UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE RESERVATÓRIOS E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

GABRIELA SIMÕES DE OLIVEIRA

GOIÂNIA

2016

Gabriela Simões de Oliveira

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE RESERVATÓRIOS E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Me. Ricardo Prado Abreu Reis

Goiânia

2016

GABRIELA SIMOES DE OLIVEIRA

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE RESERVATÓRIOS E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA UM EDIFICIO RESIDENCIAL

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 08 / 12 / 2016 .

Banca Examinadora:

Ricardo Prado Abreu Reis

Prof. Me. Ricardo Prado Abreu Reis – Universidade Federal de Goiás (Orientador)

Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza – Universidade Federal de Goiás

Prof. Me. Marcelus Isaac Lemos Gomes – Centro de Gestão de Espaço Físico

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Ricardo Prado Abreu Reis

Prof. Me. Ricardo Prado Abreu Reis (orientador)

Em: 15 / 12 / 2016

RESUMO

Os sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial, em edifícios residenciais, têm como objetivo possibilitar o uso de fontes alternativas em atividades que não necessitem de água potável, para seu uso fim. Essa alternativa de diminuição do consumo de água potável para uma edificação multifamiliar, auxilia na redução de enchentes e alagamentos nas cidades, preserva o meio ambiente e reduz o consumo de água potável.

Entretanto, para a utilização desse meio alternativo exige-se um estudo prévio de viabilidade técnica e econômica para a implantação do sistema, a fim de adotar o volume ótimo de reservação. Com os estudos de viabilidade desenvolvidos neste trabalho, pode-se perceber que quanto maior o volume de reservação avaliado, maior o custo inicial de implantação do sistema e consequentemente menor a viabilidade técnica e econômica de implantação do mesmo.

Primeiramente para o dimensionamento do reservatório para todo o período de estiagem, utilizou-se o Método de Rippl, um dos mais utilizados pelos projetistas nos últimos anos. Após o dimensionamento do volume do reservatório, foi escolhido sete cenários de reservação, com o objetivo de avaliar o volume ótimo de reservação. Cada cenário foi orçado e avaliado economicamente por meio de *payback* atualizado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

Com as avaliações econômicas desenvolvidas pode-se obter que, para o edifício analisado, volumes de reservação superiores a 50% da demanda mensal para bacias sanitárias, não apresentam viabilidade técnica e econômica para os métodos de análise.

Palavras-chave: aproveitamento de água de chuva, sistemas de tratamento e viabilidade técnica e econômica.

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos não potáveis 25

Tabela 2.2 - Frequência de manutenção 25

Tabela 2.3 - Tabela de estimativa de consumo predial médio diário 27

Tabela 2.4 – Coeficiente de escoamento para diferentes materiais da superfície de captação 28

Tabela 3.1 - Área de coleta de água pluvial 35

Tabela 3.2 - Estimativa de demanda não potável para 2013 35

Tabela 3.3 - Estimativa de demanda não potável para 2014 35

Tabela 3.4 - Estimativa de demanda não potável para 2015 36

Tabela 3.5 – Demanda mensal versus dias de reservação 37

Tabela 3.6 – Porcentagem em relação ao volume de reserva total para todo o período de estiagem 37

Tabela 4.1 – VPL para cenário de volume de reservação de 10% 41

Tabela 4.2 – TIR para cenário de volume de reservação de 10% 42

Tabela 4.3 – VPL para cenário de volume de reservação de 25% 44

Tabela 4.4 – TIR para cenário de volume de reservação de 25% 44

Tabela 4.5 – VPL para cenário de volume de reservação de 50% 46

Tabela 4.6 – TIR para cenário de volume de reservação de 50% 46

Tabela 4.7 – VPL para cenário de volume de reservação de 100% 48

Tabela 4.8 – TIR para cenário de volume de reservação de 100% 48

Tabela 4.9 – VPL para cenário de volume de reservação de 314,1% 50

Tabela 4.10 – TIR para cenário de volume de reservação de 314,1% 50

Tabela 4.11 – VPL para cenário de volume de reservação de 628,2% 52

Tabela 4.12 – TIR para cenário de volume de reservação de 628,2% 52

Tabela 4.13 – VPL para cenário de volume de reservação de 874,5% 54

Tabela 4.14 – TIR para cenário de volume de reservação de 874,5% 54

Lista de Figuras

Figura 3.1 - Chuvas acumulada mensal x chuva (normal climatológica 61-90) 34

Figura 3.2 – Fluxograma da metodologia.....40

Figura 4.1 - VPL para cenário de volume de reservação de 10% 42

Figura 4.2 - TIR para cenário de volume de reservação de 10%.....43

Figura 4.3 - VPL para cenário de volume de reservação de 25% 44

Figura 4.4 - TIR para cenário de volume de reservação de 25%.....45

Figura 4.5 - VPL para cenário de volume de reservação de 50% 46

Figura 4.6 - TIR para cenário de volume de reservação de 50%.....47

Figura 4.7 - VPL para cenário de volume de reservação de 100% 48

Figura 4.8 - TIR para cenário de volume de reservação de 100%.....49

Figura 4.9 - VPL para cenário de volume de reservação de 314,1% 50

Figura 4.10 - TIR para cenário de volume de reservação de 314,1%.....51

Figura 4.11 - VPL para cenário de volume de reservação de 628,2% 52

Figura 4.12 - TIR para cenário de volume de reservação de 628,2%.....53

Figura 4.13 - VPL para cenário de volume de reservação de 874,5% 54

Figura 4.14 - TIR para cenário de volume de reservação de 874,5%.....55

Sumário

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO **19**

1.1. JUSTIFICATIVA **20**

1.2. OBJETIVOS **20**

CAPITULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **21**

2.1. PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA – PCA **21**

2.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL **23**

2.3. ESTIMATIVA DE OFERTA E DEMANDA DE CONSUMO DE ÁGUA PLUVIAL **25**

2.4. RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL **28**

2.5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA **30**

CAPITULO 3 - METODOLOGIA **33**

3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO **33**

3.1.1. Série histórica de precipitação em Goiânia **33**

3.1.2. Dados de projeto **34**

3.2. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO **36**

3.3. DEMANDA DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA **37**

3.4. ANÁLISE ECONÔMICA **38**

3.5. DISCUSSÃO GERAL **39**

3.6. FLUXOGRAMA **39**

CAPITULO 4 - RESULDADOS **41**

4.1. CENÁRIO PARA 3 DIAS DE RESERVA **41**

4.2. CENÁRIO PARA 7,5 DIAS DE RESERVA **43**

4.3. CENÁRIO PARA 15 DIAS DE RESERVA **45**

4.4. CENÁRIO PARA 30 DIAS DE RESERVA **47**

4.5. CENÁRIO PARA 94,2 DIAS DE RESERVA **49**

4.6. CENÁRIO PARA 188,5 DIAS DE RESERVA **51**

4.7. CENÁRIO PARA 262,3 DIAS DE RESERVA **53**

CAPITULO 5 - CONCLUSÕES 57

CAPITULO 6 - REFERÊNCIAS 59

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a disponibilidade de água potável para a população tem diminuído gradativamente, a cada ano tem-se um período maior de recessão e necessidade de economia de água. Segundo o relatório da WWDR 2016 (UNESCO, 2016), um dos motivos para essa crise hídrica é o aumento da população concentrada nos grandes centros urbanos, que aumenta a demanda por água potável e como a oferta da mesma se mantém a nível, aproximadamente, constante, a quantidade de água disponível para cada habitante é reduzida.

Essa escassez muitas vezes pode ser evitada, em parte, com medidas simples, como o incentivo ao uso racional, à conservação dos mananciais de abastecimento e a manutenção da recarga de lençóis artesianos por meio de sistemas compensatórios de drenagem e menor impermeabilização das superfícies urbanas.

Segundo Marcus (2004), Rocha (2009), entre outros, em se tratando de edifícios urbanos, os sistemas de suprimento de água por meio de fontes alternativas, visando reduzir os impactos quanto ao consumo inadequado de água potável e, também, contribuir para a conservação deste insumo, têm sido pesquisados com a finalidade de aprimoramento das técnicas de concepção e operação, ao longo das últimas décadas.

Essa medida, desde que concebida adequadamente, também auxilia na redução de enchentes e alagamentos nas cidades, reduz o consumo de água potável e preserva o meio ambiente, de forma sustentável.

Essa fonte alternativa de água pode ser utilizada em locais em que não seja requerida água com padrões de potabilidade, mas com a qualidade exigida pela NBR 15227 (ABNT, 2007). Segundo essa mesma norma, a água obtida por meio de reserva pluvial proveniente do escoamento de chuvas nas coberturas, pode ser utilizada em bacias sanitárias, mictórios, torneiras de jardim e lavagem de veículos.

Entretanto, para a utilização desse meio alternativo de suprimento de água deve-se fazer um estudo de viabilidade técnica e econômica para o projeto. A fim de adotar o melhor sistema de reservação e tratamento de sistemas de aproveitamento água de chuva para cada tipo de habitação, dependendo do uso da mesma, com base na demanda, na oferta de água disponível no local e na área de capitação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos a sociedade tem enfrentado uma grande escassez de água potável, com reservatórios alcançando níveis críticos e isso tem sido reflexo da má gestão de uso e da falta de conservação dos mananciais de abastecimento, além da degradação ambiental dos pontos de recarga de águas subterrâneas.

Para minimizar esse problema alguns estudiosos, como Campos (2004) e Rocha (2009), sugerem o uso de fontes alternativas de água para fins menos nobres, que não necessitam essencialmente de água potável. Sendo uma dessas alternativas é a adoção de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Entretanto, o armazenamento de água pluvial, quando se considera a demanda de água de um edifício, pode se tornar um problema, principalmente em regiões onde o período de estiagem é muito grande, como o Centro-Oeste do Brasil.

Reservatórios muito grandes necessitam de sistemas de tratamento e recirculação para que mantenha a qualidade do grande volume de água armazenada, isto gera um elevado custo operacional. Por outro lado, reservatórios pequenos não conseguem suprir a demanda total de água de chuva das edificações durante os períodos longos de estiagem.

Assim, estudos que apontem qual o melhor caminho para se atingir um equilíbrio entre viabilidade técnica e econômica são importantes para uma melhor concepção dos sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações urbanas.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo estudar e avaliar a viabilidade técnica e econômica da adoção de diferentes volumes de reservatório de armazenamento de água de chuva e sistemas de tratamento, considerando as demandas de um edifício residencial multifamiliar.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo será descrito o embasamento teórico para a realização dos estudos descritos na metodologia.

2.1 PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA - PCA

O Programa de Conservação de Água (PCA) consiste em ações relacionadas à oferta e à demanda de água, necessária nas mais diversas atividades dentro de uma edificação, independentemente de sua atividade fim, sempre buscando a implantação de fontes alternativas para poder reduzir o volume de água potável retirado das fontes convencionais (FIESP, 2005).

Segundo Rezende *et al*. (2008), o PCA busca diferenciar a qualidade da água para determinados fins, ou seja, para fins menos nobres pode-se empregar águas com menor qualidade, geralmente derivadas de sistemas alternativos, especialmente em sistemas prediais. Sendo que o principal objetivo desse programa é reduzir o consumo de água potável, afim de identificar um percentual de redução na oferta, com base nos dados coletados.

No entanto, o uso de fontes alternativas não é a única forma de diminuir a demanda de água potável, existem outros programas para o mesmo fim, que fazem parte do Programa de Gestão de Água (PGA), REIS (2016).

