

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ARILSON PUMES DE MATOS

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO EM
CONDOMÍNIO FECHADO: PROPOSTA PARA OBTENÇÃO DO SELO LEED**

ALEGRETE- RS

2021

ARILSON PUMES DE MATOS

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO EM
CONDOMÍNIO FECHADO: PROPOSTA PARA OBTENÇÃO DO SELO LEED**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Professora Dra. Adriana
Gindri Salbego

Alegrete, RS

2021

ARILSON PUMES DE MATOS

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO EM CONDOMÍNIO FECHADO: PROPOSTA PARA OBTENÇÃO DO SELO LEED

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 30 de julho de 2021.

Banca examinadora:

Profa. Dra. ADRIANA GINDRI SALBEGO - Orientadora - UNIPAMPA

Profa. Dra. ERACILDA FONANELA - UNIPAMPA

Eng. ARTHUR WERNER FREITAS - Membro Externo



Assinado eletronicamente por **ERACILDA FONTANELA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/08/2021, às 13:54, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ADRIANA GINDRI SALBEGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/08/2021, às 09:22, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ARTHUR WERNER FREITAS, Usuário Externo**, em 23/08/2021, às 12:08, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0591357** e o código CRC **30360294**.

Dedico este trabalho aos meus pais, minha professora orientadora, meus amigos e minha namorada, que foram fundamentais em todo processo de formação.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, principalmente, por toda dedicação durante esta caminhada, paciência e esforços incansáveis para chegar até aqui, sendo meus pilares de sustentação para que tudo isso se tornasse uma conquista prazerosa.

À prof. Dra. Adriana Gindri Salbego, pela orientação, paciência e dedicação durante todo processo de construção deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, por todas as dicas para melhoria do trabalho e principalmente por terem aceitado o convite de participar desta avaliação.

Aos meus amigos e minha namorada, por estarem sempre junto comigo, nas horas boas e ruins desta caminhada, dividindo alegrias e angústias durante todo o tempo.

À empresa construtora do condomínio fechado na cidade de Alegrete-RS, por disponibilizar o espaço construído para elaboração do projeto.

A todos os professores que fizeram parte desta caminhada.

RESUMO

A sustentabilidade na Construção Civil tornou-se assunto rotineiro em diversas discussões em eventos mundiais a partir da Grande Crise do Petróleo, em 1970, visando conscientização e prevenção dos recursos naturais. Um dos principais pontos abordados é a preservação dos recursos hídricos, que durante muitos anos foi imaginado como um recurso infinito, ocasionando muito desperdício e, para os dias atuais, muitas medidas de racionamento de água, a fim de frear o esgotamento destes meios. Na sequência dos anos, a partir de 1980, surge em países desenvolvidos um incentivo à preservação dos recursos naturais: o selo *LEED*, com uma espécie de prêmio para quem cumprisse seus requisitos, uma forma de incentivo à construção sustentável. No Brasil, adentrou o mercado com maior intensidade a partir dos anos 2000, tendo entre seus requisitos a *Gestão de Água*. Este trabalho apresenta um estudo sobre a viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para abastecimento de um sistema eletrônico de irrigação (com área de 3.000m²) em um condomínio fechado em Alegrete-RS. A ideia surgiu a partir da verificação trimestral de custos, que apresenta um alto gasto com água da concessionária, utilizada para a irrigação de área verde de uma das praças do empreendimento. No anteprojeto, também apresentado no trabalho, definiu-se que não era possível alterar a arquitetura já construída desta praça, sem obras de arte/estruturas aparentes, então, foi escolhido um sistema de armazenamento com tanques enterrados com tamanhos pré-definidos pela escassez de espaço. Primeiramente, foi realizada a caracterização hidrológica da cidade, com análise de uma série histórica de 10 anos, a fim de caracterizar a quantidade e distribuição das chuvas ao longo dos dias/meses/anos. Após definir as médias de chuvas anuais e mensais, partiu-se para o dimensionamento dos reservatórios, com métodos definidos pela NBR 15527 - *Aproveitamento da água da chuva de cobertura para fins não potáveis* (ABNT, 2007), para avaliação econômica e social do projeto. Os custos para implantação se mostraram baixos, economicamente viáveis, com tempo de retorno de 20 meses. Porém, como é apresentado no projeto, não apresenta total solidez pela má distribuição da chuva e baixa capacidade de armazenamento, devido à falta de espaço para uma estrutura com maior capacidade.

Palavras-Chave: selo LEED, captação de água da chuva, viabilidade econômica.

ABSTRACT

Sustainability in Civil Construction has become a routine topic in several discussions at world events since the Great Oil Crisis, in 1970, aiming at awareness and prevention of natural resources. One of the main points discussed is the preservation of water resources, which for many years was thought of as an infinite resource, causing a lot of waste and, nowadays, many water rationing measures, in order to curb the depletion of these means. As a result of the years, from the mid-1980s onwards, an incentive for the preservation of natural resources emerged in developed countries: the LEED seal, with a kind of prize for those who fulfilled its requirements, a form of incentive for sustainable construction. In Brazil, it entered the market with greater intensity from the 2000s onwards, having among its requirements the Water Management. This work presents a study on the technical and economic feasibility of implementing a rainwater harvesting system to supply an electronic irrigation system (with an area of 3,000m²) in a closed condominium in Alegrete-RS. The idea arises from the quarterly cost verification, which shows a high expenditure on water from the concessionaire, used for the irrigation of a green area in one of the enterprise's squares. In the draft it is defined that it will not be possible to change the already built architecture of this square, without apparent works of art/structures, so a storage system with buried tanks with predefined sizes due to the scarcity of space is chosen. First, a hydrological characterization of the city was carried out, with analysis of a 10-year historical series, in order to characterize the amount and distribution of rainfall over the days/months/years. After defining the average annual and monthly rainfall, it was decided to design the reservoirs, using methods defined by NBR 15527 (ABNT, 2007), for the economic and social evaluation of the project. Implementation costs proved to be low, economically viable, with a turnaround time of 20 months. However, as shown in the project, it does not have total solidity due to poor rainfall distribution and low storage capacity, due to the lack of space for a structure with greater capacity.

Keywords: LEED seal, rainwater harvesting, economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O Tripé da sustentabilidade	20
Figura 2 - Pesquisa "Sustentabilidade hoje ou amanhã?"	23
Figura 3 - Crescimento de certificações LEED no Brasil	24
Figura 4 - Missão da GBCB.....	25
Figura 5 - Atualizações e melhorias da versão LEED v.4 em relação à LEED v.2009	26
Figura 6 - vantagens provenientes das ações propostas pelo LEED	27
Figura 7 – Certificações LEED nos estados brasileiros.....	28
Figura 8 – Tipologia LEED v.4 para o estudo de caso em questão.....	29
Figura 9 – Classificações LEED v.4	30
Figura 10 – Categorias LEED v.4.....	30
Figura 11 – Implantação do prédio da Sede do condomínio e entorno.	32
Figura 12 – (A) Instalação hidráulica da bomba; (B) Painel de ativação.	33
Figura 13 – Posição dos reservatórios em relação a bomba de acionamento do sistema de irrigação	34
Figura 14 – Laje superior do prédio da Sede do condomínio.....	36
Figura 15 - Tanques de armazenamento de água	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de água e respectivos custos com a concessionária de abastecimento no ano de 2020	35
Tabela 2 - Índices pluviométricos da estação 02955013/ ANA	41
Tabela 3 - Dias de chuva por mês/ano.....	42
Tabela 4 - Demanda hídrica da área plantada	43
Tabela 5 - Tabela de dimensionamento - Método de Rippl Mensal	44
Tabela 6 - Tabela de dimensionamento Método da Simulação.....	45
Tabela 7 - Tabela de dimensionamento pelo método da simulação - Aplicação da ferramenta Solver para obtenção de valores exatos de reservatório predefinido.....	46
Tabela 8 - Tabela de dimensionamento pelo Método de Azevedo Neto	47
Tabela 9 – Tabela de dimensionamento pelo Método Prático Alemão	48
Tabela 10 - Tabela de dimensionamento pelo Método Prático Inglês.....	49
Tabela 11 - Resumo dos resultados de reservatórios obtidos pelos métodos da NBR 15527	49
Tabela 12 - Quantitativo de materiais de projeto.....	52
Tabela 13 - Apresentação dos custos de implantação do sistema.....	52
Tabela 14 - Estimativa do tempo de retorno do investimento	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Efeitos da Construção Civil	18
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

C – Coeficiente de escoamento superficial

CORSAN – Companhia Regional de Saneamento

IBOPE – Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística

ANQIP – Associação Nacional para Qualidade de Instalações Prediais

RS – Rio Grande do Sul

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

CPDS – Comissão de Política de Desenvolvimento Sustentável

ONG – Organização não governamental

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

ITBI – Imposto de Transações de Bens Imóveis

PVC – Policloreto de polivinila

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Crescimento da construção civil no Brasil e o impacto no meio ambiente	18
2.2 A Inserção da construção civil no mercado brasileiro	21
2.3 Selos verdes como estratégias de mercado	22
2.4 Certificação LEED	24
2.5 Vantagens trazidas pelo selo LEED	26
2.6 Certificação LEED v.4 (2013)	29
3 METODOLOGIA	32
3.1 O sistema de irrigação eletrônica	32
3.2 Abastecimento e custos com o sistema de irrigação implantado	34
3.3 Sistema de coleta de água da chuva da edificação	35
3.4 Índices pluviométricos	36
3.5 Demanda hídrica da grama esmeralda plantada	36
3.6 Metodologias de dimensionamento de reservatórios para armazenamento da água da chuva	37
3.6.1 Método de Rippl.....	38
3.6.2 Método da Simulação.....	38
3.6.3 Método de Azevedo Neto	39
3.6.4 Método Prático Alemão	39
3.6.5 Método Prático Inglês	40
3.7 Análise do custo x benefício da implantação do sistema	40
4 Resultados	41
4.1 Análise dos índices pluviométricos	41
4.2 Determinação da demanda hídrica da área plantada	42
4.3 Dimensionamento dos reservatórios	44
4.3.1 Método de Rippl Mensal	44
4.3.2 Método da simulação	45
4.3.3 Método de Azevedo Neto	47
4.3.4 Método Prático Alemão	48

4.3.5 Método Prático Inglês	48
4.4 Análise dos resultados	49
4.5 Proposta de projeto	50
4.6 Definição dos reservatórios.....	51
4.7 Quantitativo de materiais	52
4.8 Custos de implantação e estimativa de retorno.....	53
5 CONCLUSÕES	54

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é a principal modificadora da paisagem natural, fornecendo a infraestrutura para o desenvolvimento social. O ápice do crescimento do mercado da construção civil no Brasil se deu em meados da década de 1920 e trouxe consigo inúmeros impactos prejudiciais ao meio ambiente, aparecendo entre os setores que mais utiliza dos recursos ambientais disponíveis (AULICINO, 2008).

