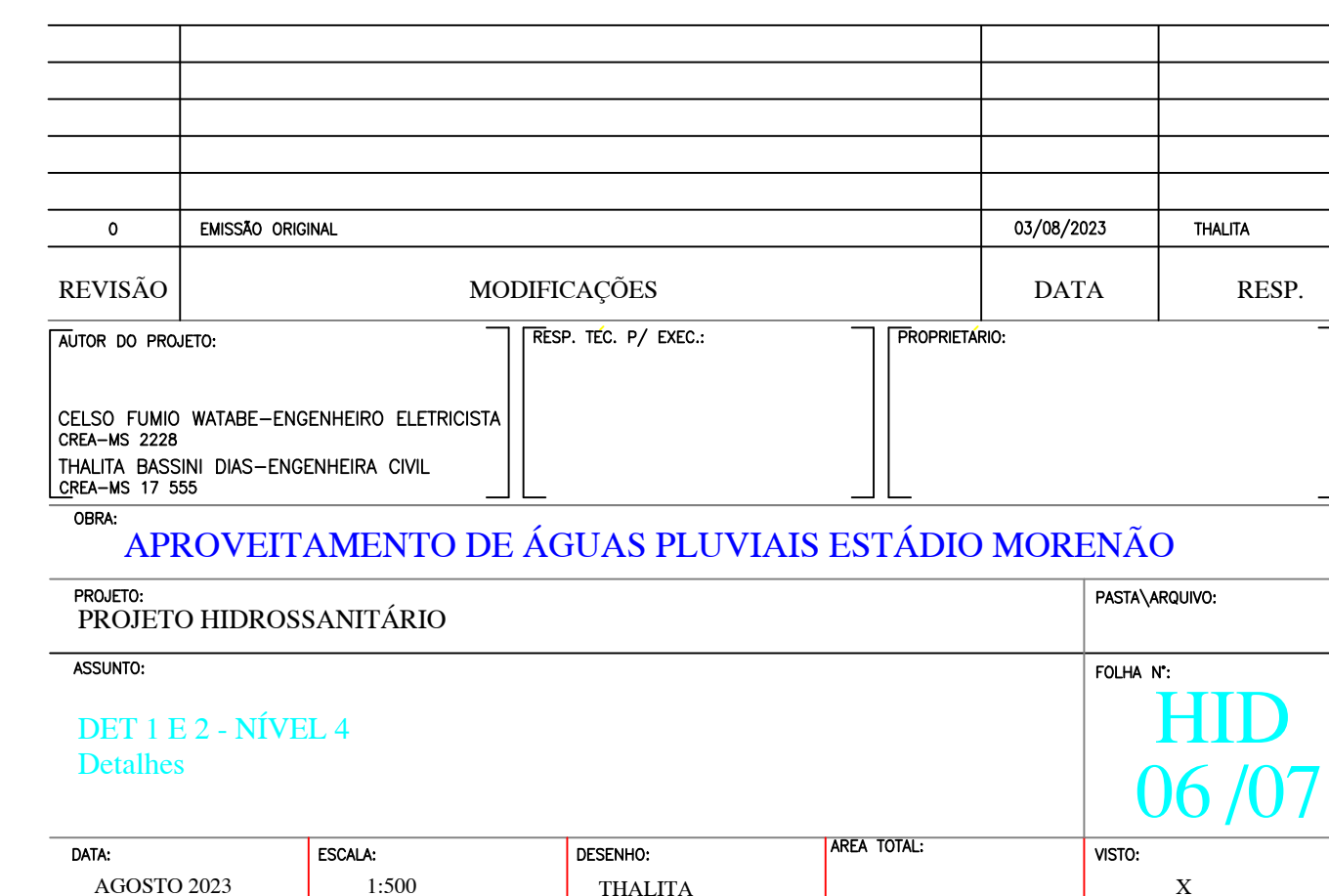
5 LOCAÇÃO RESERVATÓRIO 1
ESCALA 1:SEM ESCALA



6 LOCAÇÃO RESERVATÓRIO 2
ESCALA 1:SEM ESCALA

Lista de Materiais - Equipamentos		
Reservatório 400 m³ D=9,00m H=7,58 m	2 UN	
Registro de esfera 2"	2 UN	
Registro de esfera 4"	2 UN	
Tubo PVC esgoto - Série normal	22,25 m	

REVISÃO			
O	EMISSÃO ORIGINAL	03/06/2023	THALITA
REVISÃO	MODIFICAÇÕES	DATA	RESP.