Qualquer ação do PGA que envolva a redução na quantidade de consumo e desperdício de água em conjunto com o aumento da eficiência de seu uso, sobretudo preservando esse recurso finito, torna-se necessária, pois a sociedade atual vive uma grande crise hídrica.

Segundo Campos (2004), durante a implantação de um sistema de gestão de água em um edifício, várias ações podem ser implantadas, dentre elas a utilização de aparelhos economizadores, combate a vazamentos com manutenção periódica, medição individualizada que auxilia na sensibilidade do usuário para que num eventual aumento de consumo mesmo possa ser investigado imediatamente e no uso de fontes alternativas, que pode ser água pluvial ou água reciclada.

A metodologia de Uso Racional de Água (URA), que é umas das vertentes do PGA, consiste exatamente em conhecer as demandas de água dentro da edificação, diagnosticar os problemas de desperdício, elaborar um plano de intervenção de diminuição da demanda de água e o monitoramento dessa intervenção, para verificar se a mesma foi eficiente e eficaz (FIESP,2005).

Para a elaboração de um plano de intervenção no consumo de água é necessário a avaliação da edificação, de forma a garantir o melhor plano de racionalização. Cada edificação pode se adequar melhor a um sistema devido a vários fatores, dentre eles a disponibilidade de água pluvial, a possibilidade da implantação do sistema.

Segundo Resende *et al*. (2008), o processo de implantação de um PCA inicia-se por um diagnóstico da edificação existente ou pelas estimativas das características de uma edificação nova. Assim, o PCA deve ser implantado em etapas, inicia-se no projeto de sistemas prediais que contemplariam o uso de fontes alternativas, podendo ser implementado durante a concepção de um edifício novo ou um *retrofit*. Quando essa implantação é realizada antes da construção pode-se tornar mais facilmente viável ou até mesmo realizável, podendo entrar no estudo qualquer uma das fontes alternativas de água.

O próximo passo é a avaliação das possibilidades de oferta de água, tais como a avaliação de adequação de coberturas para a captação de água de chuva para aproveitamento ou a adequação dos sistemas de esgoto para a implantação de um sistema de reuso. Comparando-se os dados de oferta e demanda adquire-se uma curva padrão de consumo, que seja viável em relação a oferta. Portanto, obter as atuações na demanda, focando a relação oferta/ demanda de água, vinculadas ao consumo necessário, período de retorno e a expectativa de economia, dentro da fase de estudo de viabilidade técnica e econômica.

O último passo é a sua implantação, garantindo que seja possível o monitoramento do sistema de conservação de água. Esse monitoramento se faz necessário para poder avaliar os impactos causados pelo PCA, comparando o consumo antes e depois de sua implantação.

A implantação do PGA em uma edificação nova, deve ser implantado em etapas, a primeira dela é a análise da demanda e a identificação dos indicadores de consumo de água, que podem ser obtidos pela setorização do consumo ou meio do levantamento do histórico e estimativas de consumo de água para uma edificação específica.

Na realização do projeto deve-se prever o uso de novos instrumentos tecnológicos que garantam o monitoramento e gestão do sistema durante toda a sua vida útil. Esse monitoramento deve ser realizado com setorização da edificação, afim de garantir a rápida manutenção do sistema e a sua eficiência.

Quando a implantação é realizada em uma edificação existente, deve-se setorizar a edificação em estudo, afim de monitorar o consumo, ponto a ponto. Cada setor é monitorado com medidores, hidrômetros individuais, que possibilita o levantamento de perfil dos usuários. Com esses dados podemos estabelecer quais as ações que iremos adotar, para implantar o PGA.

O principal objetivo da implantação do PCA é a política de conservação de água, mas a implantação desse sistema não fica apenas na obtenção de novas fontes de suprimento, na contenção de consumo, na instalação de novos aparelhos e no monitoramento setorizado, ele deve envolver todos os usuários conscientizando-os da importância e do objetivo dessa implantação, visando uma otimização do uso da água e seu consumo sustentável.

2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O aproveitamento de água pluvial como fonte alternativa de água para uma edificação residencial, comercial, industrial ou agrícola tem se tornado cada vez mais comum, devido a necessidade de redução do consumo de água potável e preservação dos recursos hídricos.

Segundo Campos (2004), o aproveitamento de água pluvial surge como uma medida que tenta resolver dois graves problemas, que são a escassez de água e a drenagem urbana. O primeiro preocupa a população e ela só tende a aumentar com o passar dos anos e o segundo gera um aumento dos custos conforme a população e as cidades aumentam e a mesma necessita de mais infraestrutura.

No entanto, o uso de fontes alternativas não deve ser aplicado indisciplinadamente, ou seja, tem-se a necessidade de tratamento e monitoramento da qualidade para preservar a saúde humana e o meio ambiente, pois a mesma deixa de ser de responsabilidade da concessionária. Além de ter que garantir o pleno funcionamento do sistema hidrossanitário.

Segundo Campos (2012), um sistema de aproveitamento de água pluvial é composto por subsistemas: coleta e transporte, reservação e tratamento e distribuição.

O subsistema de coleta e transporte engloba a área de captação (a norma recomenda ser apenas a área de cobertura da edificação) e o conjunto de tubulações e acessórios destinados a levar a água para os outros subsistemas e pontos de utilização. O transporte da reservação até o ponto de utilização deve ser realizado com cuidado para não ter interação entre a tubulação de água potável e pluvial.

A água precipitada é praticamente limpa e sem impurezas em sua origem, no entanto ao entrar em contato com a superfície de cobertura da edificação a mesma pode sofrer contaminação, por esse motivo a NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda o descarte de 2 mm da precipitação inicial, água de lavagem do telhado. Em algumas regiões essa contaminação se inicia durante a precipitação, na atmosfera poluída.

O subsistema de tratamento consiste na remoção de poluentes, primeiramente com o descarte acima descrito, depois o gradeamento antes do reservatório para reter as partículas sólidas e a previsão de um sistema de tratamento e desinfecção da água conforme os usos finais que a mesma será destinada.

O subsistema de reservação deve ser exclusivo, impedindo a conexão cruzada, retrossinfinagem e o trubilhonamento da água. O mesmo deve ser projetado conforme a demanda e protegido da incidência de luz solar e do calor, com separação atmosférica e devidamente coberto e vedado para evitar a entrada de animais.

Segundo Gusmão *et al*. (2009), para o bom funcionamento e desempenho do sistema alguns requisitos básicos devem ser atendidos, dentre eles:

I. Fornecer água com qualidade adequada para a atividade fim, preservar a saúde dos usuários e a integridade dos equipamentos hidráulicos;
II. Ter fácil operação, permitir monitoramento e manutenção constantes;
III. Não se deve permitir o acúmulo de água em calhas, telhados e similares, evitando assim a proliferação de vetores de doenças;
IV. Deve-se garantir que nenhum odor proveniente do sistema retorne, que não tenha gotejamento na edificação ou mesmo um teor de umidade proveniente do sistema;
V. O sistema deve ser identificado e separado a fim de evitar usos inadequados;
VI. Sempre que possível, adotar sistemas de automação para controlar o sistema e evitar perdas e desperdícios.

Apesar da maioria das pesquisas citarem como recomendação a reservação para todo o período de estiagem, regiões com grandes períodos de seca podem inviabilizar técnica e economicamente o sistema de aproveitamento de água de chuva. Sabe-se que o armazenamento por um longo período de água pode promover a degradação rápida da sua qualidade, gerando uma série de inconvenientes, que vão desde a mancha das louças sanitárias e mau cheiro, até riscos de proliferação de doenças devido ao desenvolvimento de microrganismos na água de aproveitamento retida por longos períodos, Reis (2016).

Para evitar esses inconvenientes a NBR 15557 (ABNT 2007), define alguns padrões de qualidade de água de chuva para usos mais restritivos, listados na Tabela 2.1 e a frequência com que se deve realizar a manutenção do sistema, presente na Tabela 2.2.

Tabela 2.1: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre [1]	Mensal	0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT [2], para usos menos restritivos < 5,0 uT

Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes de sua utilização)	Mensal	< 15 uH [3]
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
[1] No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção. [2] uT é a unidade de turbidez. [3] uH é a unidade de Hazen.		

Fonte: ABNT NBR 15527/out. 2007

Tabela 2.2: Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivo de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT NBR 15527/out. 2007

2.3 ESTIMATIVA DE OFERTA E DEMANDA DE CONSUMO DE ÁGUA PLUVIAL

O regime pluviométrico na região em estudo, a área de captação, o coeficiente de aproveitamento do sistema e a demanda da edificação são os principais parâmetros para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

A precipitação pluviométrica deve ser estudada com base em uma série histórica de dados de chuva, assim teremos o potencial de aproveitamento do sistema de água pluvial. E a demanda da edificação deve ser calculada com base no consumo da edificação ou do aparelho sanitário vezes a população.

Pela NBR 15 527 (ABNT, 2007), o volume de água de chuva aproveitável no sistema pode ser calculado pela Equação 2.1.

$$V = P * A * C * \eta \qquad (2.1)$$

Sendo:

V: Volume anual, mensal ou diário de chuva (m³);

P: Precipitação média anual, mensal ou diária (mm/h);

A: Área de contribuição ou coleta (m²);

C: Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (adimensional);

η: eficiência do sistema de capacitação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos (percentual).

A área de contribuição ou coleta do sistema é referente a área horizontal de telhado ou cobertura da edificação. Apenas áreas de cobertura de telhado e lajes de captação devem ser utilizadas no sistema de aproveitamento pluvial segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007).

Em relação à demanda, o consumo de água de cada unidade de consumo deve ser previsto pela quantidade de moradores e a tipologia da edificação de acordo com a Norma Técnica da SABESP (NTS 181-2012), mostrado na Tabela 2.3.

O coeficiente de escoamento superficial depende do material da área de cobertura, listado na Tabela 2.4. O índice de eficiência do sistema depende, do sistema de descarte de material instalado, geralmente obtido em pesquisas já realizadas e publicadas.

Tabela 2.3: Tabela de estimativa de consumo predial médio diário

Prédio	Consumo (l/dia)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Ambulatórios	25 per capita
Apartamentos	200 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Residências de luxo	300 per capita

Cavalariças	100 por cavalo
Edifícios públicos ou comerciais	2 por lugar
Escolas - com período integral	50 per capita
Escolas - internatos	100 per capita
Escolas - por período (até 3)	150 per capita
Escritórios	50 per capita
Estações ferroviárias, rodoviárias e metroviárias	25 por passageiro
Garagens	50 por automóvel
Hotéis com cozinha e lavanderias	300 por hóspede
Hotéis sem cozinha e lavanderias	120 por hóspede
Jardins	1,5 por m²
Lava-rápidos automáticos de veículos	250 por veículo
Lavanderias	30 por kg de roupa
Matadouros - animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Mercados	5 por m2 de área
Oficinas de costura	50 per capita
Oficinas de reparo de automóveis	300 per capita
Orfanatos - Asilos - Berçários	150 per capita
Creches	50 per capita
Postos de abastecimento e serviço automotivos	150 por veículo
Presídios	300 por preso
Quartéis	150 per capita
Restaurantes e similares	25 por refeição
Templos	2 por lugar

Fonte: NTS 181(2012).