Para Motta (2009), o modelo de desenvolvimento mundial aconteceu por meio de um crescente consumo dos recursos naturais e, mesmo que, na atualidade, note-se uma maior conscientização, com a busca de melhor qualidade de vida e preservação da natureza, ainda não há entendimento amplo da importância de alteração para um modelo de desenvolvimento sustentável, sem soluções diretas e íntegras incorporadas ao pensamento da sociedade como um todo.

No Brasil e no mundo, a partir das crises do petróleo de 1970, as preocupações com o meio ambiente ganharam força, a sociedade atentou-se à grande dependência dos recursos naturais e a grande demanda de energia exigida pelo desenvolvimento. Em 1987 foi elaborado o relatório *Bruntland*, intitulado “Nosso futuro comum”, que apresentava diretrizes para um equilíbrio entre as esferas econômica, tecnológica e ambiental (BRUNTLAND, 1987).

A aplicação de práticas sustentáveis na construção civil é uma forma de promover a igualdade social, a valorização dos aspectos culturais, a maior eficiência econômica e o menor impacto ambiental nas soluções aplicadas nas fases de projeto, de construção, de utilização, de reutilização e de reciclagem na edificação, buscando a distribuição equitativa da matéria-prima e garantindo a competitividade do homem e das cidades (KRONKA MÜLFARTH, 2003).

Após o relatório *Bruntland*, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO 92 – que teve como propósito aprofundar o entendimento de como estabelecer um crescimento socioeconômico e evitar a degradação ambiental. A partir de então, representantes dos 176 países participantes da conferência, se comprometeram a seguir diretrizes que iriam ao encontro do novo modelo de desenvolvimento, adotando princípios globais, para que cada região, país

ou estado definisse seus próprios princípios baseados nas necessidades e nas características locais (AULICINO, 2008).

Em 2002, foi definida a Agenda 21 para construção sustentável em países em desenvolvimento, visando esclarecer os desafios da implantação desse novo modelo de desenvolvimento e formular diretrizes planos de ação para que o setor continue atuando no desenvolvimento dos países sem acabar com o meio ambiente (AULICINO, 2008). A agenda 21 aponta que a urbanização representa um ponto crítico no consumo dos recursos naturais e contribuiu para a grande modificação das paisagens naturais mundo à fora.

No Brasil, o processo de implementação da Agenda 21 ocorreu a partir do ano de 2003, coordenado pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (CPDS). A partir daí, foi elevada à condição de Programa do Plano Plurianual, (PPA 2004-2007), e entrou na fase de implementação assistida pela CPDS. A Agenda 21 Brasileira se caracterizou como “um processo e instrumento de planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável”, no qual “tem como eixo central a sustentabilidade, compatibilizando a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico” (BRASIL, 2019?).

Cabe dizer que a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6938/81, é a maior referência jurídica no tema de proteção ambiental, tendo estabelecido como objetivo regulamentar as atividades que envolvam o uso do meio ambiente, a fim de garantir a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, garantindo condições propícias para o desenvolvimento socioeconômico no país, operando através de ferramentas administrativas para licenciar, coordenar e punir empresas que fugiam da legislação atuante (BRASIL, 1981).

Este controle de qualidade ambiental adentrou o mercado nacional e cumpri-lo tornou-se uma diferenciação competitiva entre empresas do setor, contando vantagem em licitações, maior visibilidade, etc., com base na ISO 14.001 – Sistemas de Gestão Ambiental – que traz requisitos que permitem a uma organização desenvolver uma estrutura de proteção ao meio ambiente e rápida resposta às mudanças das condições ambientais.

No Brasil, a partir de 2005, a construção civil recebeu maior incentivo à adoção de medidas sustentáveis, com a adoção dos selos ambientais para edifícios verdes.

O mais importante deles é o selo *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). De origem americana, é o mais utilizado mundialmente como parâmetro de avaliação da sustentabilidade em edifícios (GREEN BUILDING COUNCIL, 2015), ademais, é constituído por uma série de requisitos que, quando cumpridos, entregam a obra o título de obra verde, sustentável.

Diante o exposto, o presente estudo aborda o aproveitamento da água da chuva para fins de irrigação dos jardins de um condomínio vertical multifamiliar, localizado no município de Alegrete-RS, a fim de atender um subitem dos requisitos do selo LEED: *gestão de água*. Através de dados teóricos, será feito o dimensionamento do sistema, com modelagem de um projeto funcional, prático e exequível de um novo sistema de armazenamento da água da chuva.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Efetuar uma análise da implantação de um projeto de aproveitamento da água da chuva para fins de irrigação de jardins em um condomínio vertical multifamiliar, agregando a um sistema de irrigação eletrônico instalado, abastecido através de um reservatório de coleta para reaproveitamento de água da chuva, atendendo à um subitem de um dos requisitos do selo *LEED v.4: gestão de água*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Análise geral do procedimento de aplicação de métodos sustentáveis em obra de habitação multifamiliar;

- Dimensionamento do sistema de armazenamento da água da chuva através da NBR15527 – *Aproveitamento da água da chuva de cobertura para fins não potáveis*;

- Elaboração de projeto sustentável de captação de água da chuva para utilização na irrigação de jardins para condomínio vertical fechado, com a aplicação do pré-requisito selo *LEED gestão de água*;

- Apresentação dos dados técnicos do projeto e do retorno econômico da implementação do mesmo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Como será apresentado no decorrer do presente trabalho, o condomínio fechado conta com um projeto de alto padrão de jardinagem, com mais de 10.000m² de grama plantada. Em uma das praças do condomínio, a chamada “principal”, tem-se um sistema de irrigação eletrônico instalado para maior efetividade de aguagem das plantas.

A ‘praça principal’ possui cerca de 3.000m² de grama plantada e algumas árvores, implantadas recentemente também. Para regar esta área, o sistema de irrigação com bombeamento, atualmente, é programado para atuar 5min em cada ramal, totalizando 50 minutos de irrigação e 3.000 litros de água potável.

Em uma análise trimestral de custos da empresa, logo após a execução dos projetos paisagísticos, apresentou-se um gasto excessivo de água, justamente utilizada para o acionamento da irrigação. Então, acenou-se com uma ideia de encontrar uma alternativa de reaproveitamento de água da chuva para evitar desperdício de água potável e gerar redução de custos.

A elaboração de um projeto de aproveitamento de água da chuva tem como principal necessidade a conscientização ambiental, para o uso da água para irrigação. Também objetiva redução de custos com tarifas de fornecimento de água, pois, na análise das faturas do condomínio, em meses em que foi necessária a ativação do sistema, apresentou-se um custo adicional considerável.

Sendo assim, analisando-se as possibilidades de evitar este desperdício de água potável e custos adicionais e, também, a fim de aprimorar o conhecimento pessoal e profissional, agregando princípios sustentáveis ao acervo da empresa, propõe-se, neste trabalho, a elaboração de um projeto facilmente executável, que tem como ideia base a implementação de um pré-requisito para obtenção do selo *LEED*, que remete à *gestão da água*, impulsionado pela onda de conscientização e adoção dos sistemas de construções sustentáveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Crescimento da construção civil no Brasil e o impacto no meio ambiente

A indústria da Construção Civil, desde seu ápice de expansão, continua em processo de crescimento contínuo, sendo reconhecida, pelo Sindicato da Construção Civil de SP (2005), como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social. Porém, ao mesmo tempo, é considerada um dos setores que mais causa impactos ambientais, reproduzindo uma situação paradoxal, trazendo a promoção da melhoria de condições urbanísticas e arquitetônicas de um local, mas, ao mesmo tempo, aumentando a demanda por matéria-prima natural e ocasionando a geração de resíduos (PASCHOALIN FILHO et al., 2012).

Extração de matérias-primas, produção e transporte de materiais e componentes, execução, práticas de uso e manutenção e, após a vida útil, demolição/desmontagem e destinação dos seus resíduos formam toda a cadeia que comanda o impacto ambiental da construção civil. Esse processo é regulamentado por normas técnicas (no Brasil, ditadas pela ABNT), políticas públicas e códigos de obras.

Tanto o prejuízo ao meio ambiente, quanto a regulamentação para preveni-lo, envolvem recursos econômicos e têm impactos ambientais que atingem a todos os cidadãos, empresas e órgãos governamentais, não apenas aos seus proprietários e usuários diretos, por isso, o aumento da conscientização sustentável depende de soluções em todos os níveis sociais, articuladas dentro de uma visão panorâmica (I. John et. Al, 2012). No Quadro 1, a seguir, apresentam-se os principais impactos da utilização de matéria prima na construção civil.

Quadro 1 - Efeitos da Construção Civil

De 40 % a 50 % dos resíduos gerados são oriundos da construção civil
No Brasil são consumidos 220 milhões de t/ano de agregados naturais na produção de concretos e argamassas
Consumo de 50% da energia elétrica e 20% do total de energia produzida no Brasil
Construção e reforma de edifícios gera anualmente cerca de 400 kg de entulho por habitante
Consumo de 60% de toda madeira extraída
34% do consumo mundial de água

Fonte: Adaptado de JOHN (2016)

O constante antagonismo entre construção civil *versus* meio ambiente faz parte de um pensamento retrógrado, cujas consequências são vistas hoje, tais como: desmatamento, aquecimento global, poluição de rios e lençóis freáticos, entre outros. Atualmente, toda e qualquer atividade, em qualquer âmbito social, que visa melhorar a qualidade de vida da população e o desenvolvimento econômico, apresentam as questões de sustentabilidade como elemento preponderante, mesmo que exija tecnologias, metodologias e mão de obra com um custo mais alto (PARTICELI, 2018)

Na década de 80, o debate na questão da sustentabilidade iniciou uma onda de crescimento, através do *Relatório de Brundtland* (1987), que trazia como definição geral: “suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas”. A década de 90 foi marcada mundialmente pelo desenvolvimento e aprimoramento de conceitos de sustentabilidade, foi quando ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio 92.

Neste período alargou-se o conceito de sustentabilidade, incluindo temas como energia, água, extração de matéria-prima, resíduos sólidos e líquidos, saúde, fauna, flora, etc. Foi então que surgiram os primeiros sistemas de certificação ambiental de edifícios, criando um novo e marcante conceito para construções civis, os edifícios verdes (*green building*), que passaria a ser visto como um diferencial até em âmbito de “marketing” para os novos empreendimentos (BRUNDTLAND, 1987).