AUTOR DO PROJETO:	RESP. TEC. P/ EXEC.:	PROPRIETÁRIO:	PASTA/ARQUIVO:
CELSONO FUMIO WATABE-ENGENHEIRO ELETRICISTA CREA-MS 2239	THALITA BASSINI DIAS-ENGENHEIRA CIVIL CREA-MS 17 555		
OBRA: APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS ESTÁDIO MORENÃO			
PROJETO: PROJETO HIDROSSANITÁRIO			PASTA/ARQUIVO:
ASSUNTO: DETALHE CISTERNA EXISTENTE - ADEQUAÇÕES DETALHE RESERVATÓRIO PROPOSTO			FOLHA Nº: HID 05 /07
DATA: AGOSTO 2023	ESCALA: 1:500	DESENHO: THALITA	ÁREA TOTAL: VISTO: X



Obra:	Reúso Águas Pluviais - Estádio Morenã			SINAPI (s/ desoneração): Jul / 2023		BDI s/ desoneração	BDI diferenciado s/ desoneração
Local:	UFMS - Campo Grande - MS	Data: Julho / 2023				23,54%	13,73%
Item	Descrição dos Serviços	Código Sinapi	Un	Quantidade Proposta	Preço Unitário	Preço Unitário + BDI	Preço Total Proposto
01	ADMINISTRAÇÃO DE OBRA						
01.01	engenheiro civil de obra senior com encargos complementares	90779	h	88,00	151,21	186,80	16.438,40
Subtotal item 01						R\$	16.438,40
02	SERVIÇOS PRELIMINARES						
02.01	Execução de escritório em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário e equipamentos. af_02/2016	93207	m2	15,00	1.158,85	1.431,64	21.474,60
02.02	Execução de refeitório em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário e equipamentos. af_02/2016	93210	m2	18,00	600,39	741,72	13.350,96
02.03	Execução de sanitário e vestiário em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário. af_02/2016	93212	m2	21,00	992,92	1.226,65	25.759,65
02.04	Execução de central de armadura em canteiro de obra, não incluso mobiliário e equipamentos. af_04/2016	93582	m2	14,00	278,44	343,98	4.815,72
02.05	Execução de central de fôrmas, produção de argamassa ou concreto em canteiro de obra, não incluso mobiliário e equipamentos. af_04/2016	93583	m2	14,00	452,94	559,56	7.833,84
02.06	Execução de depósito em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário. af_04/2016	93584	m2	18,00	911,51	1.126,08	20.269,44
02.07	Execução de depósito em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário. af_04/2016	93584	m2	18,00	911,51	1.126,08	20.269,44
02.08	Placa de obra em chapa de aço galvanizado	Comp. de Preços Unitários	m2	7,84	341,24	421,57	3.305,11
02.09	Mobilização de materiais e equipamentos para instalação de canteiro de obra, inclusive carga e descarga	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	545,72	674,18	674,18
02.10	Ligação provisória de água	Comp. de Preços Unitários	cj	1,00	347,79	429,66	429,66
02.11	Ligação provisória de esgoto	Comp. de Preços Unitários	cj	1,00	774,05	956,26	956,26
02.12	Ligação provisória de energia	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.389,76	1.716,91	1.716,91
02.13	Elaboração de Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.800,00	2.223,72	2.223,72
02.14	Elaboração de Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.800,00	2.223,72	2.223,72
02.15	Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.654,86	2.044,41	2.044,41
02.16	Locação de caçamba estacionária de 4m³	Comp. de Preços Unitários	un	4,00	290,00	358,27	1.433,08
02.17	Carga manual de entulho	Comp. de Preços Unitários	m³	67,60	8,60	10,62	717,91
Subtotal item 02						R\$	129.498,61