Tabela 2.4: Coeficiente de escoamento para diferentes materiais da superfície de captação

Material	Coeficiente	Fonte
Telha cerâmica	0,80 a 0,90	Frasier (1975) e Hofkes (1981) apud May (2004)
	0,75 a 0,90	Vaes e Berlamont (1999) apud May (2004)
	0,56	Khan (1995)
	0,60	Haught e Wyckoff (2006)
Telha metálica	0,70 a 0,90	Frasier (1975) e Hofkes (1981) apud May (2004)
	0,90 a 0,95	Waterfall (2004)

	0,85	Khan (1995)
Telha esmaltada	0,90 a 0,95	Vaes e Berlamont (1999) apud May (2004)
	0,85	Haught e Wyckoff (2006)
Telha de amianto	0,80 a 0,90	DTU (2002)
Telhado de palha	0,39	Khan (1995)
Telhado verde	0,27	Khan (1995) apud Tomaz (2003)
Alumínio	0,85	Haught e Wyckoff (2006)
Plástico	0,94	Khan (1995) apud Tomaz (2003)
Placa de pedra	0,80	Khan (1995)

Fonte: Adaptação feita por Rocha (2009)

2.4 RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL

Segundo Heberson *et al*. (2009), o dimensionamento do reservatório de água pluvial depende da quantidade de água potável que será substituída. Portanto, o adequado dimensionamento do mesmo é de grande importância para o pleno funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Para o dimensionamento do volume de água que será aproveitado é necessário considerar as perdas que ocorrem no processo de captação, transporte, tratamento e reservação. Essas perdas podem ser por evaporação ou absorção e do volume de água inicial que deve ser descartado. Esse volume é calculado pela Equação 2.1 apresentada no item anterior.

De acordo com Campos (2012), se o reservatório for superdimensionado, acarretará alocação de grandes espaços no terreno, altos custos iniciais e de manutenção, além de um possível comprometimento da água, devido ao longo tempo de armazenamento, e se for subdimensionado, não suprirá a demanda da edificação, resultando em pequena economia de água potável e um sistema antieconômico.

O dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial pode variar de acordo com a região, em função da variação dos dados pluviométricos e o fim pretendido de utilização, e, é importante saber que a água não pode permanecer ociosa no sistema por um longo período, pois poderá ocorrer a sua degradação.

A NBR 15527 (ABNT, 2007), sugere seis métodos de dimensionamento, são eles: Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e Método prático australiano.

De acordo com Campos (2012), os métodos normatizados acarretam em um superdimensionamento do reservatório, principalmente quando realizado em grandes áreas de captação.

No entanto, no Brasil o método mais utilizado para dimensionamento é o Método de Rippl ou Diagrama de massas acumuladas e ele possui maior facilidade de aplicação. Para evitar um

superdimensionamento com esse método recomenda-se o uso de série histórica com menor intervalo de dados possível, sendo a frequência mensal.

Amorim e Pereira (2008), explica que o método de Rippl determina o volume do reservatório com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando que nem toda a água precipitada seja armazenada e que o volume demandado seja menor ou igual ao precipitado num determinado período.

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume de água no reservatório é calculado pela diferença do volume de demanda ou consumo da edificação e o volume de chuva aproveitável, como o indicado na Equação 2.2.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \qquad (2.2)$$

Sendo:

$S_{(t)}$: Volume de água no reservatório no tempo t (m^3);

$Q_{(t)}$: Volume de chuva aproveitável no tempo t (m^3);

$D_{(t)}$: Demanda ou consumo no tempo t (m^3).

O volume de chuva aproveitável no tempo t é calculado pela Equação 2.3.

$$Q_{(t)} = C * precipitação\ da\ chuva(t) * área\ de\ captação \qquad (2.3)$$

Sendo:

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

O volume do reservatório é calculado pelo somatório dos volumes de água no reservatório no tempo t, indicado na Equação 2.4.

$$V = \sum S_{(t)} \qquad (2.4)$$

Somente com valores de $S_{(t)} > 0$ e $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Sendo:

V: Volume do reservatório (m^3).

O dimensionamento de um reservatório de água pluvial, para suprir uma edificação pode ser viável ou não dependendo da oferta de água na região. Por isso, alguns estudos de caso serão apresentados a seguir, para validar o objetivo do trabalho.

O estudo de caso realizado por Marinoski *et al*. (2008), mostra o aproveitamento de água pluvial em uma instituição de ensino em Florianópolis – SC. Esse artigo mostra que houve um

percentual de economia de água potável de quase 50% com o uso de água pluvial e que o período de retorno do investimento foi menor que cinco anos.

O estudo de caso desenvolvido por Athayde Júnior *et al.* (2008), avalia a viabilidade econômica e a aceitação do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. Mostrando que as residências de padrão baixo e médio não eram viáveis com as tarifas regulamentadas na época da pesquisa. Já as residências de alto padrão o sistema de aproveitamento de água de chuva se mostraram viáveis por causa da alta demanda de água não potável e consequentemente maior volume no reservatório.

O estudo de caso desenvolvido por Amorim e Pereira (2008), avalia a viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em um edifício no Campos São Carlos da UFSCar. Mostrando a confiabilidade de cada método de dimensionamento de reservatório, que mostrou que o método de Rippl com médias mensais é conservador, mas não superdimensiona o reservatório.

2.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A análise econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva geralmente tem sido realizada pela recuperação do investimento, sendo uma das possibilidades o cálculo pela determinação do *payback* atualizado. Esse método de análise é mais fácil de ser compreendido e de se determinar. Além de conseguir mostrar quando irá se obter o retorno financeiro do investimento inicial.

Esse método de análise leva em consideração o dinheiro no tempo, com aplicação de taxa de juros e inflação. O que o torna mais real e efetivo que o *payback* simples que apenas divide o investimento inicial pelo retorno no período analisado.

O período de retorno do investimento, considerando o *payback* atualizado, é calculado pela Equação 2.5.

$$P_r = Tempo\ quando\ \Sigma Receitas = Investimento\ inicial \qquad (2.5)$$

Sendo:

P_r: Período de retorno (anos, meses)

As receitas devem ser trazidas para o valor presente a uma taxa definida, a juros compostos, que corresponde a Equação 2.6.

$$R_P = R_F * (1 + i)^n \qquad (2.6)$$

Sendo:

R_P: Receitas no valor presente (moeda);

R_F: Receitas no valor futuro (moeda);

i: Taxa de juros anual ou mensal, dependendo da análise (percentual);

n: Tempo (anos, meses).

Esse método de cálculo possui vantagens e desvantagens:

- Vantagens:
a) É bastante simples na sua forma de cálculo e de fácil compreensão;
b) Fornece uma ideia do grau de liquidez e de risco do projeto;
c) Em tempo de grande instabilidade econômica, este método aumenta o grau segurança do investimento;
d) Adequado à avaliação de projetos em contexto de risco elevado;
e) Adequado à avaliação de projetos com vida útil limitada.
- Desvantagens:
a) Não leva em conta os "*cash flows*" gerados depois do ano de recuperação, desaconselhável na avaliação de projetos de longa duração;
b) Valoriza diferentemente os fluxos recebidos em diferentes períodos, mas apenas em critério dualista (antes e depois do *payback)*.

Outras formas de avaliação econômica para análise de viabilidade de projetos é o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

O VPL é um método simples, capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros de um projeto descontados de uma taxa de juros apropriada, menos o valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do projeto, que representa o mínimo de retorno que o investimento deve ter.

A Equação 2.7, é utilizada para calcular o VPL para fluxos de caixa uniforme.

$$VPL = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+i)^t} \qquad (2.7)$$

Sendo:

FC_t: Fluxo de caixa no período t (moeda);

t: é o enésimo período no tempo em que o dinheiro será investido (anos, meses);

i: Taxa de juros anual ou mensal, dependendo da análise (percentual);

n: Tempo (anos, meses).

Esse método de cálculo possui vantagens e desvantagens:

- Vantagens:
a) Leva em conta o valor do dinheiro no tempo;
b) Leva em conta o custo de capital do projeto;
c) Pode ser aplicado para qualquer fluxo de caixa;
d) Pressupõe a reinversão dos fluxos de caixa a TMA.

- Desvantagens:

a) Exige o conhecimento de diversos parâmetros, principalmente no que tange uma precisa estimativa dos fluxos de caixa que serão utilizados para análise;
b) É definido em termos absolutos ao invés de relativos, não levando em conta a escala de projeto;
c) Em projetos de grande montante inicial tende a apresentar um VPL superior a projetos de investimentos menores, mesmo que estes não sejam melhores em termos relativos.

A TIR é a taxa de retorno de um investimento, que quando aplicado a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores de retorno dos investimentos, também trazidos para o valor presente. Calculada a partir da Equação 2.8.

$$VPL = 0 = Investimento\ inicial + \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+TIR)^t} \qquad (2.8)$$

Sendo:

F_t: Fluxo de caixa no período t (moeda);

t: é o enésimo período no tempo em que o dinheiro será investido (anos, meses);

n: Tempo (anos, meses).

Esse método de cálculo possui vantagens e desvantagens:

- Vantagens:

a) Considera o valor do dinheiro no tempo;
b) Possibilita a comparação entre projetos de investimentos diferentes, pois leva em conta a escala e a vida dos projetos, devido ao seu caráter relativo.

- Desvantagens:

a) Pressupõe a reinversão dos valores à própria TIR;
b) Pode haver múltiplas taxas de retorno, ou mesmo não ter solução, dependendo do fluxo de caixa;
c) Não é recomendada em situações de projeto com fluxo de caixa não convencional.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Neste capitulo serão apresentados os métodos para obtenção dos resultados dessa pesquisa.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram adotadas características de uma edificação real situada no setor universitário na cidade de Goiânia - GO, onde se realiza aproveitamento de água de chuva para o suprimento das descargas dos banheiros das unidades habitacionais. Essa edificação possui área de cobertura aproveitável de 1.644,50 m², composta pelas áreas de telhado da edificação e cobertura das garagens, além das fachadas que possibilitem escoamento para as coberturas das garagens.

A edificação também possui dados de consumo e de precipitação registrados por um período de dois anos, possibilitando uma comparação com os dados de volume de água de chuva aproveitável que serão estimados por meio da NBR 15227 (ABNT, 2007).

Com os dados da edificação existente e coletados, serão dimensionados sete cenários de reservatórios de aproveitamento de água de chuva com diferentes porcentagens em relação os períodos de estiagem. Para a compilação destes dados serão necessários o conhecimento dos parâmetros de projeto descritos nos itens seguintes.