A sustentabilidade deve ser vista como um conceito sistêmico, relacionando aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais, um meio de configurar a convivência e a atividade do homem, de tal forma que toda a sociedade consiga gozar da sua liberdade, preencher suas necessidades e expressar seus gostos pelo conforto, através das suas edificações, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais, com planejamento e ações que busquem a pró-eficiência na manutenção desses ideais (VIEGAS et al, 2010).

Neste contexto, com a busca por construções cada vez mais ecologicamente corretas, como representado na Figura 1, surgiu a teoria do *Triple Bottom Line*, o “Tripé da Sustentabilidade”. Como pode ser visto, existem três parâmetros que devem se encaixar para que a obra seja considerada sustentável, sendo eles: (I) Econômico; (II) Social e Cultural; (III) Ambiental (ELKINGTON, 1994).

Figura 1 - O Tripé da sustentabilidade



Fonte: <https://logisticareversa.org/triple-bottom-line-ou-tripe-da-sustentabilidade/>

A união entre as partes apresentadas na Figura 1, trazem à realidade: Eco Eficiência, Inserção Social e Justiça Socioambiental, atingindo, segundo o autor, a plenitude da sustentabilidade. Para Elkington (1994), o propósito do desenvolvimento

sustentável é buscar o equilíbrio entre estas dimensões, definindo como meta as ações que sejam consideradas ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis, definidas como *Triple Bottom Line*.

Assim, o desenvolvimento sustentável depende de alterações em todas as etapas/setores da obra, vistas como um todo. A sustentabilidade deve ser pensada e executada em todas as fases da construção, sendo: (I) idealização; (II) concepção; (III) projeto; (IV) construção; (V) vida útil; (VI) manutenção; (VII) final de vida útil, como frisam Motta e Aguiar (2012).

2.2 A Inserção da construção civil no mercado brasileiro

Com o objetivo de mudar de patamar no cenário mundial, sair da lista de países em desenvolvimento e ser considerada uma nação desenvolvida, a economia brasileira passou a buscar com que suas atividades assumam responsabilidades proporcionais nas questões socioambientais em cada ato (PARTICELI, 2018).

A implementação do desenvolvimento sustentável era a saída para conciliar o crescimento econômico e reduzir os problemas socioambientais no Brasil. Na Constituição Federal de 1988, o Poder Público resolveu juntar esses objetivos em um único dispositivo, criando direitos e deveres que todos estados deveriam assumir a fim de melhorar o desempenho ambiental, fazendo com que a ideia de preservação surgisse como fruto de conscientização global, onde Estado e coletividade trabalham juntos, focados em um desenvolvimento responsável, a fim de um denominador comum (CARVALHO et. al, 2014).

Com os incentivos sustentáveis propostos pelo Poder Público, somado às políticas públicas destinadas à igualdade socioambiental, a finalidade era remodelar o caminho traçado pela economia tradicional, impondo modificações no procedimento existente, tendo em vista que a situação do meio ambiente é sempre de interesse geral. A Constituição de 1988, dentre seus parágrafos, traz a ideia de que “não basta viver por si só, tem de haver qualidade” e “o ambiente equilibrado é elemento fundamental para uma vivência adequada” (BRASIL, 1988).

No ano de 2000, o Departamento de Engenharia da Construção Civil da USP organizou o “CIB - *Symposium on Construction and Environment – theory into practice*”, evento que pode ser considerado um marco inicial da preocupação com a sustentabilidade na construção civil no Brasil, servindo de alerta para todos os outros setores, que pouco caso faziam do pensamento ecológico, para que começassem a investir em pesquisas na área (PARTICELLI, 2018). Neste evento, foi apresentada uma proposta de sustentabilidade para a população em geral, que incluía:

- Redução das perdas dos materiais de construção;
- Aumento da reciclagem de resíduos como materiais de construção;
- Eficiência energética nas edificações;
- Conservação de água;
- Melhoria na qualidade do ar interno das edificações;
- Durabilidade e manutenção;
- Redução do déficit de habitações, infraestrutura e saneamento;
- Melhoria da qualidade do processo produtivo.

O que se pode notar, segundo John (2016), é que buscou-se sustentar ainda mais a ideia de que a sustentabilidade na construção civil traz melhorias na qualidade de vida de todos os setores da sociedade.

Com o passar dos anos, novos eventos e novas propostas voltadas à sustentabilidade surgiram no Brasil, ao mesmo tempo, inseriu-se na cultura da construção civil brasileira as certificações dos *green buildings*.

2.3 Selos verdes como estratégias de mercado

As certificações ambientais, quando aplicadas no Brasil, começaram a ser vistas como diferencial no mercado interno. Novas metas e novas políticas individuais de proteção ao meio ambiente surgem, quanto mais eficaz e produtivas as medidas seguidas para alcançar os objetivos ecológicos, mais as empresas se destacariam na competitividade do setor.

Com uma população mais consciente e voltada à construção sustentável, sendo nas ações diárias de obra, ou também pela compatibilização desde o projeto

até o fim da vida útil, como citado por Motta e Aguiar (2012), as empresas passaram a dedicar estudo e investimento para que suas atividades fossem cada vez mais éticas e ecológicas.

Uma pesquisa realizada pelo Ibope (2007), mostra a competitividade que as certificações sustentáveis trouxeram, constituindo uma oportunidade estratégica, passando a ser prioridade tanto dos empresários, quanto dos consumidores, como mostrado na Figura 2, a seguir.

Figura 2 - Pesquisa "Sustentabilidade hoje ou amanhã?"



Fonte: Ibope (2007).

Estudos e políticas internas, não necessariamente reconhecidas como selo verde também trazem economia e sustentabilidade à uma obra, porém, a competitividade, em um mercado cada vez mais criterioso, aumenta com uma certificação reconhecida. Nascimento (2012), em "A certificação ambiental como instrumento para a competitividade econômica e o desenvolvimento sustentável", cita alguns tipos de selos que podem ser identificados e comprovados frente aos consumidores, sendo:

- Selos ambientais baseados na análise do ciclo de vida e critérios múltiplos;
- Selos ambientais relativos a um atributo em particular;

- Selos baseados na análise do ciclo de vida, sem critérios;
- Selos mandatórios;

O estímulo à busca pelas obras sustentáveis aumentam, também, pelos incentivos fiscais oferecidos pelo governo. O Selo Verde já aparece como vantagem em licitações, e, também, desde 2012, o selo Qualiverde (RJ), oferece incentivos, como concessão de descontos para tributos municipais, isenção/desconto do IPTU durante a obra, isenção/desconto no ITBI ao adquirente final e desconto no IPTU após o Habite-se (PARTICELLI, 2018).

Os selos verdes funcionam através de requisitos que devem estar sendo cumpridos no canteiro de obras, que levam em consideração a utilização racional dos bens naturais, descarte consciente de resíduos, etc. À medida que um empreendimento cumpre estes requisitos, à ele são atribuídos pontos, que somados irão caracterizá-lo como uma construção sustentável.

2.4 Certificação *LEED*

O selo *LEED* é um sistema de certificação ambiental internacionalmente reconhecido, utilizado em edifícios e comunidades espalhados pelo mundo. Elaborado em 1988, pela *U.S Green Building Council (USGBC)*, traz medidas que incentivam todos os setores envolvidos na construção civil a elaborar estratégias de alta performance ambiental e eficiência energética. No Brasil, sua importância vem sendo reconhecida cada vez mais, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Crescimento de certificações *LEED* no Brasil



Fonte: GBC Brasil.

Nota-se que o selo *LEED* chegou ao Brasil com maior força no ano de 2007 (primeiro certificado emitido à agência do Banco Real da Granja Viana – SP), com a criação do *GBCB* (*Green Building Council Brasil*), ONG ligada à *USGBC*, da qual herda grande parte das estratégias e objetivos, porém, tendo como maior missão implantar o pensamento de construção sustentável no mercado brasileiro, como observa-se na Figura 4, que apresenta os objetivos da *GBCB*.

Figura 4 - Missão da GBCB



Fonte: Fujihara (2012).

O *LEED* é o selo verde de maior sucesso e reconhecimento internacional, a mais potente ferramenta em prol da construção sustentável, isso se dá pelo fato de que, a cada 2 a 4 anos, a certificação passe por atualizações, ganhando novas versões que abrangem cada vez mais tecnologia, buscando igualar os padrões da construção civil aos demais setores (GBC Brasil, 2018).

Com a elevação dos padrões de exigência de mercado, foi lançado a última e mais moderna versão da certificação, o *LEED v.4*, que apresenta modificações estruturais e de processo, principalmente atualizações técnicas visando suprir o aumento de exigência. A comparação com a versão anterior (*LEED v.2009*), em termos de visão geral, é apresentada a seguir, na Figura 5.

Figura 5 - Atualizações e melhorias da versão LEED v.4 em relação à LEED v.2009



Fonte: GBC Brasil (2018).

2.5 Vantagens trazidas pelo selo LEED

Toda ação, em qualquer âmbito ou setor social, que busque a sustentabilidade traz inúmeras vantagens. Ao adotar os requisitos da certificação *LEED* em seus empreendimentos, uma empresa visará, a médio e longo prazo, através do uso

racional e consciente, economia na extração de todos os recursos naturais dispostos à sua volta, somando-se à uma produtividade mais eficaz nos serviços prestados.

Além de contribuir para a saúde do planeta, também gera um impacto muito positivo na publicidade, visto que, como apresentado na Figura 2, ações socioambientais estão chamando cada vez mais atenção e sendo exigidas pelos consumidores. Há também a valorização da marca na busca por parceiros, sócios, etc.

À medida em que se implanta a ideia de sustentabilidade nas políticas da empresa, seus custos operacionais e de riscos regulatórios diminuem, através de métodos modernos e tecnológicos. Segurança e saúde dos colaboradores, operários e visitantes da obra também apresentam melhoras notáveis, possibilitando uma formação profissional mais bem elaborada, com a conscientização coletiva da importância da preservação ao meio ambiente (SUNERGIA, 2017).

Visto isso, além de um cenário mais produtivo e menos degradável no canteiro de obras, o processo de certificação pode chegar a 10% do custo da construção, levando em conta materiais, alterações de projetos, testes específicos, etc., e seu retorno, na valorização de revenda é estimado 10% a 20%, além das ações previstas proporcionarem diminuição de aproximadamente 9% no custo de operação da vida útil do imóvel, sendo 30% no consumo de energia, 30 a 50% no consumo de água, 50% na geração de resíduos e 35% na emissão de gases poluentes (Fujihara, 2012). Na Figura 6 apresenta-se as principais ideias iniciais de vantagens que o selo *LEED* oferece.