03	DEMOLIÇÕES E RETIRADAS						
03.01	Retirada de tubo sem reaproveitamento	97662	m	100,10	0,37	0,46	46,05
03.02	Retirada de tubo de ferro fundido	Comp. De Preços Unitários	m	4,00	6,41	7,92	31,68
03.03	Retirada de Bomba 15cv	Comp. De Preços Unitários	un.	1,00	32,50	40,15	40,15

	Subtotal item 03					R\$	117,88
04	ALIMENTAÇÃO CISTERNA (90 M³) - EXISTENTE						
04.01	Instalação de hidrômetro	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	2.396,88	2.961,11	2.961,11
04.02	Remoção de grama em placa	Comp. De Preços Unitários	m2	176,83	3,39	4,19	740,93
04.03	Recomposição de grama	98504	m2	176,83	9,54	11,79	2.084,85
04.04	Recorte mecânico de piso de concreto/asfalto com disco diamantado	Comp. De Preços Unitários	m	148,76	4,85	5,99	891,07
04.05	Demolição de calçada	97629	m3	44,63	117,85	145,59	6.497,39
04.06	Execução De Passeio (Calçada) Ou Piso De Concreto Com Concreto Moldado In Loco, Usinado, Acabamento Convencional, Não Armado. Af_07/2016	94991	m²	44,65	764,83	944,87	42.186,56
04.07	Recomposição de pedrisco - Pista de Corrida	96622	m³	5,11	142,90	176,54	902,74
04.08	Escavação Manual De Vala Com Profundidade Menor Ou Igual A 1,30 M. Af_02/2021	93358	m3	235,61	67,41	83,28	19.621,43
04.09	Reaterro Manual Apiloado Com Soquete. Af_10/2017	96995	m3	235,48	40,87	50,49	11.889,42
04.10	Furo Em Concreto Para Diâmetros Maiores Que 40 Mm E Menores Ou Iguais A 75 Mm. Af_05/2015	90440	un	8,00	95,42	117,88	943,04
04.11	Demolição de meio fio	97629	m³	0,01	117,85	145,59	1,16
04.12	Recomposição de meio fio	94263	m	0,80	32,43	40,06	32,05
04.13	Assentamento De Tubo De Pvc Pba Para Rede De Água, Dn 100 Mm, Junta Elástica Integrada, Instalado Em Local Com Nivel Alto De Interferências (Não Inclui Fornecimento). Af_11/2017	97123	m	22,33	3,50	4,32	96,47
04.14	Fornecimento Tubo Pvc Pba Jei, Classe 12, Dn 100 Mm, Para Rede De Agua (Nbr 5647)	36374/INSUMO	m	22,33	51,91	64,13	1.432,02
04.15	Registro PVC de esfera 4"	94501	un	2,00	567,15	700,66	1.401,32
04.16	Assentamento De Tubo De Pvc Pba Para Rede De Água, Dn 75 Mm, Junta Elástica Integrada, Instalado Em Local Com Nivel Alto De Interferências (Não Inclui Fornecimento). Af_11/2017	97122	m	365,24	2,77	3,42	1.249,12
04.17	Fornecimento Tubo Pvc Pba Jei, Classe 12, Dn 75 Mm, Para Rede De Agua (Nbr 5647)	36373/INSUMO	m	365,24	31,94	39,46	14.412,37
04.18	Registro PVC de esfera 2 1/2"	94499	un	2,00	231,37	285,83	571,66
04.19	Joelho 90° 2 1/2" PBA	89513	un	8,00	110,74	136,81	1.094,48
04.20	Curva 45° 2 1/2" PBA	Comp. De Preços Unitários	un	8,00	76,66	94,71	757,68
04.21	Redução 100mmx75mm PBA	Comp. De Preços Unitários	un	2,00	40,31	49,80	99,60
04.22	Tee PVC 100 mm PBA	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	115,96	143,26	143,26
04.23	Chave de boia automática superior/inferior 15a/250v - fornecimento e instalação. af_12/2020	102137	un	2,00	81,27	100,40	200,80
04.25	Tubo, Pvc, Soldável, Dn 50Mm, Instalado Em Prumada De Água - Fornecimento E Instalação. Af_12/2014	89449	m	124,33	19,83	24,50	3.046,09
04.26	Luva PVC Marron 50 mm	89575	un	1,00	11,25	13,90	13,90
04.27	Curva PVC Marron 45° 50 mm	103985	un	3,00	20,41	25,21	75,63
04.28	Curva PVC Marron 90° 50 mm	103984	un	1,00	17,56	21,69	21,69