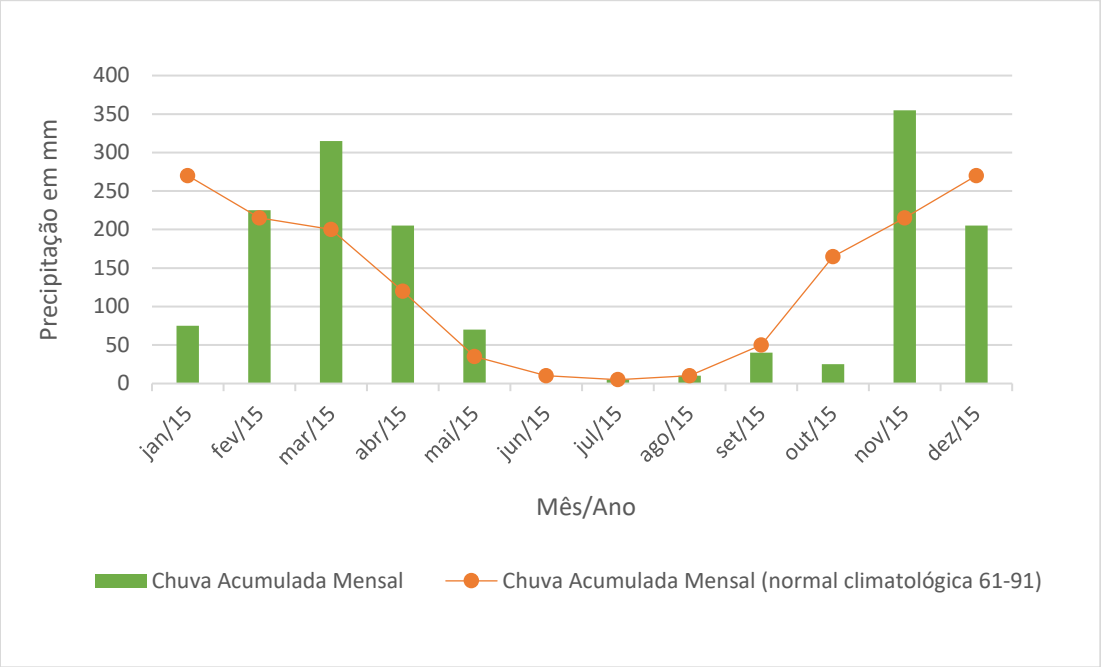
3.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

3.1.1 Série histórica de precipitação em Goiânia.

A fim de garantir uma maior eficiência e realidade na obtenção dos resultados, fez-se necessária uma pesquisa no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para a obtenção dos índices pluviométricos da região a ser estudada, que no presente trabalho é a região metropolitana de Goiânia. A partir da obtenção dessa série histórica mensal, estimar o volume de água de chuva aproveitável para a edificação estudada e, assim, definir os cenários de estudo, considerando os volumes de reserva para cada caso do estudo.

A fim de disponibilizar água de chuva para o suprimento de todo o período de estiagem é necessário conhecer o perfil hidrológico de chuvas para a região de estudo. Assim, para verificar qual período do ano ocorre a maior estiagem, fez-se necessário a busca de um gráfico contendo as características do período sazonal de chuvas em Goiânia. A Figura 3.1, mostra o esse gráfico para o ano de 2015 e, também a curva normal para a série histórica entre 1961 e 1990.

Figura 3.1: Chuvas acumuladas mensal x Chuva (normal climatológica 61-90)



Fonte: INMET (2016)

Com a pesquisa realizada no INMET, para obtenção dos índices pluviométricos da região metropolitana de Goiânia, obteve-se os dados referentes a estação operante OMM:83423, localizada na latitude 16° 39’ 36” S, longitude 49° 15’ 00” W e altitude 741,48 m e aos anos de 1961 a 2015. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, a série histórica utilizada para o dimensionamento do reservatório, foi entre os anos de 1961 e 2015, referentes aos dados obtidos.

3.1.2 Dados de projeto

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, torna-se necessária a obtenção de alguns dados de projeto, dentre eles a área de captação/cobertura e consumo do edifício a ser analisado e índice de aproveitamento do sistema a ser implantado.

Esses dados foram obtidos de forma que se permita o desenvolvimento de uma análise comparativa a um edifício residencial multifamiliar existente. Sendo assim, a área de cobertura e o índice de aproveitamento do sistema são os mesmos do edifício existente e os dados de consumo foram definidos de forma que aproximem do consumo dessa edificação.

Os dados para o cálculo do volume de reservação de água para todo o período de estiagem foram obtidos a partir de dados coletados da edificação multifamiliar existente. A área de capitação adotada para o dimensionamento é mostrada na Tabela 3.1. O índice de aproveitamento do sistema é de 90% e o coeficiente de Runoff para telha de amianto de acordo com a Tabela 2.3, anteriormente citada, varia de 0,8 a 0,9 sendo adotado para as contas o

coeficiente de escoamento de 0,9. A população utilizada para os cálculos de consumo de água da bacia sanitária foram 300 pessoas.

Tabela 3.1: Área de coleta de água pluvial

Áreas de Coleta de Água Pluvial			
Área - 01	370,65	m²	Telha cobertura.
Área - 02	141,81	m²	Telhado garagem.
Área - 03	69,03	m²	Telhado garagem.
Área - 04	51,37	m²	Telhado garagem.
Área - 05	641,76	m²	Fachada.
Área - 06	369,88	m²	Fachada.
Total	**1644,50**	**m²**	

Fonte: Gomes/2015

A partir dos dados de consumo de água da bacia sanitária da edificação multifamiliar existente fornecidos pelo Mestre em Engenharia Ambiental Marcelus Gomes, morador do edifício em estudo, calculou-se a demanda estimada da edificação base para o estudo.

A Tabela 4.3 mostra a estimativa mensal para o ano de 2013, a Tabela 3.3 mostra a estimativa mensal para o ano de 2014 e a Tabela 3.4 mostra a estimativa mensal para o ano de 2015. Para a realização dos cálculos consideramos uma média das estimativas de demanda não potável mensal para a edificação de 159,18 m³/mês.

Tabela 3.2: Estimativa de demanda não potável para 2013

2013					
Usos	Vazão de Projeto (L/acionamento)	População	Nº de acionamentos	Vazão estimada diária (L/dia)	Demanda não potável (m³/mês)
Bacia (caixa acoplada)	6,8	300	2,57	5241,83	160,4

Fonte: Acervo próprio

Tabela 3.3: Estimativa de demanda não potável para 2014

2014					
Usos	Vazão de Projeto (L/acionamento)	População	Nº de acionamentos	Vazão estimada diária (L/dia)	Demanda não potável (m³/mês)
Bacia (caixa acoplada)	6,8	300	2,60	5306,85	161,42

Fonte: Acervo próprio

Tabela 3.4: Estimativa de demanda não potável para 2015

2015					
Usos	Vazão de Projeto (L/acionamento)	População	Nº de acionamentos	Vazão estimada diária (L/dia)	Demanda não potável (m³/mês)
Bacia (caixa acoplada)	6,8	300	2,52	5141,51	155,71

Fonte: Acervo próprio

3.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para a escolha do melhor método de dimensionamento de reservatório foi elaborada uma ampla pesquisa em diversos trabalhos desenvolvidos nessa área de aproveitamento de água pluvial. Com base nesses estudos, pode-se escolher o método de dimensionamento do reservatório, dentre os recomendados pela NBR 15527 (ABNT, 2007), que são: o método de Rippl, método da simulação, método prático Alemão, método prático Inglês, método prático Australiano e método Azevedo Neto.

O método escolhido para o desenvolvimento deste trabalho foi o método de Rippl, também chamado de método do Diagrama de Massas Acumuladas. Esse método analisa os dados, precipitação pluviométrica e a demanda, pela curva de massa e é o mais utilizado pelos projetistas no Brasil.

Esse volume de reservação de água de chuva para todo o período de estiagem foi calculado pelo método de Rippl, conforme descrito no item 2.4, do capítulo 2.

A partir da Equação 2.3, do capítulo 2, que estima o volume de chuva aproveitável no tempo t, considerando o coeficiente de escoamento, a precipitação total mensal de chuva para o período de estudo, desprezando os dois milímetros de chuva para atender a NBR 15527/2007, e a área de capitação da edificação, descritos os valores anteriormente.

Com o volume de chuva aproveitável calculado, usando a Equação 2.2, do capítulo 2, que estima o volume de água no reservatório no tempo analisado, em m³, com o somatório desses volumes tem-se o volume de água não potável necessário para todo o período de estiagem é de 1391,46 m³. Considerando que o volume necessário do reservatório é igual ao volume de água não potável necessário para todo o período de estiagem, tem-se um volume, arredondado, de 1392 m³ de reservatório.

Esse reservatório precisa de um período de reservação de 8,74 meses. Obtido a partir da divisão do volume total de reservação, para todo o período de estiagem, pela demanda não potável mensal da edificação.

A Tabela 3.5 mostra os dias de reserva necessário para cada cenário de volume de reserva proposto para análise, que foram obtidos pela divisão do volume de reservação pela demanda não potável diária da edificação, que é 5,306 m³/dia e a Tabela 3.6 mostra a relação entre o

volume de cada cenário de volume de reserva e a sua porcentagem em relação ao volume de reserva total para todo o período de estiagem.

Tabela 3.5: Demanda mensal versus dias de reservação

Demanda mensal (m³)		Dias de reserva
10%	15,91	3,0
25%	39,79	7,5
50%	79,59	15,0
100%	159,18	30,0
314,1%	500	94,2
628,2%	1000	188,5
874,5%	1392	262,3

Fonte: Acervo próprio

Tabela 3.6: Porcentagem em relação ao volume de reserva total para todo o período de estiagem

Demanda mensal (m³)	Porcentagem em relação à reserva total necessária para todo período de estiagem (%)
15,91	1,1
39,79	2,9
79,59	5,7
159,18	11,4
500	35,9
1000	71,8
1392	100,0

Fonte: Acervo próprio

3.3 DEMANDA DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA

Para cada cenário de volume de reserva é necessário o cálculo da quantidade de água proveniente da concessionária local que supri a diferença entre volume total de água não potável mensal consumida pelo edifício e o volume de água alternativa, proveniente da implantação do sistema de água pluvial.

Para o primeiro cenário de reserva, 10% da demanda mensal sendo abastecida pelo sistema de água pluvial, quando disponível esse volume, a quantidade de água que falta para suprir a demanda deve ser abastecida pela concessionária.

Utilizando-se do mesmo conceito do primeiro cenário de estudo, realizou-se a mesma análise mudando apenas o volume de reserva. O segundo cenário de reserva considerou 25% da demanda mensal sendo abastecido pelo sistema de água pluvial, o terceiro cenário considerou 50% da demanda mensal, o quarto cenário considerou 100% da demanda mensal, o quinto cenário considerou 314,1% da demanda mensal, o sexto cenário considerou 628,2% da demanda mensal e o sétimo cenário considerou 874,5% da demanda mensal.

3.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Com o dimensionamento do reservatório com base nos dados acima coletados, a quantificação dos aparelhos necessários para o desenvolvimento do sistema de aproveitamento de água pluvial e consequentemente os custos da sua implantação, foi possível realizar uma avaliação de viabilidade técnica e econômica, análise proposta no objetivo desse trabalho.

Assim, comparando-se a demanda real e a estimada, pretende-se avaliar o potencial de suprimento de água para reservatórios de pequeno volume e, por meio do levantamento do custo de implantação avaliar o retorno do investimento considerando-se o *pay-back* atualizado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno de cada cenário.

Para a avaliação técnica e econômica foram adotados volumes de reservação equivalentes a 10%; 25%; 50%; 100%; 314,1%; 628,2% e 874,5% da demanda mensal, equivalente a todo o período de estiagem local. Estes volumes foram definidos com o intuito de verificar o quanto os mesmos impactam individualmente em termos de suprimento da demanda e acréscimo no retorno do investimento.

Para a análise econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial, tem que considerar o preço dos equipamentos necessários para cada cenário de volume de reserva, o custo da água proveniente da concessionária local, o custo das análises químicas e testes de qualidade da água, custo de cloro estabilizado utilizado por mês, custo de manutenção dos equipamentos semestralmente e a energia gasta para o funcionamento de alguns equipamentos.

O custo de água depende de quanto de acréscimo de água da concessionária será necessária para suprir a demanda total e o custo de energia depende das horas de funcionamento do sistema de recalque e tratamento. Esses valores de metro cúbico e quilowatt-hora necessários são multiplicados pelo custo do metro cubico e quilowatt-hora das concessionárias locais, respectivamente, que nos permite avaliar o acréscimo de despesas mensais na implantação do sistema.