Figura 6 - vantagens provenientes das ações propostas pelo LEED

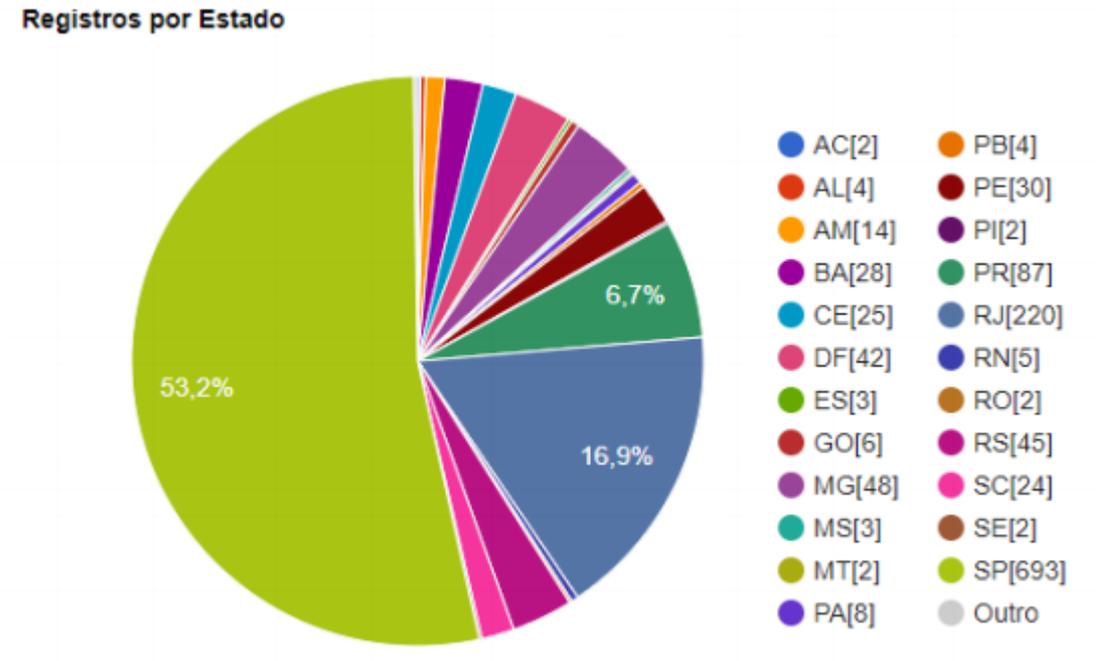
ECONÔMICOS 	Diminuição dos custos operacionais
	Diminuição dos riscos regulatórios
	Valorização do imóvel para venda ou arrendamento
	Aumento da velocidade de ocupação
	Modernização da edificação
SOCIAIS 	Melhora na segurança e priorização da saúde de trabalhadores e ocupantes
	Capacitação profissional
	Conscientização de trabalhadores e funcionários
	Aumento da produtividade dos funcionários
	Melhora da recuperação de pacientes em hospitais
	Melhora no desempenho de alunos em escolas
	Incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais
	Estímulo a políticas públicas de fomento a construção sustentável
AMBIENTAIS 	Uso racional e extração dos recursos naturais
	Redução do consumo de água e energia
	Implantação consciente e ordenada
	Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas
	Uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental
	Reuso de resíduos da construção e operação

Fonte: Adaptado de GBC Brasil (2018).

A principal dificuldade de implantação da certificação *LEED v.4* no mercado brasileiro é encontrada nos materiais, visto que os fornecedores locais ainda não possuem incentivos nem facilidades econômicas para garantir a documentação exigida. Em fevereiro de 2018, foi divulgado o ranking dos países com mais certificações *LEED*, estando o Brasil na quarta posição, com 460 empreendimentos distribuídos pelos 25 estados do país (PARTICELLI, 2018).

São Paulo e Rio de Janeiro são os líderes em número de certificações, na Figura 7 é apresentada graficamente o a atual situação dos estados brasileiros no quesito.

Figura 7 – Certificações LEED nos estados brasileiros



Fonte: GBC Brasil (2018)

2.6 Certificação LEED v.4 (2013)

O presente trabalho pretende analisar a aplicação dos pré-requisitos da versão *LEED v.4* em uma obra de condomínio vertical multifamiliar, cujas melhorias técnicas já foram apresentadas na Figura 5. Essa versão apresenta disponibilidade para diversos tipos de construções existentes no mercado, classificando-as de acordo com seu tipo.

Para o caso deste trabalho, de um condomínio fechado, a distinção encontrada dentro do selo *LEED v.4* é apresentada na Figura 8.

Figura 8 – Tipologia LEED v.4 para o estudo de caso em questão

LEED Built Project	Criado para projetos com escala de bairro que estão próximos do final da execução ou que foram terminados nos últimos três anos.
---------------------------	--

Fonte: Adaptado de GBC Brasil(2018)

O status atual do empreendimento é de entrega para os futuros moradores, com as instalações de infraestrutura já realizadas, assim como as edificações de uso comum, além do paisagismo.

Ao se enquadrar em uma tipologia, o projeto/empreendimento que almeja a obtenção do selo deve garantir o cumprimento das medidas sustentáveis pré-definidas, divididas em pré-requisitos e créditos. Os pré-requisitos são as ações obrigatórias e o não cumprimento de qualquer um deles inviabiliza a certificação. Enquanto os créditos são ações que o selo *LEED* sugere para que a obra consiga um melhor desempenho nos quesitos. O sistema de classificação é dado por pontuação, obtida através do cumprimento dos pré-requisitos e dos créditos, chegando a um máximo de 110 pontos (PARTICELLI, 2018).

O selo *LEED* foi dividido em quatro classificações, definidas pela pontuação da obra, apresentados na Figura 9.

Figura 9 – Classificações *LEED* v.4



Fonte: GBC Brasil (2018).

Na versão *LEED* v.4, as pontuações ainda foram redistribuídas, priorizando ações relacionadas a: clima, saúde, recursos hídricos, biodiversidade, recursos naturais, economia verde e comunidade, a fim de garantir a avaliação do empreendimento segundo as principais áreas de preocupação (GBC Brasil, 2018). A seguir, na Figura 10, apresentam-se as categorias *LEED* v.4 para o tipo de empreendimento estudado (condomínio multifamiliar).

Figura 10 – Categorias *LEED* v.4

Versão v.4
Localização e Transporte (LL)
Sustentabilidade do Sítio (SS)
Gestão de Água (WE)
Energia e Atmosfera (EA)
Materiais e Recursos (MR)
Qualidade do Ar Interno (IEQ)
Inovação e Design (ID)
Créditos Regionais (RC)

Fonte: Adaptada de GBC Brasil (2018).

Para o presente trabalho, será dado um foco total ao item de *Gestão de Água*, do selo *LEED v.4*.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma aplicação prática de um dos requisitos dos selos verdes atuantes no Brasil, com o aproveitamento da água da chuva para uso em um sistema de irrigação eletrônica de jardins de um condomínio vertical multifamiliar, localizado no município de Alegrete/RS.

Atualmente, a alimentação do sistema de irrigação é realizada através de reservatórios que abastecem o prédio da sede do condomínio, com água potável proveniente da concessionária de serviços de saneamento local.

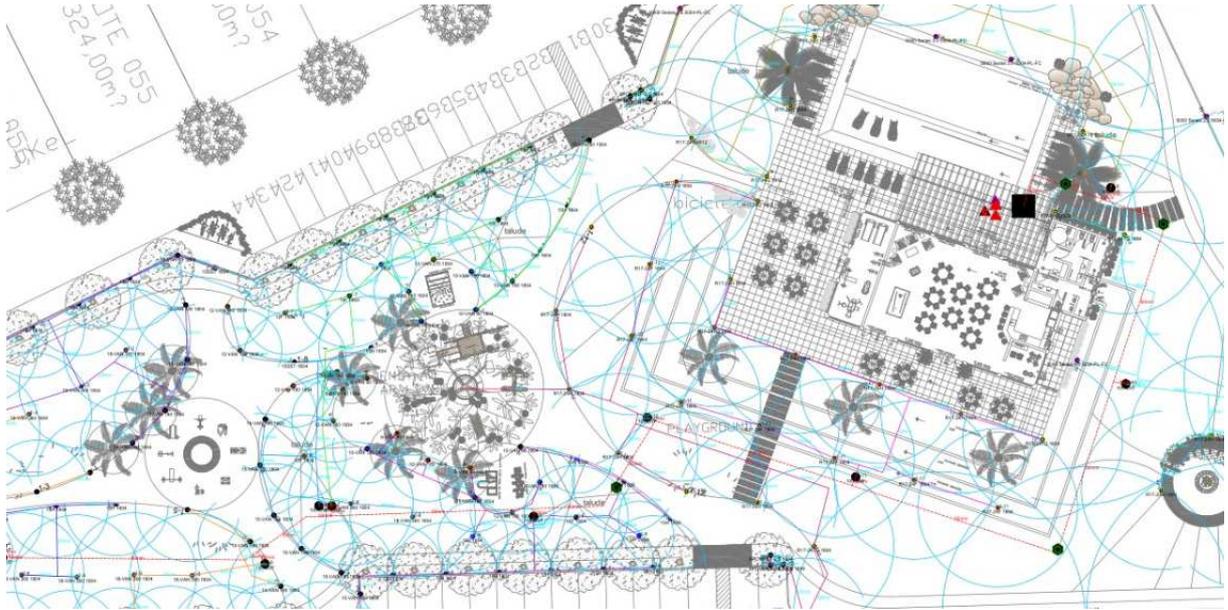
O objetivo do presente trabalho será alcançado com o aproveitamento do sistema de coleta pluvial desta edificação.

3.1 O sistema de irrigação eletrônica

O sistema de irrigação eletrônica instalado no condomínio é formado por um painel de programação, válvulas eletrônicas de contenção e ativação de irrigação, sistema de bombeamento e sistemas dispostos de acordo com a área do local.

O sistema de irrigação foi projetado para regar os jardins do entorno da edificação da Sede do condomínio, denominado 'praça central', com 2.932,6m² de área verde plantada. O sistema é composto de aspersores com diferentes capacidades de alcance, variando de 2 a 8 metros, abrangendo toda a área de jardins. A *Figura 11* ilustra a edificação da Sede e o entorno composto por jardins e, os referidos aspersores.