	Subtotal item 04					R\$	113.367,84
05	SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO						
05.01	Escavação Manual De Vala Com Profundidade Menor Ou Igual A 1,30 M. Af_02/2021	93358	m3	482,06	67,41	83,28	40.145,89
05.02	Reaterro Manual Apiloado Com Soquete. Af_10/2017	96995	m3	476,67	40,87	50,49	24.067,26
05.03	Remoção de grama em placa	Comp. De Preços Unitários	m2	592,45	3,39	4,19	2.482,35

05.04	Recomposição de grama	98504	m2	592,45	9,54	11,79	6.984,94
05.05	Pintura do Campo com tinta acrílica	102504	m	731,82	7,94	9,81	7.179,15
05.06	Apiloamento de aterro p/ nivelamento da grama	100577	m2	592,45	1,06	1,31	776,10
05.07	Demolição de meio fio	97629	m³	0,01	117,85	145,59	1,31
05.08	Recomposição de meio fio	94263	m	6,00	32,43	40,06	240,36
05.09	Recomposição de pedrisco	96622	m³	1,77	142,90	176,54	312,90
05.10	Tubo PVC 75 mm PN80	Comp. De Preços Unitários	m	192,97	74,59	92,15	17.782,19
05.11	Tubo PVC 50 PN80	Comp. De Preços Unitários	m	1133,87	39,67	49,01	55.570,97
05.12	Tee PVC 75 mm PN80	Comp. De Preços Unitários	un	10,00	59,53	73,54	735,40
05.13	Joelho 90° PVC 75 mm	89513	un	9,00	110,74	136,81	1.231,29
05.14	Redução PVC 75x50 mm	89630	un	10,00	63,47	78,41	784,10
05.15	Joelho 90° PVC 50 mm	103984	un	33,00	17,56	21,69	715,77
05.16	Joelho 45° PVC 50 mm	103985	un	9,00	20,41	25,21	226,89
05.17	Tee PVC 50 mm	104004	un	44,00	27,36	33,80	1.487,20
05.18	Redução PVC 50x32 mm	104003	un	54,00	13,89	17,16	926,64
Subtotal item 05						R\$	161.650,71
06	COBERTURA E RESERVATÓRIOS						
06.01	Calha metálica h= 0,20 cm e L= 0,65 cm	94229	m	282,44	169,73	209,68	59.222,02
06.02	Suporte mão francesa p/ calha	100861	un	189,00	34,52	42,65	8.060,85
06.03	Tubo de 250 mm - Série "R"	90697	m	66,13	257,25	317,81	21.016,78
06.04	Joelho 90° 250 mm - Série "R"	Comp. De Preços Unitários	un	2,00	406,94	502,73	1.005,46
06.05	Chumbamento - Braçadeira p / tubo 250 mm	91169	un	45,00	12,25	15,13	680,85
06.06	Impermeabilização c/ manta	98547	m²	34,00	269,44	332,87	11.317,58
06.07	Curva 90° esgoto 100 mm	89529	un	4,00	37,57	46,41	185,64
06.08	Curva 45° esgoto 100 mm	89531	un	36,00	38,74	47,86	1.722,96
06.09	Cap PVC esgoto 100 mm	104178	un	36,00	22,40	27,67	996,12
06.10	TEE PVC esgoto 100 mm	89796	un	38,00	42,21	52,15	1.981,70
06.11	Tubo PVC esgoto 100 mm - Série "R"	89512	m	84,93	48,52	59,94	5.090,70
06.12	Chumbamento - Braçadeira p / tubo 100 mm	91172	un	57,00	6,47	7,99	455,43
06.13	Alambrado para a caixa d'água, com mourões de concreto, "T", altura livre 2,0metros, espaçados a cada 2,00metros, com tela de arame galvanizado 14 BWG, malha quadrada 5 x 5 cm	Comp. De Preços Unitários	m	100,00	153,08	189,12	18.912,00
06.14	Portão do alambrado, inclusive ferragens, conforme projeto	Comp. De Preços Unitários	un	2,00	4.806,66	5.938,15	11.876,30
06.15	Porta Cadeado Zincado Oxidado Preto Com Cadeado De Aço Inox, Largura De *50* Mm. Af_12/2019	100704	un	2,00	70,49	87,08	174,16
06.16	Tubo PVC 100 mm série normal	89714	m	22,25	34,87	43,08	958,53
06.17	Registro de esfera 2 1/2"	94499	un	2,00	231,37	285,83	571,66
06.18	Registro de esfera 4"	94501	un	2,00	567,15	700,66	1.401,32
06.18	RESERVATÓRIOS						