De acordo com a resolução da Diretoria do Saneamento de Goiás S.A. nº 093/2016, vigente a partir de 01 de julho de 2016, para categoria residencial normal, com faixa de consumo/economia de mais de 50 m³/mês a tarifa é de R$ 18,64/m³. Sendo que a tarifa é dividida em R$ 9,32/m³ de água, R$ 7,46/m³ de coleta e afastamento de esgoto e R$ 1,86/m³ de tratamento de esgoto.

De acordo com o Boletim Tarifário de 2016 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para a CELG DISTRIBUIÇÃO – CELG D, para o subgrupo-A a tarifa, incluindo os tributos aplicáveis, é de R$ 0,42576/kWh.

Para a aplicação da análise econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial, foram considerados alguns valores de taxa de juros mensal do investimento e reajuste anual dos custos de energia e água, análises químicas de qualidade da água, custo de cloro estabilizado e manutenção.

De acordo com o Banco Central do Brasil, a remuneração para depósitos em poupança no ano de 2016 redê-se, em média, 0,6934% a.m. e a inflação acumulada até outubro de 2016 é de 7,87%. Considerando como taxa de juros mensal o rendimento mensal da poupança e o reajuste anual a inflação acumulada, têm-se todas as taxas para aplicação do *pay-back* atualizado, valor presente líquido e taxa interna de retorno.

Para os cenários que possuem dias de reservação da água pluvial inferiores há trinta dias não foi considerado o dimensionamento do sistema tratamento de água por recirculação, apenas de filtração simples, com bobina de celulose, funcionando por seis horas diárias (equivalente ao período de funcionamento da bomba de recalque da edificação). O sistema de desinfecção ultravioleta, a bomba dosadora de cloro e o sistema de recalque funcionará por seis horas diárias com vazão de 0,884 m³/h.

Para os cenários que possuem dias de reservação da água pluvial superiores há trinta 30 dias considerou-se o dimensionamento do sistema de recirculação em conjunto com o sistema de desinfecção ultravioleta, funcionando por oito horas diárias. A bomba dosadora de cloro e o sistema de recalque funcionará por seis horas diárias com vazão de 0,884 m³/h.

A vazão do filtro é calculada em função de cada volume de reserva e das horas de funcionamento estipuladas anteriormente. Caso não seja possível encontrar filtro da vazão calculada os mesmos serão interligados em série até completar a vazão requerida pelo sistema.

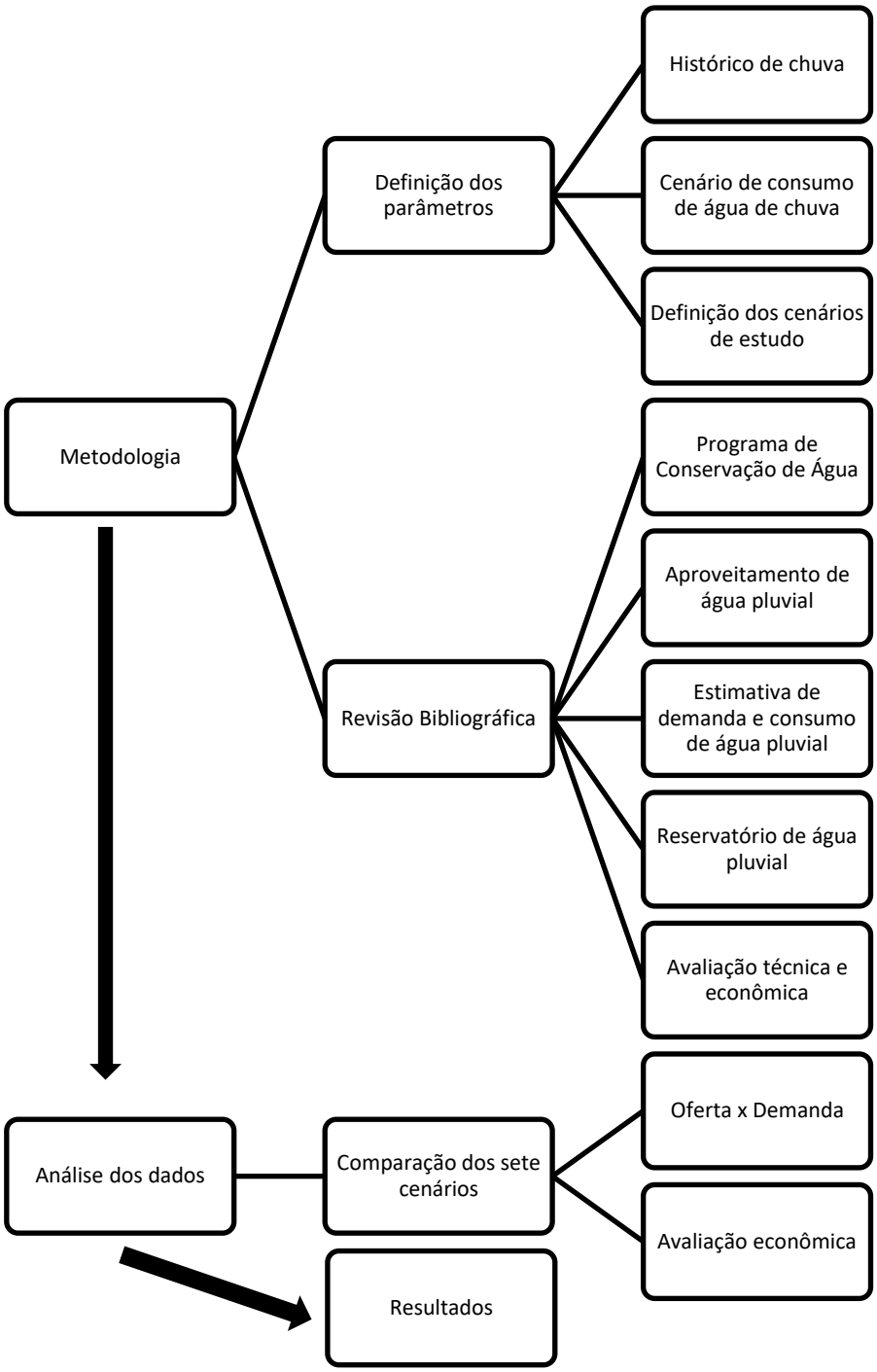
3.5 DISCUSSÃO GERAL

Com o desenvolvimento dessas analises, foi possível comparar os sete cenários, avaliando qual cenário de volume de reserva se torna mais viável técnico e economicamente para o edifício em estudo, para os dados coletados na região.
Com essa avaliação, o edifício existente terá viabilidade técnica se a demanda de água do mesmo, se encontrar melhor que o volume aproveitável de água pluvial. Já em termos de viabilidade econômica, o sistema de aproveitamento terá viabilidade se os benefícios obtidos com a sua implantação superarem os gastos com manutenção, operação e consumo de água complementar proveniente da concessionária de fornecimento de água.

3.6 FLUXOGRAMA

A metodologia do presente trabalho foi representada em forma de fluxograma, na Figura 3.2.

Figura 3.2: Fluxograma da metodologia



Fonte: acervo próprio

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir do proposto nos objetivos e na metodologia.

4.1 CENÁRIO PARA 3 DIAS DE RESERVA

Esse cenário de reservação tem volume mensal de 15,9 m³ e refere a 10% da demanda mensal, necessitando de um reservatório comercial de fibra de vidro de 20 m³, duas bombas de recalque (uma das bombas é reserva), nove conjuntos de sistemas de retenção de sólidos e de descarte dos dois milímetros iniciais de precipitação, uma bobina de celulose, uma bomba dosadora de cloro de 0,884m³/h e um sistema de desinfecção ultravioleta de 90W.

Para a implantação desse sistema é necessário um investimento inicial de R$ 35 724,80 reais. Considerando os gastos mensais com energia, água potável para suprir o déficit de água para as bacias sanitárias, cloro estabilizado e análise da qualidade água e gastos semestrais de manutenção do sistema pode-se calcular em quanto tempo o investimento resultará em um retorno positivo, ou seja, tornando-se viável economicamente.

Ao realizar a análise econômica por pay-back atualizado, considerando todas as variáveis acima apresentadas e as Equações 2.5 e 2.6, tem-se o retorno do investimento inicial depois de 40 meses de utilização do sistema, quatro anos e quatro meses.

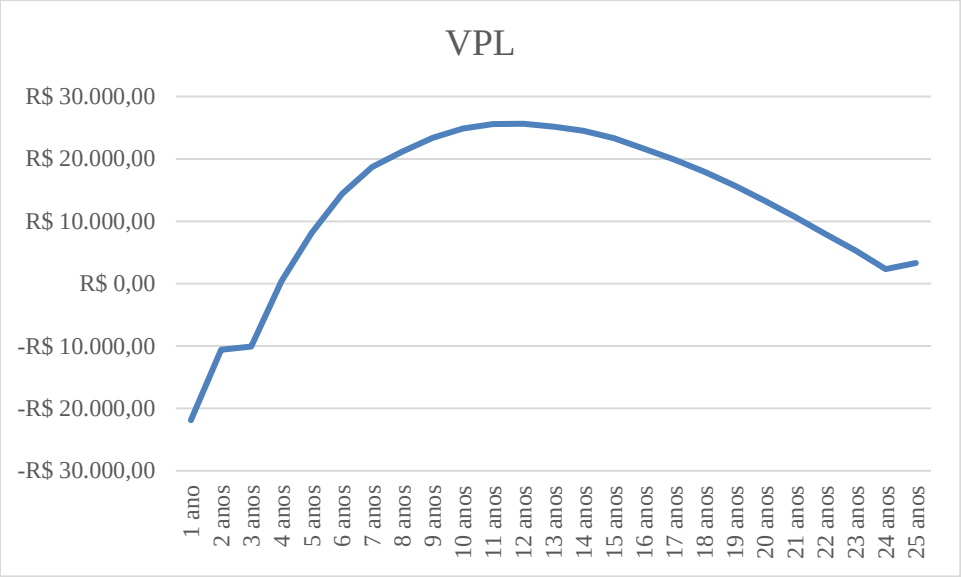
A análise econômica por VPL, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.7, tem-se o retorno do investimento inicial no quarto ano de utilização do sistema, como mostrado na Tabela 4.1 e complementado pela Figura 4.1.