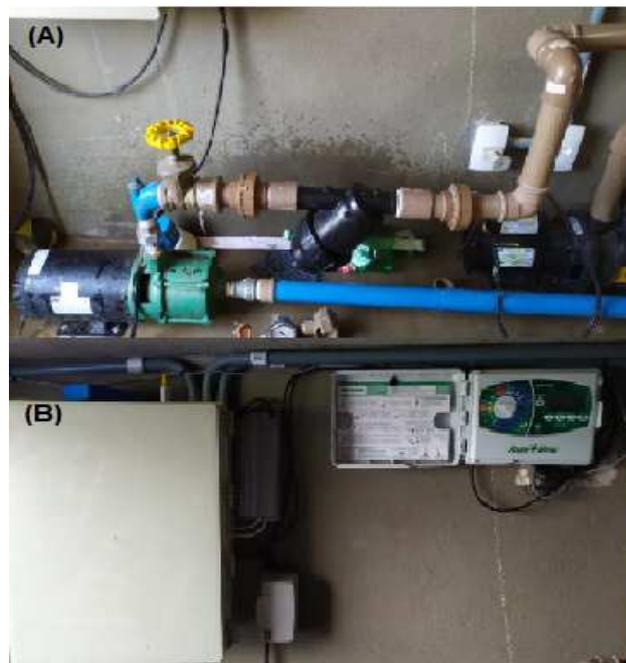
Figura 11 – Implantação do prédio da Sede do condomínio e entorno.



Fonte: Arquivo de projetos do condomínio.

O sistema de bombeamento possui uma bomba hidráulica, do tipo trifásica, com potência de 3cv, instalada junto à casa de máquinas da edificação. A bomba é acionada diretamente pelo painel de ativação, através de contatores. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, apresenta-se o painel de comando e a bomba instalada para irrigação.

Figura 12 – (A) Instalação hidráulica da bomba; (B) Painel de ativação.



Fonte: Elaboração própria.

O painel de ativação será programado conforme for necessário, de acordo com a demanda encontrada ao final do trabalho.

3.2 Abastecimento e custos com o sistema de irrigação implantado

O projeto original do sistema de irrigação dos jardins da Sede do condomínio previa a utilização de água potável proveniente de um reservatório localizado junto as dependências do prédio da Sede, abastecido pela concessionária de serviços de saneamento local. Esta condição contribuía para o desperdício de água potável, além de onerar as despesas de condomínio, em especial em períodos do ano mais secos, que demandam maior frequência de irrigação.

O reservatório está instalado a uma altura de 4,68m (medida do piso a base do reservatório). A Figura 13 apresenta a localização do reservatório e da bomba do sistema de irrigação.

Figura 13 – Posição dos reservatórios em relação a bomba de acionamento do sistema de irrigação



Fonte: Elaboração própria.

O consumo de água destinado ao uso do prédio da Sede e com a irrigação dos jardins da 'praça principal', no ano de 2020, quando entrou em funcionamento, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de água e respectivos custos com a concessionária de abastecimento no ano de 2020

CUSTOS COM ÁGUA POTÁVEL - 2020					
Mês	Consumo (m³)	Vlr unit (R\$/m³)		Valor total (R\$)	
Janeiro	106	R\$	11,03	R\$	1.169,18
Fevereiro	132	R\$	11,23	R\$	1.482,63
Março	285	R\$	11,92	R\$	3.397,07
Abril	311	R\$	11,99	R\$	3.729,38
Maio	28	R\$	7,50	R\$	209,88
Junho	13	R\$	7,25	R\$	94,25
Julho	16	R\$	7,25	R\$	116,00
Agosto	16	R\$	7,25	R\$	116,00
Setembro	33	R\$	8,05	R\$	265,71
Outubro	14	R\$	7,68	R\$	107,52
Novembro	14	R\$	7,68	R\$	107,52

Fonte: Elaboração própria. Dados do sistema interno da empresa.

Em análise aos dados constantes na Tabela 1, observa-se que nos meses de março e abril houve maior consumo de água, tendo em vista que foi o período de implantação do projeto de paisagismo, o qual demandou regas mais frequentes, devido ao estágio inicial da vegetação.

3.3 Sistema de coleta de água da chuva da edificação

O projeto de aproveitamento de água da chuva para fins de irrigação dos jardins do loteamento prevê a coleta da água da laje superior do prédio da Sede do condomínio. A edificação possui uma laje impermeabilizada exposta, com uma calha central, com área de contribuição de 255,25m². O sentido de escoamento das águas é mostrado na Figura 14, ou seja, ocorre transversalmente para a calha central, que

possui 60cm de largura e 22,50m de comprimento, entre o início da calha e o condutor vertical (saída), com diâmetro de 150mm.

Figura 14 – Laje superior do prédio da Sede do condomínio.



Fonte: Elaboração própria.

3.4 Índices pluviométricos

Para a caracterização da pluviometria do local, buscou-se a base de dados da ANA – Agência Nacional das Águas, disponível em www.hidroweb.ana.gov.br, de estações mais próximas, com pelo menos 10 anos de dados. Para tanto, definiu-se a estação pluviométrica sob o código 02955013 - ALEGRETE, junto ao Rio Ibirapuitã.

3.5 Demanda hídrica da grama esmeralda plantada

A grama *Zoysia* (*Zoysia japônica* Steud), popularmente conhecida como grama *Esmeralda*, foi a escolhida para preencher o jardim da praça do condomínio. Conhecida por ser uma grama muito resistente à climas extremos (quentes e frios), e ao pisoteio, foi por muito tempo utilizada em campos de futebol no Brasil.

De acordo com recomendações agrônômicas, nos primeiros dias após o plantio do tapete de grama no solo, a irrigação é fundamental. Nesta fase é normal que a grama perca uma parte da sua coloração esverdeada, causando uma perda na beleza visual.

O fornecimento da grama para a área em estudo foi feito pela empresa GreenGrass, (<http://www.greengrass.com.br/gramados/a/220>). A referida empresa disponibiliza em seu site, características específicas da grama *esmeralda*, além de algumas recomendações importantes:

- Grama de clima quente, adapta-se bem a lugares ensolarados e altas temperaturas;
- Ótima resistência ao frio, a geada causa apenas prejuízo visual;
- Resistente à seca: entra em estado de dormência (proteção ao stress de altas temperaturas) podendo até ficar na cor marrom amarelado, recupera-se facilmente deste estado após normalização de chuvas ou irrigação.

Em estudo específico sobre a grama *esmeralda*, aparecem resultados que apontam a gramínea como sendo muito resistente à fatores climáticos extremos e desfavoráveis a outros tipos de vegetação, como por exemplo o clima seco e frio, onde, inclusive, tem como característica uma maior retenção de água, sendo assim, se exposta à muita água, irá favorecer o aparecimento de pragas e doenças visíveis (TAPPARO, S.A., 2008).

3.6 Metodologias de dimensionamento de reservatórios para armazenamento da água da chuva

Com base nas variáveis quantificadas para a edificação em estudo - disponibilidade, demanda e área de captação - o dimensionamento dos reservatórios para armazenamento da água da chuva foi realizado de acordo com os métodos descritos na NBR 15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos (ABNT, 2007).

3.6.1 Método de Rippl

Este método calcula o volume de água armazenada em um determinado tempo, levando em consideração as séries históricas mensais ou diárias de precipitação, como mostra a Equação 1:

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

$$Q(t) = C * precipitação_{(i)} * A \quad \text{Equação 2}$$

$$V = \sum S(t); S(t) > 0 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

S(t): volume de água armazenado em um tempo “t”;

Q (t): volume de chuva aproveitável no tempo “t”;

D(t): demanda ou consumo no tempo “t”;

A: área de captação;

V: volume do reservatório;

C: coeficiente de escoamento;

3.6.2 Método da Simulação

O método da simulação desconsidera a perda de água por evaporação e utiliza os dados históricos de precipitação para caracterizar os períodos de secas e características sazonais, dados importantes para o método, como mostra a Equação 4:

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad \text{Equação 4}$$

$$Q(t) = C * precipitação_{(i)} * A \quad \text{Equação 5}$$

$$0 \leq S(t) \leq V \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

S(t): volume de água armazenado em um tempo “t”;

$S(t-1)$: volume de água armazenado em um tempo “t-1”;

$Q(t)$: volume de chuva aproveitável no tempo “t”;

$D(t)$: demanda ou consumo no tempo “t”;

A: área de captação;

V: volume do reservatório;

C: coeficiente de escoamento;

3.6.3 Método de Azevedo Neto

Este método considera apenas o volume captado e os períodos de estiagem (mensal), desconsiderando a demanda, e está apresentado abaixo, na Equação 7.

$$V = 0,042 * P * A * T \quad \text{Equação 7}$$

P: valor numérico da precipitação média mensal (mm);

T: valor numérico do número de meses com pouca chuva ou seca;

A: área de coleta de água da chuva;

V: valor numérico de água aproveitável – volume do reservatório (litros);

3.6.4 Método Prático Alemão

Apresenta-se como um método empírico, onde se considera o menor valor de volume do reservatório, 6% do volume anual de consumo, ou 6% do volume anual da precipitação aproveitável, como mostra a Equação 8:

$$V = \min(V; D) * 0,06 \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

V: valor numérico do volume aproveitável de água da chuva anualmente (litros);

D: valor numérico da demanda anual da água não potável (litros);

V: valor numérico adotado de água do reservatório (litros);

3.6.5 Método Prático Inglês

Também considerado um método empírico, apresenta-se na Equação 9.

$$V = 0,05 * P * A \qquad \text{Equação 9}$$

Onde:

P: valor numérico da precipitação média anual (mm);

A: área de coleta (m²);

V: volume de água aproveitável (litros);

3.7 Análise do custo x benefício da implantação do sistema

O custo-benefício de implantação do projeto estudado baseia-se em estudar o tempo de retorno de investimento, relacionando a economia de água potável fornecida pela concessionária com a implantação do novo sistema e os custos de implantação (materiais, maquinário e mão de obra).

É possível definir o custo-benefício analisando a demanda mensal necessária para o sistema, apresentada nos itens de dimensionamento, a seguir, juntamente com o valor cobrado pela concessionária por m³ da água na área estudada, também apresentada nos itens de dimensionamento, com dados obtidos dos registros internos de custo da empresa.

Para realização da estimativa de custos de materiais, foi feita uma pesquisa de preços no mercado local, com os principais fornecedores da cidade, assim como locação de maquinário e mão de obra para composição do orçamento final. O orçamento contempla os reservatórios (tanques de armazenamento), maquinário de escavação e quebra de rocha e tubulação.

4 Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos pelos diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios para armazenamento da água da chuva para fins não potáveis, baseado na NBR 15527 (2007), que regulamenta este tipo de sistema, bem como uma análise dos custos de implantação e viabilidade econômica, com tempo de retorno financeiro.