06.18.01	Reservatório proposto 400m³ H = 9m D = 7,58m (BDI DIF)		un	2,00	286.500,00	325.836,45	651.672,90
06.18.02	Fornecimento e Compactação de Aterro para a área do alambrado	Comp. De Preços Unitários	m³	184,44	504,24	622,94	114.895,05
06.18.03	Execução De Passeio (Calçada) Ou Piso De Concreto Com Concreto Moldado In Loco, Usinado, Acabamento Convencional, Não Armado. Af_07/2016	94991	m²	170,00	764,83	944,87	160.627,90
06.18.04	Base do Reservatório (Proj. Estimativo)	Comp. De Preços Unitários	un	2,00	90.088,40	111.295,21	222.590,42
06.18.05	Recomposição de grama	98504	m²	300,80	9,54	11,79	3.546,43
06.18.06	Limpeza Manual De Vegetação Em Terreno Com Enxada.Af_05/2018	98524	m²	307,40	2,54	3,14	965,24

	Subtotal item 06					R\$	1.299.928,00
07	CASA DE MÁQUINAS RESERVATÓRIO EXISTENTE						
07.01	Tubo PVC 85 mm	89452	m	1,50	72,37	89,41	134,12
07.02	Tubo PVC 75 mm	89451	m	14,61	52,39	64,72	945,56
07.03	Tubo PVC 100 mm	89796	m	14,50	42,21	52,15	756,18
07.04	Válvula de pé com crivo 3"	103016	un	1,00	427,43	528,05	528,05
07.05	Curva 90° PVC 3"	89525	un	1,00	92,17	113,87	113,87
07.06	Registro de Esfera PVC 1 1/2"	94492	un	1,00	61,80	76,35	76,35
07.07	Curva 90° PVC 1 1/2"	103986	un	1,00	26,77	33,07	33,07
07.08	Registro de Esfera PVC 3"	94500	un	1,00	280,83	346,94	346,94
07.09	União PVC 3"	92891	un	1,00	241,41	298,24	298,24
07.10	União PVC 2 1/2"	92890	un	1,00	164,06	202,68	202,68
07.11	Válvula de Retenção vertical PVC 2 1/2"	103009	un	1,00	288,28	356,14	356,14
07.12	Curva 90° PVC 2 1/2"	92353	un	6,00	114,25	141,14	846,84
07.13	Tee 90° PVC 2 1/2"	89629	un	1,00	84,14	103,95	103,95
07.14	Registro de esfera PVC 2 1/2"	89517	un	2,00	72,98	90,16	180,32
07.15	Registro de Gaveta Bruto PVC 4"	94501	un	1,00	567,15	700,66	700,66
07.16	Tee PVC 100 mm	89796	un	1,00	42,21	52,15	52,15
07.17	Curva 90° PVC 100 mm	89809	un	2,00	27,18	33,58	67,16
07.18	Bomba Ebara-Thebe, PX15/3, Trifásico, 10CV, IP55	102122	un	1,00	8.477,60	10.473,23	10.473,23
07.19	Rain Bird ESP-ME3 Modular; Modulo Wi-Fi; (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	1.421,54	1.616,72	1.616,72
07.20	Sensor de Chuva c/ fio	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	223,68	276,33	276,33
07.21	Válvulas Solenóide Bermad S-200 2"	Comp. De Preços Unitários	un	10,00	852,56	1.053,25	10.532,50
07.22	Aspersor Rotores Rain Bird Falcon 6504 Aço Inox (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	54,00	559,48	636,30	34.360,20
07.23	Sistema de Filtragem Azud Helix (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	1.868,53	2.125,08	2.125,08
07.24	Caixa de concreto c/ tampa de aço 2,00x1,00 m	Comp. De Preços Unitários	un	2,00	3.394,59	4.193,68	8.387,36
	Subtotal item 07					R\$	73.513,70
08	CASA DE MÁQUINAS RESERVATÓRIO PROPOSTO 1 E 2						
08.01	Gradil em tela de aço galvanizado revestida em pvc, malha 5 x 10cm, fio 2.5m - 11349/ORSE c/ portão (2x) e cadeado (2x) conforme projeto	11349/ORSE	m ²	35,00	427,07	527,60	18.466,00
08.02	Ciclo 2000 - Filtro p/ água de chuva (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	4,00	11.564,88	13.152,74	52.610,96
08.03	First Flush 200 (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	4,00	16.281,77	18.517,26	74.069,04