Tabela 4.1: VPL para cenário de volume de reservação de 10%

Valor Presente Líquido (VPL)					
1 ano	2 anos	3 anos	4 anos	5 anos	6 anos
-R$ 21.885,34	-R$ 10.611,65	-R$ 10.076,02	R$ 407,25	R$ 8.107,87	R$ 14.393,22

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.1: VPL para cenário de volume de reservação de 10%



Fonte: Acervo próprio

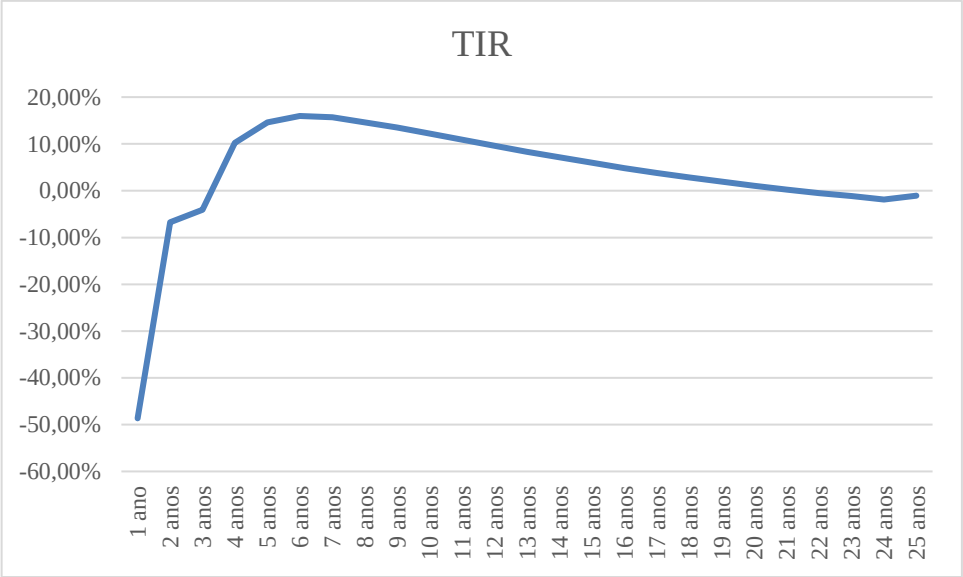
A análise econômica por TIR, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.8, tem-se o retorno do investimento inicial no quarto ano de utilização do sistema, como mostrado na Tabela 4.2 e complementado pela Figura 4.2.

Tabela 4.2: TIR para cenário de volume de reservação de 10%

Taxa Interna de Retorno (TIR)					
1 ano	2 anos	3 anos	4 anos	5 anos	6 anos
-48,65%	-6,75%	-4,08%	10,23%	14,59%	15,97%

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.2: TIR para cenário de volume de reservação de 10%



Fonte: Acervo próprio

4.2 CENÁRIO PARA 7,5 DIAS DE RESERVA

Esse cenário de reservação tem volume mensal de 39,8 m³ e refere a 25% da demanda mensal, necessitando de dois reservatórios comercial de fibra de vidro de 20 m³, duas bombas de recalque (uma das bombas é reserva), nove conjuntos de sistemas de retenção de sólidos e de descarte dos dois milímetros iniciais de precipitação, uma bobina de celulose, uma bomba dosadora de cloro de 0,884m³/h e um sistema de desinfecção ultravioleta de 90W.

Para a implantação desse sistema é necessário um investimento inicial de R$ 45 009,80 reais. Considerando os gastos mensais com energia, água potável para suprir o déficit de água para as bacias sanitárias, cloro estabilizado e análise da qualidade água e gastos semestrais de manutenção do sistema pode-se calcular em quanto tempo o investimento resultará em um retorno positivo, ou seja, tornando-se viável economicamente.

Ao realizar a análise econômica por pay-back atualizado, considerando todas as variáveis acima apresentadas e as Equações 2.5 e 2.6, tem-se o retorno do investimento inicial depois de 49 meses de utilização do sistema, cinco anos e um mês.

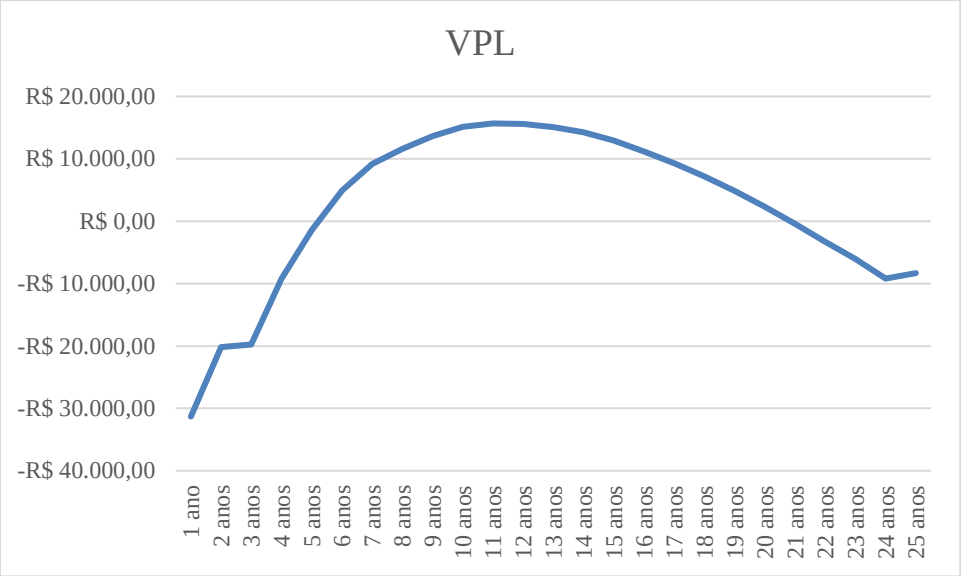
A análise econômica por VPL, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.7, tem-se o retorno do investimento inicial no quinto ano de utilização do sistema, como mostrado na Tabela 4.3 e complementado pela Figura 4.3.

Tabela 4.3: VPL para cenário de volume de reservação de 25%

Valor Presente Líquido (VPL)					
1 ano	2 anos	3 anos	4 anos	5 anos	6 anos
-R$ 31.309,11	-R$ 20.174,67	-R$ 19.778,77	-R$ 9.192,20	-R$ 1.425,38	R$ 4.894,59

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.3: VPL para cenário de volume de reservação de 25%



Fonte: Acervo próprio

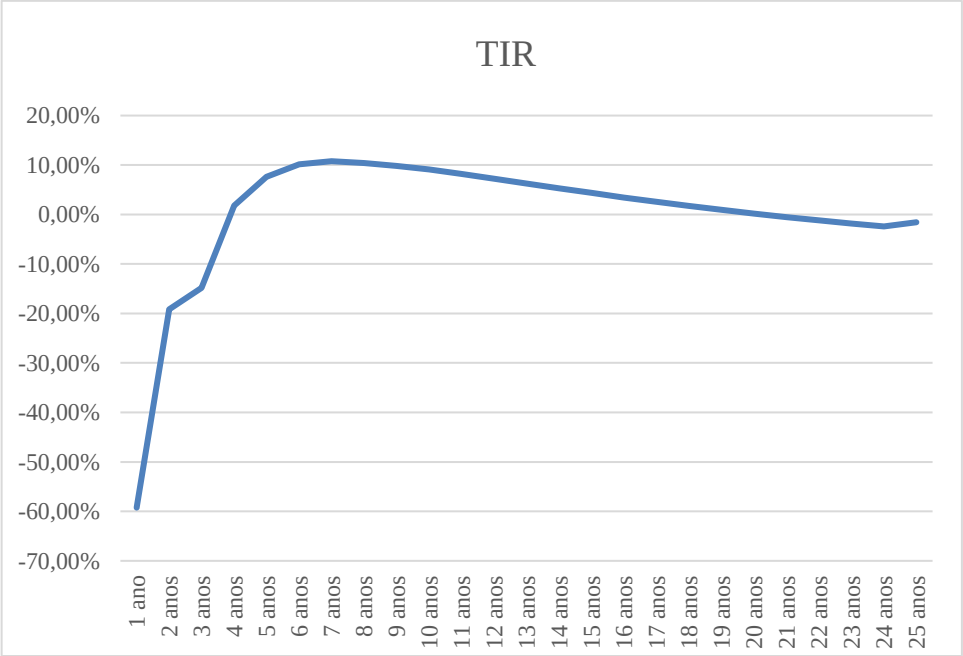
A análise econômica por TIR, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.8, tem-se o retorno do investimento inicial no quarto ano de utilização do sistema, como mostrado na Tabela 4.4 e complementado pela Figura 4.4.

Tabela 4.4: TIR para cenário de volume de reservação de 25%

Taxa Interna de Retorno (TIR)					
1 ano	2 anos	3 anos	4 anos	5 anos	6 anos
-59,24%	-19,16%	-14,84%	1,80%	7,62%	10,15%

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.4: TIR para cenário de volume de reservação de 25%



Fonte: Acervo próprio

4.3 CENÁRIO PARA 15 DIAS DE RESERVA

Esse cenário de reservação tem volume mensal de 79,6 m³ e refere a 50% da demanda mensal, necessitando de quatro reservatórios comercial de fibra de vidro de 20 m³, duas bombas de recalque (uma das bombas é reserva), nove conjuntos de sistemas de retenção de sólidos e de descarte dos dois milímetros iniciais de precipitação, uma bobina de celulose, uma bomba dosadora de cloro de 0,884m³/h e um sistema de desinfecção ultravioleta de 90W.

Para a implantação desse sistema é necessário um investimento inicial de R$ 64 453,80 reais. Considerando os gastos mensais com energia, água potável para suprir o déficit de água para as bacias sanitárias, cloro estabilizado e análise da qualidade água e gastos semestrais de manutenção do sistema pode-se calcular em quanto tempo o investimento resultará em um retorno positivo, ou seja, tornando-se viável economicamente.

Ao realizar a análise econômica por pay-back atualizado, considerando todas as variáveis acima apresentadas e as Equações 2.5 e 2.6, tem-se o retorno do investimento inicial depois de setenta e três meses de utilização do sistema, sete anos e um mês.

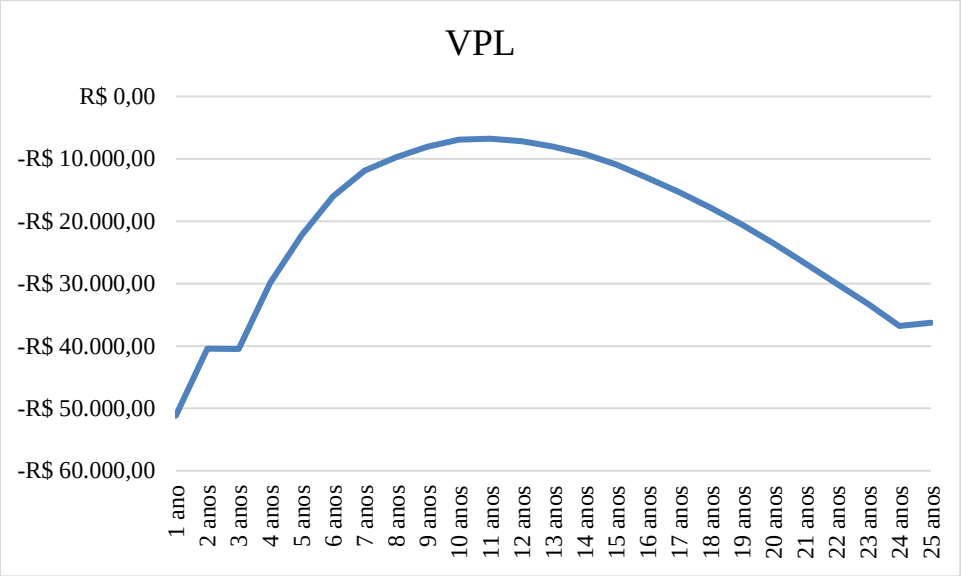
A análise econômica por VPL, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.7, não se tem o retorno do investimento inicial, como mostrado na Tabela 4.5 e complementado pela Figura 4.5.