4.1 Análise dos índices pluviométricos

O levantamento de dados pluviométricos foi feito através de pesquisa nos dados abertos e disponíveis no site da ANA – Agência Nacional das Águas (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb>). Na Tabela 2, apresenta-se uma relação de série histórica de 10 anos (2010 a 2019), juntamente com os cálculos de média do mês e desvio padrão, necessários para os cálculos, na sequência.

Tabela 2 - Índices pluviométricos da estação 02955013/ ANA

ANO	PRECIPTAÇÃO MENSAL (mm)												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
2010	477,4	138,0	50,7	116,9	93,5	65,2	254,0	21,6	226,7	72,6	19,5	126,3	1662,4
2011	142,0	144,6	65,5	163,5	77,6	85,8	98,8	92,4	57,4	170,5	53,6	159,4	1311,1
2012	5,8	65,0	45,8	139,7	14,1	83,4	56,5	85,0	91,7	461,6	14,4	423,5	1486,5
2013	154,9	182,5	205,6	183,6	143,8	77,3	200,6	71,1	50,5	127,5	459,5	46,1	1903,0
2014	126,8	236,4	270,2	73,0	292,2	102,1	281,6	123,6	275,5	185,0	56,9	431,2	2454,5
2015	235,8	72,0	47,2	45,3	150,7	55,5	136,3	89,0	96,5	452,7	293,3	333,9	2008,2
2016	154,0	150,1	172,4	297,9	102,0	156,5	99,8	74,3	28,3	432,3	149,9	286,7	2104,2
2017	198,9	89,8	114,0	259,1	273,5	80,1	49,6	210,8	182,0	250,3	147,6	259,2	2114,9
2018	171,9	112,2	145,1	67,3	317,6	203,5	49,7	142,5	313,4	196,5	230,3	256,1	2206,1
2019	617,0	49,8	97,9	237,4	159,7	14,2	197,7	49,0	42,0	237,8	168,8	64,5	1935,8
MEDIA	228,5	124,0	121,4	158,4	162,5	92,4	142,5	95,9	136,4	258,7	159,4	238,7	1918,7

DESVIO PADRÃO	181,2	58,1	76,3	86,3	100,7	53,0	86,0	52,8	104,7	140,8	139,7	137,3	345,3
--------------------------	--------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Fonte: Elaboração própria. Dados: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>.

Nos dados disponibilizados pela ANA – Agência Nacional de Águas, na estação escolhida como referência, não encontram-se falhas numa série histórica de 10 anos, que satisfaz o requisito para a atual pesquisa. Para fins de análise na sequência do trabalho, foi montada uma relação de dias chuvosos por mês ao ano, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Dias de chuva por mês/ano

ANO	DIAS DE CHUVA												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2010	10	5	3	2	6	4	9	2	9	4	3	5	62
2011	10	7	4	8	5	7	9	9	3	7	3	7	79
2012	2	9	3	7	5	6	5	8	5	12	2	14	78
2013	6	10	9	5	8	7	9	9	6	4	10	5	88
2014	11	11	6	6	7	9	9	9	12	9	8	11	108
2015	13	5	5	5	8	12	7	7	7	15	10	9	103
2016	6	7	4	10	4	4	7	6	5	11	9	8	81
2017	8	7	4	8	12	5	3	12	9	9	6	7	90
2018	7	4	4	4	5	6	6	6	11	6	5	7	71
2019	12	2	6	6	10	3	7	3	6	11	7	3	76

Fonte: Elaboração própria. Dados: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>.

Na comparação das Tabela 2 e Tabela 3, nota-se que não há uma sequência uniforme de distribuição das chuvas na estação escolhida, fato que deve ser observado com cuidado na obtenção de resultados nesta pesquisa.

4.2 Determinação da demanda hídrica da área plantada

A grama esmeralda é uma espécie de grama rasteira e muito resistente, plantada em zona urbana, contando com cobertura de sombra de edificação e árvores também plantadas. As características citadas, atendem aos requisitos apresentados

por Ferreira (2014), que traz em seus estudos que um jardim com grama resistente e de comum uso nas áreas urbanas é necessário 1,5 litros/m² por irrigação.

Este valor é corroborado por Tapparo (2008), que traz em seu trabalho um valor médio entre 1,5 – 2,8 (kg/m²) de perda de água da grama Esmeralda, que, também segundo ele, possui por característica não necessitar de 100% de reposição deste valor, podendo 80% de retorno hídrico satisfazer a saúde da área plantada.

Além disso, Lorenzi e Souza (1999), trazem em seu estudo que, no período de inverno há uma menor perda de água por parte da gramínea, necessitando uma reposição ainda menor. Dizendo, inclusive, que o excesso de água nessa estação propicia o aparecimento de doenças na vegetação.

Ainda, a fornecedora das leivas de grama, a empresa Greengrass, traz recomendações e disponibiliza em seu site (<http://www.greengrass.com.br/>), que nos dias iniciais é necessária uma rega diária de 1,5 litros/m², e, após o primeiro mês, este volume de água pode ser dividido a cada dois dias sem chuva.

Então, neste trabalho será utilizado o valor de demanda hídrica de 1,5 litros/m² a cada 48 horas, no final de tarde no verão e início da manhã no inverno, para atender as necessidades e não expor a grama ao risco de doenças e pragas. O mês fica, então, dividido em: 7,5 dias de chuva, 7,5 dias de irrigação e 15 dias de seca

Apresenta-se, então, os dados de demanda mensal de precipitação, na Tabela 4.

Tabela 4 - Demanda hídrica da área plantada

Área verde (m ²)	Demanda (l/m ²)	Demanda diária (l/m ²)	Demanda mensal (l/m ²)
2932,6	1,5	4398,90	32991,75

Fonte: Elaboração própria.

4.3 Dimensionamento dos reservatórios

O dimensionamento dos reservatórios foi feito de acordo com a NBR 15527 (2007), como já citado anteriormente. Para o valor de coeficiente superficial da área de coleta de água da chuva foi utilizado o valor de 0,88, referente ao concreto da laje maciça.

4.3.1 Método de Rippl Mensal

O método considera a precipitação média mensal, a demanda hídrica mensal da área verde mensal, a área de captação do sistema, o volume de chuva mensal e a diferença entre os volumes de demanda hídrica e de chuva. Na Tabela 5, apresenta-se os cálculos de dimensionamento pelo método de Rippl Mensal.

Tabela 5 - Dimensionamento dos reservatórios - Método de Rippl Mensal

Método de Rippl					
Meses	Chuva média mensal (m ³)	Demanda mensal (m ³) D(t)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³) Q(t)	S(t) (m ³)
Janeiro	0,2285	32,99	255,25	49,57	-16,58
Fevereiro	0,1240	32,99	255,25	26,91	6,08
Março	0,1214	32,99	255,25	26,35	6,64
Abril	0,1584	32,99	255,25	34,36	-1,37
Maio	0,1625	32,99	255,25	35,25	-2,26
Junho	0,0924	32,99	255,25	20,04	12,95
Julho	0,1425	32,99	255,25	30,91	2,08
Agosto	0,0959	32,99	255,25	20,81	12,18
Setembro	0,1364	32,99	255,25	29,59	3,40
Outubro	0,2587	32,99	255,25	56,12	-23,13
Novembro	0,1594	32,99	255,25	34,58	-1,59
Dezembro	0,2387	32,99	255,25	51,79	-18,80

Fonte: Elaboração própria.

Na tabela, como pode-se notar, alguns valores de S(t) apresentados na última coluna são de grandeza negativa, o que significa (de acordo com a Equação 1), que

o volume de chuva aproveitável no mês é superior à demanda hídrica necessária para a área verde.

A norma traz como regra que o volume do reservatório seja definido através da maior soma dos valores positivos acumulados em sequência no intervalo estudado, então, na análise da tabela acima, o volume do reservatório deve ser de 30,61m³, referente à soma da sequência dos meses de: Junho, Julho, Agosto e Setembro.

4.3.2 Método da simulação

A norma define que, para o dimensionamento segundo o método de simulação mensal, parta-se de um volume predefinido de reservatório para simular o comportamento do volume de água armazenado ao longo da série histórica estudada.

Considerando que no primeiro mês o reservatório encontra-se cheio, subtrai-se o volume de água utilizado e soma-se o volume de água captado de chuva, formando um balanço hídrico inicial. A partir do segundo mês, o volume inicial disponível é considerado a partir deste balanço inicial, e continua assim até o final da série em estudo, através da equação de continuidade apresentada no item 3.6.2 ($S(t) = Q(t) + S_{t-1} - D(t)$) Equação 4).

Na Tabela 6, apresenta-se os cálculos de dimensionamento dos reservatórios pelo Método da Simulação.

Tabela 6 - Dimensionamento dos reservatórios - Método da Simulação

Método da Simulação								
Meses	Chuva média mensal (m ³)	Demanda mensal D(t) - (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal Q(t) (m ³)	Volume de reserv. adotado (m ³)	S(t-1) (m ³)	S1 (t) (m ³)	S (t) que atendem à demanda
Janeiro	0,2285	32,99	255,25	49,57	5	0	21,58	-11,41
Fevereiro	0,1240	32,99	255,25	26,91	5	21,58	0,00	-32,99
Março	0,1214	32,99	255,25	26,35	5	0,00	0,00	-32,99
Abril	0,1584	32,99	255,25	34,36	5	0,00	6,37	-26,62

Maio	0,1625	32,99	255,25	35,25	5	6,37	7,26	-25,73
Junho	0,0924	32,99	255,25	20,04	5	7,26	0,00	-32,99
Julho	0,1425	32,99	255,25	30,91	5	0,00	2,92	-30,07
Agosto	0,0959	32,99	255,25	20,81	5	2,92	0,00	-32,99
Setembro	0,1364	32,99	255,25	29,59	5	0,00	1,60	-31,39
Outubro	0,2587	32,99	255,25	56,12	5	1,60	28,13	-4,86
Novembro	0,1594	32,99	255,25	34,58	5	28,13	6,59	-26,40
Dezembro	0,2387	32,99	255,25	51,79	5	6,59	23,80	-9,19

Fonte: Elaboração própria.

A análise da tabela 6 mostra que o reservatório predefinido não supre nenhum mês a necessidade de reserva de água imposta pelo método da simulação. Para fins de conclusão, foi utilizada a ferramenta Solver, do software Microsoft Office Excel®, para gerar um valor de volume de reservatório que suprisse em toda a série histórica o consumo de água pluvial, ou seja, para que não ocorra falha no abastecimento.