08.05	Curva 45° PVC - 250 mm - Série "R"	Comp. De Preços Unitários	un	4,00	396,12	489,37	1.957,48
08.06	Tubo PVC 250 mm - série "R"	90697	m	40,09	257,25	317,81	12.741,00
08.07	Redução 250x200 mm - série "R"	Comp. De Preços Unitários	un	8,00	166,84	206,11	1.648,88
08.08	Curva 200 mm Série "R"	Comp. De Preços Unitários	un	17,00	599,79	740,98	12.596,66
08.09	Tubo PVC 200 mm - série "R"	90696	m	12,00	165,59	204,57	2.454,84
08.10	Curva 250 mm - Série "R"	Comp. De Preços Unitários	m	4,00	406,94	502,73	2.010,92
08.11	Suporte metálico p/ filtro	12415/ORSE	m	8,00	88,84	109,75	878,00
	Subtotal item 08					R\$	179.433,78
09	OUTROS						
09.01	Desmobilização	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	545,72	674,18	674,18

Obra:	Reúso Águas Pluviais - Estádio Morenã			SINAPI (s/ desoneração): Jul / 2023		BDI s/ desoneração	BDI diferenciado s/ desoneração
Local:	UFMS - Campo Grande - MS	Data: Julho / 2023				23,54%	13,73%
Item	Descrição dos Serviços	Código Sinapi	Un	Quantidade Proposta	Preço Unitário	Preço Unitário + BDI	Preço Total Proposto
01	ADMINISTRAÇÃO DE OBRA						
01.01	engenheiro civil de obra senior com encargos complementares	90779	h	88,00	151,21	186,80	16.438,40
Subtotal item 01		.....	.....	.....	.....	R\$	16.438,40
02	SERVIÇOS PRELIMINARES						
02.01	Execução de escritório em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário e equipamentos. af_02/2016	93207	m2	15,00	1.158,85	1.431,64	21.474,60
02.03	Execução de sanitário e vestiário em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário. af_02/2016	93212	m2	21,00	992,92	1.226,65	25.759,65
02.06	Execução de depósito em canteiro de obra em chapa de madeira compensada, não incluso mobiliário. af_04/2016	93584	m2	18,00	911,51	1.126,08	20.269,44
02.08	Placa de obra em chapa de aço galvanizado	Comp. de Preços Unitários	m2	7,84	341,24	421,57	3.305,11
02.09	Mobilização de materiais e equipamentos para instalação de canteiro de obra, inclusive carga e descarga	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	545,72	674,18	674,18
02.10	Ligação provisória de água	Comp. de Preços Unitários	cj	1,00	347,79	429,66	429,66
02.11	Ligação provisória de esgoto	Comp. de Preços Unitários	cj	1,00	774,05	956,26	956,26
02.12	Ligação provisória de energia	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.389,76	1.716,91	1.716,91
02.13	Elaboração de Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.800,00	2.223,72	2.223,72
02.14	Elaboração de Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.800,00	2.223,72	2.223,72
02.15	Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	Comp. de Preços Unitários	un.	1,00	1.654,86	2.044,41	2.044,41
Subtotal item 02		.....	.....	.....	.....	R\$	81.077,66
03	SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO						
03.01	Escavação Manual De Vala Com Profundidade Menor Ou Igual A 1,30 M. Af_02/2021	93358	m3	482,06	67,41	83,28	40.145,89
03.02	Reaterro Manual Apiloado Com Soquete. Af_10/2017	96995	m3	476,67	40,87	50,49	24.067,26
03.03	Remoção de grama em placa	Comp. De Preços Unitários	m2	592,45	3,39	4,19	2.482,35
03.04	Recomposição de grama	98504	m2	592,45	9,54	11,79	6.984,94
03.05	Pintura do Campo com tinta acrílica	102504	m	731,82	7,94	9,81	7.179,15