Tabela 4.5: VPL para cenário de volume de reservação de 50%

Valor Presente Líquido (VPL)					
9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos
-R$ 8.075,26	-R$ 6.906,41	-R$ 6.772,52	-R$ 7.165,32	-R$ 8.048,95	-R$ 9.249,52

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.5: VPL para cenário de volume de reservação de 50%



Fonte: Acervo próprio

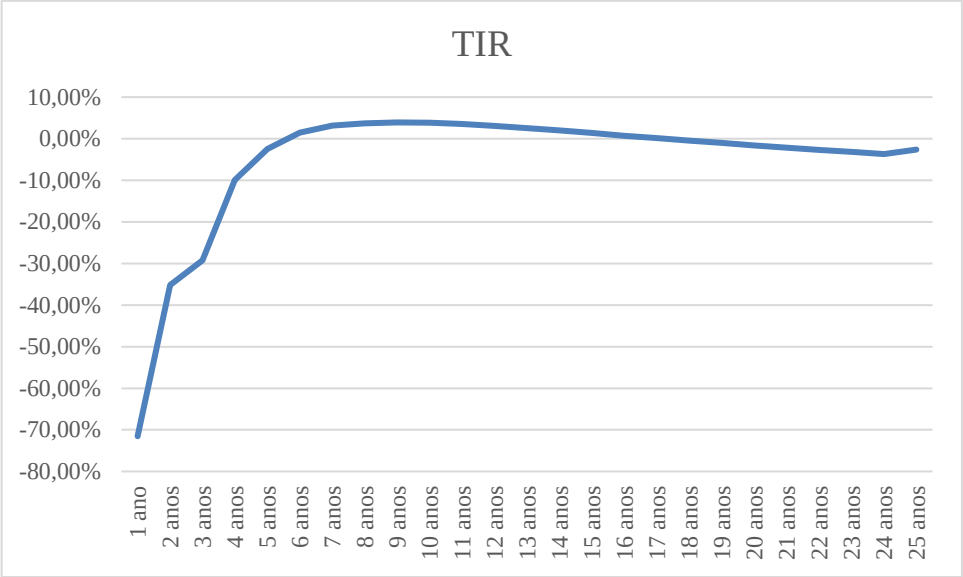
A análise econômica por TIR, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.8, tem-se o retorno do investimento inicial no sexto ano de utilização do sistema, como mostrado na Tabela 4.6 e complementado pela Figura 4.6.

Tabela 4.6: TIR para cenário de volume de reservação de 50%

Taxa Interna de Retorno (TIR)					
4 anos	5 anos	6 anos	7 anos	8 anos	9 anos
-9,94%	-2,45%	1,44%	3,19%	3,72%	3,91%

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.6: TIR para cenário de volume de reservação de 50%



Fonte: Acervo próprio

4.4 CENÁRIO PARA 30 DIAS DE RESERVA

Esse cenário de reservação tem volume mensal de 159,2 m³ e refere a 100% da demanda mensal, necessitando de oito reservatórios comercial de fibra de vidro de 20 m³, duas bombas de recalque (uma das bombas é reserva), nove conjuntos de sistemas de retenção de sólidos e de descarte dos dois milímetros iniciais de precipitação, três filtros de areia comercial para 7,0 m³/h, uma bomba dosadora de cloro de 0,884m³/h e um sistema de desinfecção ultravioleta de 90W.

Para a implantação desse sistema é necessário um investimento inicial de R$ 102 097,80 reais. Considerando os gastos mensais com energia, água potável para suprir o déficit de água para as bacias sanitárias, cloro estabilizado e análise da qualidade água e gastos semestrais de manutenção do sistema pode-se calcular em quanto tempo o investimento resultará em um retorno positivo, ou seja, tornando-se viável economicamente.

Ao realizar a análise econômica por pay-back atualizado, considerando todas as variáveis acima apresentadas e as Equações 2.5 e 2.6, não se obtêm o retorno do investimento inicial.

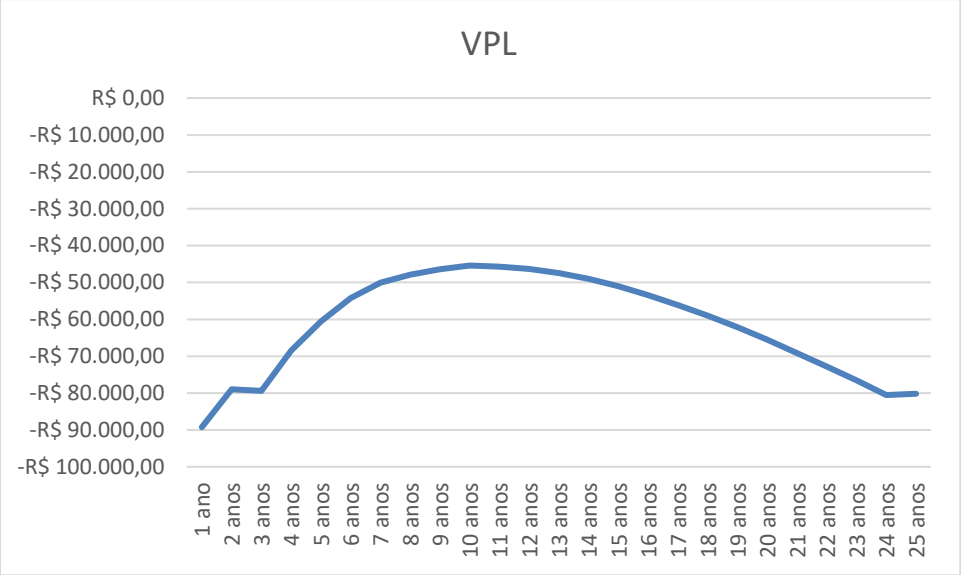
A análise econômica por VPL, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.7, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.7 e complementado pela Figura 4.7.

Tabela 4.7: VPL para cenário de volume de reservação de 100%

Valor Presente Líquido (VPL)					
8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos
-R$ 47.899,78	-R$ 46.434,68	-R$ 45.408,95	-R$ 45.724,91	-R$ 46.344,38	-R$ 47.493,59

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.7: VPL para cenário de volume de reservação de 100%



Fonte: Acervo próprio

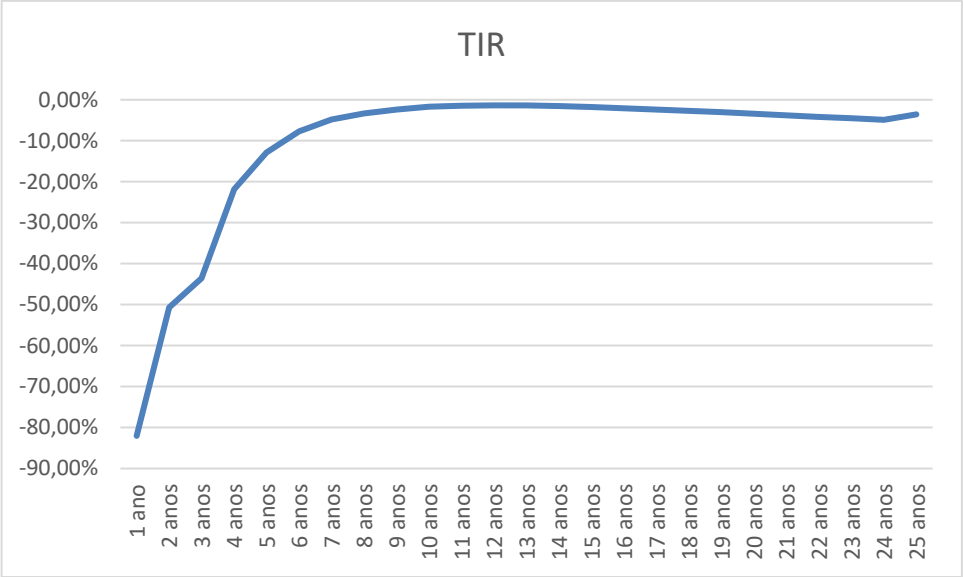
A análise econômica por TIR, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.8, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.8 e complementado pela Figura 4.8.

Tabela 4.8: TIR para cenário de volume de reservação de 100%

Taxa Interna de Retorno (TIR)					
9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos
-2,36%	-1,67%	-1,47%	-1,37%	-1,41%	-1,53%

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.8: TIR para cenário de volume de reservação de 100%



Fonte: Acervo próprio

4.5 CENÁRIO PARA 94,2 DIAS DE RESERVA

Esse cenário de reservação tem volume de 500 m³ e refere a 314,1% da demanda mensal, necessitando de vinte reservatórios comercial de fibra de vidro de 25 m³, duas bombas de recalque (uma das bombas é reserva), nove conjuntos de sistemas de retenção de sólidos e de descarte dos dois milímetros iniciais de precipitação, seis filtros de areia comercial para 11,0 m³/h, uma bomba dosadora de cloro de 0,884m³/h e um sistema de desinfecção ultravioleta de 90W.

Para a implantação desse sistema é necessário um investimento inicial de R$ 315 993,80 reais. Considerando os gastos mensais com energia, água potável para suprir o déficit de água para as bacias sanitárias, cloro estabilizado e análise da qualidade água e gastos semestrais de manutenção do sistema pode-se calcular em quanto tempo o investimento resultará em um retorno positivo, ou seja, tornando-se viável economicamente.

Ao realizar a análise econômica por pay-back atualizado, considerando todas as variáveis acima apresentadas e as Equações 2.5 e 2.6, não se obtêm o retorno do investimento inicial.

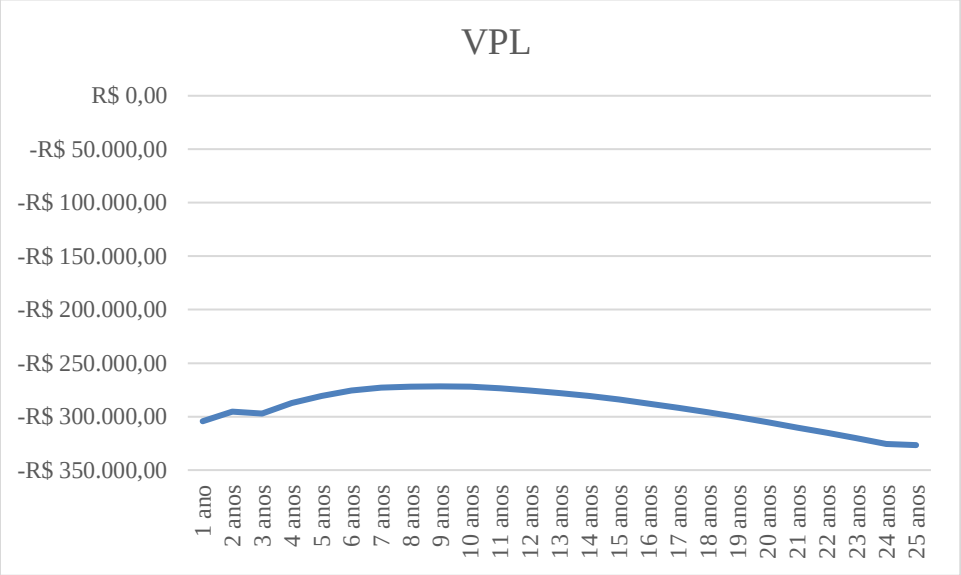
A análise econômica por VPL, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.7, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.9 e complementado pela Figura 4.9.