Foi utilizada uma restrição no Solver, onde os valores de $S(t)$ fossem maiores ou iguais a zero, variando o valor de reservatório predefinido. O software encontra soluções, neste tipo de caso, como se trabalhassem com método de estimativas, a fim de encontrar um balanço para equações de continuidade. Na Tabela 7 apresentam-se os dimensionamentos com estes valores.

Tabela 7 - Dimensionamento dos reservatórios - Método da Simulação - Aplicação da ferramenta Solver para obtenção de valores exatos de reservatório predefinido

Método da Simulação								
Meses	Chuva média mensal (m ³)	Demanda mensal D(t) - (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal Q(t) (m ³)	Volume de reserv. adotado (m ³)	S(t-1) (m ³)	S1 (t) (m ³)	S (t) que atendem à demanda
Janeiro	0,2285	32,99	255,25	49,57	16	0	32,99	0,00
Fevereiro	0,1240	32,99	255,25	26,91	39	32,99	32,99	0,00
Março	0,1214	32,99	255,25	26,35	40	32,99	32,99	0,00
Abril	0,1584	32,99	255,25	34,36	32	32,99	32,99	0,00
Maio	0,1625	32,99	255,25	35,25	31	32,99	32,99	0,00
Junho	0,0924	32,99	255,25	20,04	46	32,99	32,99	0,00
Julho	0,1425	32,99	255,25	30,91	35	32,99	32,99	0,00
Agosto	0,0959	32,99	255,25	20,81	45	32,99	32,99	0,00

Setembro	0,1364	32,99	255,25	29,59	36	32,99	32,99	0,00
Outubro	0,2587	32,99	255,25	56,12	10	32,99	32,99	0,00
Novembro	0,1594	32,99	255,25	34,58	31	32,99	32,99	0,00
Dezembro	0,2387	32,99	255,25	51,79	14	32,99	32,99	0,00

Fonte: Elaboração própria.

Mostra-se, então, que seria necessário um sistema com capacidade de armazenamento de 46m³ de água, podendo ser considerado inviável para o estudo em questão, por não possuir espaço para tal instalação.

4.3.3 Método de Azevedo Neto

No método de Azevedo Neto, o dimensionamento considera as médias dos totais anuais de precipitação na série histórica estudada, a área de captação, meses de pouca chuva e o coeficiente definido na equação 7, item 3.6.3. A norma não detalha os critérios para definição dos meses de pouca chuva. No presente trabalho foi escolhido o número de 01 (um) mês de pouca chuva, pois na série estudada não há uma discrepância grande entre o menor volume de chuva e a média mensal (163,1mm).

Na Tabela 8 apresentam-se os cálculos de dimensionamento dos reservatórios pelo Método de Azevedo Neto.

Tabela 8 - Dimensionamento dos reservatórios pelo Método de Azevedo Neto

Método de Azevedo Neto									
Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2019
Precipitação anual (mm)	1662,4	1311,1	1486,5	1903	2454,5	2008,2	2104,2	2206,1	1935,8
Média da precipitação: 2010 a 2019 (mm)								1918,67	
Área de captação (m ²)								255,25	
Número de meses de pouca chuva								1	
Volume do reservatório (m ³)								21	

Fonte: Elaboração própria.

No método de Azevedo Neto, chega-se ao valor de 21m³ de volume de reservatório necessário.

4.3.4 Método Prático Alemão

No Método Prático Alemão, o volume do reservatório é como sendo 6% do menor valor entre a demanda de água pluvial anual e o volume de chuva aproveitável durante um ano. Na Tabela 9 apresentam-se os cálculos de dimensionamento dos reservatórios pelo Método Prático Alemão.

Tabela 9 – Dimensionamento dos reservatórios pelo Método Prático Alemão

Método Prático Alemão		
	m ³	Volume do Reservatório (m ³)
-		
Demanda anual	395,88	5,15
Volume de chuva anual	1918,67	24,98

Fonte: Elaboração própria.

Então, dentro deste método é encontrado um reservatório com capacidade de armazenamento para 5,15m³.

4.3.5 Método Prático Inglês

Com o Método Prático Inglês, o reservatório é dimensionado através da multiplicação da média dos totais anuais pela área de captação e pelo coeficiente 0,05 (5%). A Tabela 10 apresenta os dados de dimensionamento dos reservatórios através do Método Prático Inglês.

Tabela 10 - Dimensionamento dos reservatórios pelo Método Prático Inglês

Método Prático Inglês	
Precipitação Média anual (mm)	1918,67
Área de captação (m ²)	255,25
Volume do Reservatório (m ³)	24,49

Fonte: Elaboração própria.

Este método apresenta a necessidade de um reservatório com capacidade de armazenamento de 24,49m³ de água da chuva.

4.4 Análise dos resultados

Na análise comparativa entre os dados obtidos no dimensionamento dos reservatórios, definidos pela NBR 15527 – *Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis* (ABNT, 2007), observa-se que os resultados apresentam uma grande discrepância. A norma traz, de forma ambígua, que o dimensionamento deve ser feito através de um dos métodos, não esclarecendo qual o melhor para cada caso específico. Para este projeto, será considerado como apropriado o método que mais se aproxima da ideia inicial de projeto, limitada por uma arquitetura já pronta.

A Tabela 11 apresenta um resumo com a relação de todos os resultados obtidos pelos métodos da NBR regulamentadora.

Tabela 11 - Resumo dos resultados de reservatórios obtidos pelos métodos da NBR 15527

Análise dos resultados	
Método	Volume do reservatório (m³)
Método de Rippl	30,61
Método da Simulação	46,00
Método de Azevedo Neto	21,00
Método Prático Inglês	24,49
Método Prático Alemão	5,15

Fonte: Elaboração própria.

Na análise da Tabela 11 e pelas limitantes de espaço físico disponíveis para execução do projeto, o volume definido de reservatório obedecerá ao dimensionamento do reservatório pelo Método Prático Alemão. Para adoção de outro método de dimensionamento, com volume de armazenamento de água da chuva superior, seria necessário fazer uma adequação do espaço físico do local.

4.5 Proposta de projeto

Com as limitações arquitetônicas, o anteprojeto define um sistema subterrâneo, onde os tanques de armazenamento serão alocados numa posição próxima à captação de água e próxima à drenagem pluvial do condomínio, para montagem do sistema extravasor. A posição também é estratégica para ficar acima do nível e na menor distância possível das bombas de ativação do sistema.

Como apresentado anteriormente, no item 3.2, Figura 13, nas posições da casa de bombas e da edificação, tem-se uma altura máxima de reservatório a ser respeitada para que o abastecimento das bombas aconteça por gravidade.

Os reservatórios terão ligação inferior entre si, através de um barrilete, e contarão com sistema de extravasor, para que não aconteça o derramamento por excesso de água. O tubo de queda da captação pluvial da edificação será utilizado como abastecimento, sem necessidade de alterações do que já está executado, apenas alongamento da tubulação até a entrada dos tanques.

De forma subterrânea, a tubulação irá sair do reservatório e chegar até a casa de máquinas, onde será acoplada ao sistema de abastecimento pela água da concessionária de distribuição, que não será desativado inicialmente, pela possibilidade de haver meses com pouca chuva e desestabilizar o novo sistema de abastecimento. Para isto, serão instalados registros de esfera nas tubulações de chegada dos dois abastecimentos para que possam ser ativados ou desativados manualmente pós inspeções nos tanques de armazenamento do sistema.

O sistema de irrigação é programável para atuar automaticamente conforme horário e demanda que o usuário deseja. Acoplado ao painel de ativação há um sensor de precipitação, que automaticamente desativa a irrigação quando houver chuva.

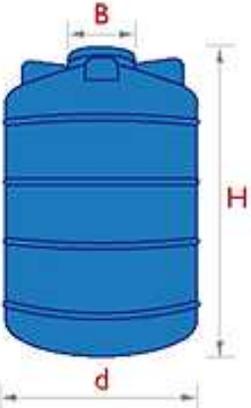
Visto que é apenas um sensor de identificação de precipitação e não de quantidade de água, sugere-se que seja adicionado um sensor de medição da umidade do solo, aprimorando ainda mais a atuação do sistema.

4.6 Definição dos reservatórios

Tendo em vista os dados apresentados na Tabela 11, define-se que o sistema de armazenamento de água da chuva terá um volume total de 5,15m³, atendendo ao Método Prático Alemão. Será adotado um reservatório de 5m³ (5.000 litros), volume disponível no mercado.

A Figura 15 apresenta as dimensões dos tanques subterrâneos e respectivas capacidades.

Figura 15 - Tanques de armazenamento de água



Dimensões / Dimensions / Dimensiones

Capacidade (L)		TANQUES				
Capacity		500	1.000	2.500	5.000	10.000
Capacidad						
Diâmetro (mm)	D	-	-	-	-	-
	d	1110	1.400	1.800	1.723	2.210
	B	530	530	630	630	630
Altura (mm)	H	780	950	1.250	2.570	2.970
	h	-	-	-	-	-
Peso (Kg)	Tampa / Lid / tapa	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0
	Caixa / Water tank / tanque	12	18,5	46,5	90	190
	TOTAL	13,5	20	48,0	92	192
Peso total com tampa até o volume efetivo. All up weight with cover until the effective volume. Peso total con la tapa hasta el volumen eficaz.		514	1.044	2.547	4.950	9.950

Fonte: adaptado de <https://www.telhaforte.com.br/Caixa-Dagua-Tanque-com-Tampa-Permate>

Visando atender as limitações de espaço físico, serão instalados dois tanques de água, enterrados, com capacidades unitárias de 2.500 litros, escolhidos, principalmente por atenderem à altura disponível para que a bomba seja abastecida por gravidade.

Estes serão alocados ao lado da edificação da praça e irão armazenar a água proveniente da captação pluvial. Terão ligação entre si e o sistema contará com um extravasor (ligado diretamente na rede pluvial do condomínio), para caso de

extrapolação da capacidade, em grandes chuvas, não ocorra rompimento do sistema vazando água para a superfície.

4.7 Quantitativo de materiais

De acordo com o dimensionamento, o quantitativo de materiais é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Quantitativo de materiais de projeto

Quantitativo de materiais			
Material	Und	Quantidade	
Areia	m ³	3	
Tanque de armazenamento - 2500l	und	2	
Tubo PVC Branco 150mm	m	7	
Joelho 90° PVC Branco 150mm	und	1	
Flange 150mm	Und	1	
Flange 50mm	Und	2	
Tubo PVC Tigre 50mm	m	17	
Joelho 45° 50mm	Und	1	

Fonte: Elaboração Própria

Os tanques de armazenamento da água da chuva serão assentados sobre um berço de areia, com a finalidade de regularização da superfície. Para a escavação e retirada do material de bota-fora serão necessários uma retroescavadeira hidráulica e um caminhão basculante, com capacidade de carga de 10m³. O quantitativo de horas/cargas do maquinário citado está apresentado na Tabela 13, juntamente com os custos de implantação do sistema.