03.06	Apiloamento de aterro p/ nivelamento da grama	100577	m2	592,45	1,06	1,31	776,10
03.07	Demolição de meio fio	97629	m³	0,01	117,85	145,59	1,31
03.08	Recomposição de meio fio	94263	m	6,00	32,43	40,06	240,36
03.09	Recomposição de pedrisco	96622	m³	1,77	142,90	176,54	312,90
03.10	Tubo PVC 75 mm PN80	Comp. De Preços Unitários	m	192,97	74,59	92,15	17.782,19
03.11	Tubo PVC 50 PN80	Comp. De Preços Unitários	m	1133,87	39,67	49,01	55.570,97
03.12	Tee PVC 75 mm PN80	Comp. De Preços Unitários	un	10,00	59,53	73,54	735,40
03.13	Joelho 90° PVC 75 mm	89513	un	9,00	110,74	136,81	1.231,29
03.14	Redução PVC 75x50 mm	89630	un	10,00	63,47	78,41	784,10

03.15	Joelho 90° PVC 50 mm	103984	un	33,00	17,56	21,69	715,77
03.16	Joelho 45° PVC 50 mm	103985	un	9,00	20,41	25,21	226,89
03.17	Tee PVC 50 mm	104004	un	44,00	27,36	33,80	1.487,20
03.18	Redução PVC 50x32 mm	104003	un	54,00	13,89	17,16	926,64
	Subtotal item 03	.....	.....	.....	.....	..... R\$	161.650,71
04	CASA DE MÁQUINAS RESERVATÓRIO EXISTENTE						
04.01	Tubo PVC 85 mm	89452	m	1,50	72,37	89,41	134,12
04.02	Tubo PVC 75 mm	89451	m	14,61	52,39	64,72	945,56
04.03	Tubo PVC 100 mm	89796	m	14,50	42,21	52,15	756,18
04.04	Válvula de pé com crivo 3"	103016	un	1,00	427,43	528,05	528,05
04.05	Curva 90° PVC 3"	89525	un	1,00	92,17	113,87	113,87
04.06	Curva 90° PVC 1 1/2"	103986	un	1,00	26,77	33,07	33,07
04.07	Registro de Esfera PVC 3"	94500	un	1,00	280,83	346,94	346,94
04.08	União PVC 3"	92891	un	1,00	241,41	298,24	298,24
04.09	União PVC 2 1/2"	92890	un	1,00	164,06	202,68	202,68
04.10	Válvula de Retenção vertical PVC 2 1/2"	103009	un	1,00	288,28	356,14	356,14
04.11	Curva 90° PVC 2 1/2"	92353	un	6,00	114,25	141,14	846,84
04.12	Tee 90° PVC 2 1/2"	89629	un	1,00	84,14	103,95	103,95
04.13	Registro de esfera PVC 2 1/2"	89517	un	2,00	72,98	90,16	180,32
04.14	Registro de Gaveta Bruto PVC 4"	94501	un	1,00	567,15	700,66	700,66
04.15	Tee PVC 100 mm	89796	un	1,00	42,21	52,15	52,15
04.16	Curva 90° PVC 100 mm	89809	un	2,00	27,18	33,58	67,16
04.17	Bomba Ebara-Thebe, PX15/3, Trifásico, 10CV, IP55	102122	un	1,00	8.477,60	10.473,23	10.473,23
04.18	Rain Bird ESP-ME3 Modular; Modulo Wi-Fi; (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	1.421,54	1.616,72	1.616,72
04.19	Sensor de Chuva c/ fio	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	223,68	276,33	276,33
04.20	Válvulas Solenóide Bermad S-200 2"	Comp. De Preços Unitários	un	10,00	852,56	1.053,25	10.532,50
04.21	Aspersor Rotores Rain Bird Falcon 6504 Aço Inox (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	54,00	559,48	636,30	34.360,20
04.22	Sistema de Filtragem Azud Helix (BDI DIF)	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	1.868,53	2.125,08	2.125,08
04.23	Caixa de concreto c/ tampa de aço 2,00x1,00 m	Comp. De Preços Unitários	un	2,00	3.394,59	4.193,68	8.387,36
	Subtotal item 04	.....	.....	.....	.....	..... R\$	73.437,35
05	OUTROS						
05.01	Desmobilização	Comp. De Preços Unitários	un	1,00	545,72	674,18	674,18
05.02	Instalação Elétrica (Estimativa)	Comp. De Preços Unitários	VB	1,00	27.544,16	34.028,06	34.028,06
	Subtotal item 05	.....	.....	.....	.....	..... R\$	34.702,24
	Total Geral	.....	.....	.....	.....	..... R\$	367.306,36