Tabela 13 - Apresentação dos custos de implantação do sistema

Apresentação de custos de implantação do sistema			
Material	Qtd	Vlr Unit (R\$)	Vlr Total (R\$)
Martelete	5 h	300,00	1500,00

Retroescavadeira	10 h	121,00	1210,00
Caminhão basculante	2 Cargas	100,00	200,00
Areia	3 m ³	50,00	150,00
Tanque de armazenamento - 2500l	2 und	1711,99	3423,98
Tubo PVC Branco 150mm	7 m	39,90	279,30
Joelho 90° PVC Branco 150mm	1 und	44,00	44,00
Buchas de redução 150-50mm	1 und	15,40	15,40
Flange 50mm	5 und	33,00	165,00
Tubo PVC Tigre 50mm	17 m	17,00	289,00
Joelho 45° 50mm	1 und	7,50	7,50
Encanador + ajudante	3 Diárias	250,00	750,00
TOTAL			R\$ 8.034,18

Fonte: Elaboração Própria.

Para apresentação do tempo de retorno de investimento e início da economia mensal com a implantação do sistema em estudo, será feita uma estimativa de custo, de acordo com a demanda de água necessária e o custo mensal do m³ de água cobrado pela concessionária que atende o condomínio.

4.8 Custos de implantação e estimativa de retorno

Os valores tarifários para a região e demanda do condomínio são expostos na Tabela 1, de onde será utilizado o valor mais alto de tarifa do ano de 2020, por ser o caso crítico, no valor de R\$11,99. A Tabela 14 apresenta a relação deste preço com a demanda dimensionada através da NBR 15527 (2007) para fins de irrigação da praça estudada, mostrando em quanto tempo se dará o retorno do investimento.

Tabela 14 - Estimativa do tempo de retorno do investimento

Estimativa de tempo de retorno	
Demanda mensal (m ³)	32,99
Preço do m ³ de água	R\$11,99
Custo de implantação do sistema	R\$8.034,18
Tempo de retorno (meses)	20

Fonte: Elaboração Própria.

5 CONCLUSÕES

Com base nos objetivos traçados no início do presente estudo, foi possível formular um dimensionamento do sistema esperado e obter resultados esclarecedores. Foi possível a determinação de demanda hídrica para sustentar a irrigação eletrônica da área desejada, estimativa de economia de água potável vinda da concessionária, dimensionamento do sistema e custo-benefício da sua implantação.

O estudo foi realizado através da definição da demanda hídrica da área de grama plantada que é abastecida pelo sistema de irrigação eletrônica, localizada em uma praça de lazer de condomínio multifamiliar, levantamento e análise de dados pluviométricos de uma estação situada na cidade de Alegrete/RS, em uma série histórica de 10 anos, buscando a maior confiabilidade possível, aplicando os critérios de dimensionamento dos reservatórios definidos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) para definição da estrutura do sistema e, assim, cruzar com os dados de consumo de água disponibilizada pela concessionária de abastecimento de água.

A demanda hídrica encontrada através de análises da necessidade hídrica da grama *Zoysia* (*Zoysia japônica* Steud) foi de 32,9 m³/mês, com o valor de R\$11,99/m³ cobrado pela concessionária, resulta em uma economia mensal de R\$395,57. Além do custo, também é importante salientar a economia de água potável utilizada para fins não-potáveis.

Devido ao pouco espaço disponível para locação do sistema de armazenamento, e a premissa de que não poderiam ser construídas obras de arte e/ou casa de máquinas no local, a fim de não haver alterações na arquitetura da praça, o único método de dimensionamento que se qualificou para este tipo de projeto foi o método Prático Alemão.

O método Prático Alemão é um dos métodos mais empíricos apresentados pela NBR 15527 (ABNT, 2007), sendo que o volume do reservatório de água da chuva equivale a 6% do menor valor entre a demanda de água pluvial anual e o volume de água da chuva aproveitável em um ano. O coeficiente 0,06, da Equação 8, é utilizado apenas como garantia que a água pluvial não fique retida mais de 22 dias no reservatório (ANQIP, 2009).

Então, com o método Prático Alemão, o reservatório é dimensionado para trabalhar sempre no limite, com armazenamento de 5m^3 , valor muito próximo à demanda necessária ($4,39\text{m}^3/\text{irrigação}$), distribuídas à cada 48 horas. Para o total funcionamento do sistema neste método, é necessária uma distribuição pluviométrica de 1 dia de chuva para cada 4 de sol, fato que não ocorre, como mostra a Tabela 3, onde pode-se notar que os volumes de chuva são muitas vezes concentrados em dias e épocas dispersas.

Desta forma, no modelo adotado neste trabalho, o sistema de abastecimento pode ser executado, mas como complemento do sistema de abastecimento atual, não podendo ser a única fonte de abastecimento à rede de irrigação eletrônica dos jardins.

De acordo com os dados da série histórica apresentada, o método mais adequado para suprir totalmente as necessidades do sistema de irrigação seria o método da Simulação Mensal, com resultados apresentados na Tabela 7, que apresenta o caso mais crítico, com necessidade de um sistema de reservatórios de 46m^3 de água da chuva.

Quanto à obtenção do selo LEED para um projeto deste tipo, vale salientar que o selo é atribuído por pontuações específicas, definidas pelo Conselho de Obras Verdes do Brasil. Então, como o trabalho apresentou o cumprimento de um dos pré-requisitos do selo LEED v.4, há a garantia apenas de uma pontuação, que nesta versão é niveladora, podendo a obra atender a outros pré-requisitos e aí sim obter o selo LEED v.4 versão gold.

Desta forma, como sugestão para futuros trabalhos e/ou projetos de utilização de água da chuva no condomínio em questão, define-se que seja estudada uma maneira de construção de um sistema de elevação de água, com reservatórios de maior capacidade, mantendo a arquitetura da praça.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE DE INSTALAÇÕES PREDIAIS (ANQIP). (2009) *ETA 0710: sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)*. Coimbra: Associação Nacional para a Qualidade de Instalações Prediais. v. 4. 24 p.
- AULICINO P. *Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído: O Caso dos Conjuntos Habitacionais*. Tese de mestrado. São Paulo 2008.
- BRASIL, 1981 – Política Nacional do Meio Ambiente – Lei nº 6938, 31 de Agosto de 1981. Disponível em: < <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em mai. 2020
- BRASIL, 1988 – Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: jul. 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Brasileira**. 2019? Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira.html>>. Acesso em: jul. 2020.
- BRUNTLAND, G.H. *Our common future: The World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press. 1987. 398p.
- CARVALHO, A.C et al, 2014 – *Sustentabilidade das Organizações Modernas a Partir do Desenvolvimento de Competências Duráveis – XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - 2014*
- ELKINGTON, J. *Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development*. California Management Review. California. v. 36, no. 2, p. 90-100, 1994
- FERREIRA, Antônio Domingos Dias. *Habitação autossuficiente interligação e integração de sistemas alternativos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.
- FUJIHARA, C – “*Construção Sustentável e Certificação LEED no Brasil*”, 2012. Disponível em: <http://iab-sc.org.br/concursofatmafapesc/wp-content/uploads/2012/08/16.00h-Maria_Carolina_Fujihara.pdf>. Acesso em: jun.2020

GBC - GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2018 – Leadership in Energy and Environmental Design – LEED v.2009. Disponível em: < <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/> >. Acesso em: jun. 2020.

GBC - GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2018 – O Desenvolvimento das Construções Sustentáveis no Sul do Brasil. Disponível em: <<http://blog.gbcbrazil.org.br/?p=3020>>. Acesso em: jun. 2020.

IBOPE, 2007 – Sustentabilidade: Hoje ou Amanhã? Disponível em: < <https://www.wwf.org.br/?uNewsID=11100>>. Acesso em: Ago. 2020

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis. ANTAC/UFRGS, Canela-RS, 2001.

KRONKA MÜLFARTH, R. C. Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental. Tese de Doutorado, São Paulo, FAU-USP, 2003.

LOGÍSTICA RESERVA, 2015. O Tripé da Sustentabilidade. Disponível em: < <https://logisticareversa.org/triple-bottom-line-ou-tripe-da-sustentabilidade/>>

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais do Brasil: arbórea, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa: Instituto Plantar de Estudos da Flora. 1999.

M.JOHN, 2016, “O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil”, 3ªed. São Paulo, Edgard Bluncher Ltda.

MOTA, S. Urbanização e meio ambiente. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 352p

MOTTA, S. R. F., AGUILAR, M. T. P., 2009, “Sustentabilidade e processos de projetos de edificações”, 4ªed., Gestão e Tecnologia de Projetos.

NASCIMENTO, I.P. **A certificação ambiental como instrumento para a competitividade econômica e o desenvolvimento sustentável**. XXI Encontro Nacional do Conselho de Pesquisa e Pós-graduação em Direito – CONPEDI, 2012

PARTICELLI, T. Aspectos práticos da certificação LEED: exemplo de aplicação em unidade multifamiliar – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

PASCHOALIN, F. et al, 2012 – Destinação Irregular de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e seus Impactos na Saúde Coletiva – Revista de Gestão Social e Ambiental . 2012, Vol. 6 Issue 1, p127-142. 16p

PICCOLI, Rossana; KERN, Andrea Parisi; GONZÁLEZ, Marco Aurélio; HIROTA, Ercília Hitomi. A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 69-79, jul./set. 2010.

RAIN BIRD. Padrão em Irrigação. Disponível em: <<https://www.rbirrigacao.com.br>>. Acesso em: Jan. 2020.

SÃO PAULO, 2005 – Convenção Coletiva de Trabalho da Construção Civil – 2005. Disponível em: < <http://www.sintracomos.org.br/docs/2005/cc2005.pdf>>. Acesso em: jun.2020

SUNERGIA. **Vantagens e Desvantagens da Certificação LEED**. 2017. Disponível em: <<https://sunergia.com.br/blog/selo-sustentavel-certificacao-leed/>>. Acesso em: jul. 2020.

Tapparo, S. A. (2008). *Irrigação de precisão em diferentes variedades de gramíneas sob condição simulada de pastejo rotacionado em pivô central* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

U.S GREEN BUILDING COUNCIL, 2015 - Foundations of LEED. Disponível em: <https://www.usgbc.org/sites/default/files/Foundations-of-LEED_0.pdf>.

VIEGAS, J. C., & SALLES, M. T. A sustentabilidade em projetos do produto: uma abordagem ambiental. Inovarse. 2012.