Tabela 4.9: VPL para cenário de volume de reservação de 314,1%

Valor Presente Líquido (VPL)					
6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos
-R$ 275.677,02	-R$ 272.768,29	-R$ 271.910,06	-R$ 271.729,25	-R$ 271.992,30	-R$ 273.601,55

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.9: VPL para cenário de volume de reservação de 314,1%



Fonte: Acervo próprio

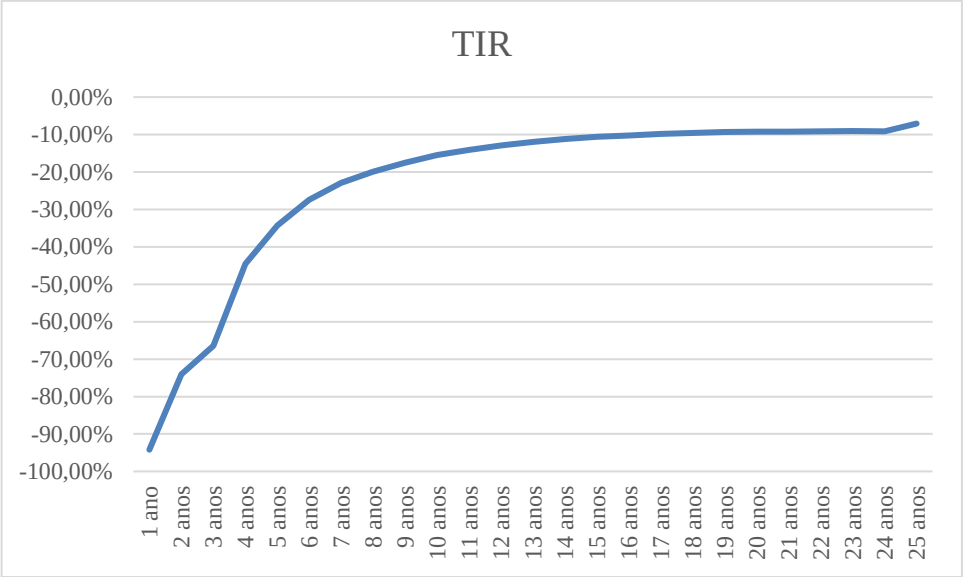
A análise econômica por TIR, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.8, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.10 e complementado pela Figura 4.10.

Tabela 4.10: TIR para cenário de volume de reservação de 314,1%

Taxa Interna de Retorno (TIR)					
20 anos	21 anos	22 anos	23 anos	24 anos	25 anos
-9,24%	-9,21%	-9,17%	-9,08%	-9,14%	-7,07%

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.10: TIR para cenário de volume de reservação de 314,1%



Fonte: Acervo próprio

4.6 CENÁRIO PARA 188,5 DIAS DE RESERVA

Esse cenário de reservação tem volume de 1000 m³ e refere a 628,2% da demanda mensal, necessitando de quarenta reservatórios comercial de fibra de vidro de 25 m³, duas bombas de recalque (uma das bombas é reserva), nove conjuntos de sistemas de retenção de sólidos e de descarte dos dois milímetros iniciais de precipitação, onze filtros de areia comercial para 11,0 m³/h, uma bomba dosadora de cloro de 0,884m³/h e um sistema de desinfecção ultravioleta de 90W.

Para a implantação desse sistema é necessário um investimento inicial de R$ 604 683,80 reais. Considerando os gastos mensais com energia, água potável para suprir o déficit de água para as bacias sanitárias, cloro estabilizado e análise da qualidade água e gastos semestrais de manutenção do sistema pode-se calcular em quanto tempo o investimento resultará em um retorno positivo, ou seja, tornando-se viável economicamente.

Ao realizar a análise econômica por pay-back atualizado, considerando todas as variáveis acima apresentadas e as Equações 2.5 e 2.6, não se obtêm o retorno do investimento inicial.

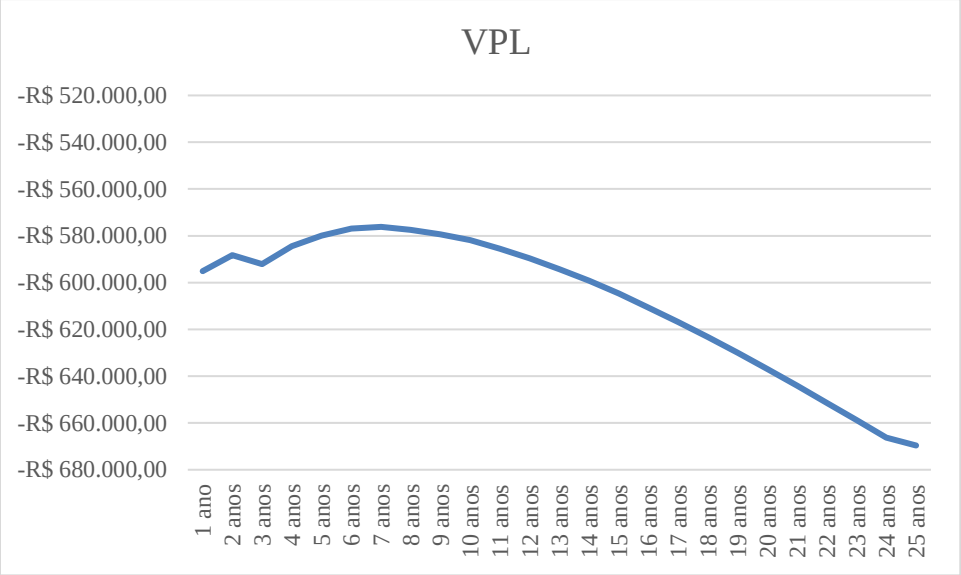
A análise econômica por VPL, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.7, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.11 e complementado pela Figura 4.11.

Tabela 4.11: VPL para cenário de volume de reservação de 628,2%

Valor Presente Líquido (VPL)					
20 anos	21 anos	22 anos	23 anos	24 anos	25 anos
-R$ 636.945,74	-R$ 644.156,54	-R$ 651.431,09	-R$ 658.710,56	-R$ 666.301,61	-R$ 669.636,97

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.11: VPL para cenário de volume de reservação de 628,2%



Fonte: Acervo próprio

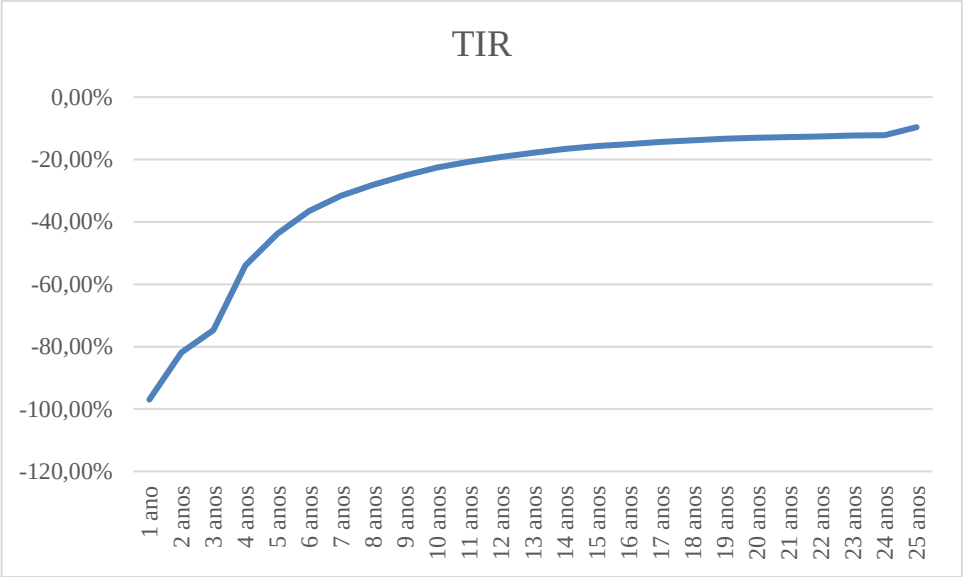
A análise econômica por TIR, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.8, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.12 e complementado pela Figura 4.12.

Tabela 4.12: TIR para cenário de volume de reservação de 628,2%

Taxa Interna de Retorno (TIR)					
20 anos	21 anos	22 anos	23 anos	24 anos	25 anos
-13,04%	-12,81%	-12,57%	-12,28%	-12,18%	-9,64%

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.12: TIR para cenário de volume de reservação de 628,2%



Fonte: Acervo próprio

4.7 CENÁRIO PARA 262,3 DIAS DE RESERVA

Esse cenário de reservação tem volume de 1392 m³ e refere 874,5% da demanda mensal, necessitando de cinquenta e seis reservatórios comercial de fibra de vidro de 25 m³, duas bombas de recalque (uma das bombas é reserva), nove conjuntos de sistemas de retenção de sólidos e de descarte dos dois milímetros iniciais de precipitação, dezesseis filtros de areia comercial para 11,0 m³/h, uma bomba dosadora de cloro de 0,884m³/h e um sistema de desinfecção ultravioleta de 90W.

Para a implantação desse sistema é necessário um investimento inicial de R$ 873 373,80 reais. Considerando os gastos mensais com energia, água potável para suprir o déficit de água para as bacias sanitárias, cloro estabilizado e análise da qualidade água e gastos semestrais de manutenção do sistema pode-se calcular em quanto tempo o investimento resultará em um retorno positivo, ou seja, tornando-se viável economicamente.

Ao realizar a análise econômica por pay-back atualizado, considerando todas as variáveis acima apresentadas e as Equações 2.5 e 2.6, não se obtêm o retorno do investimento inicial.

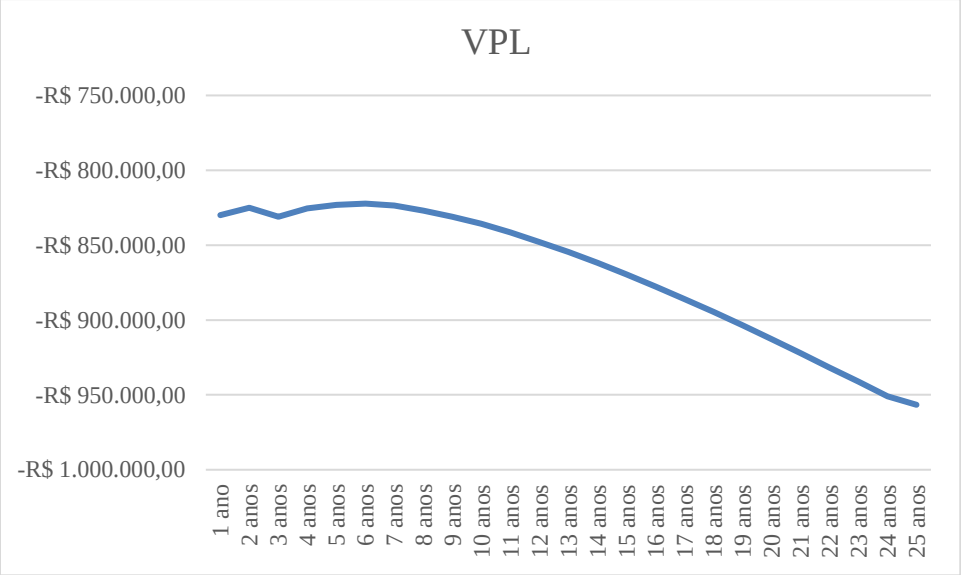
A análise econômica por VPL, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.7, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.13 e complementado pela Figura 4.13.

Tabela 4.13: VPL para cenário de volume de reservação de 874,5%

Valor Presente Líquido (VPL)					
20 anos	21 anos	22 anos	23 anos	24 anos	25 anos
-R$ 912.678,91	-R$ 922.121,85	-R$ 931.636,36	-R$ 941.163,62	-R$ 951.010,34	-R$ 956.609,27

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.13: VPL para cenário de volume de reservação de 874,5%



Fonte: Acervo próprio

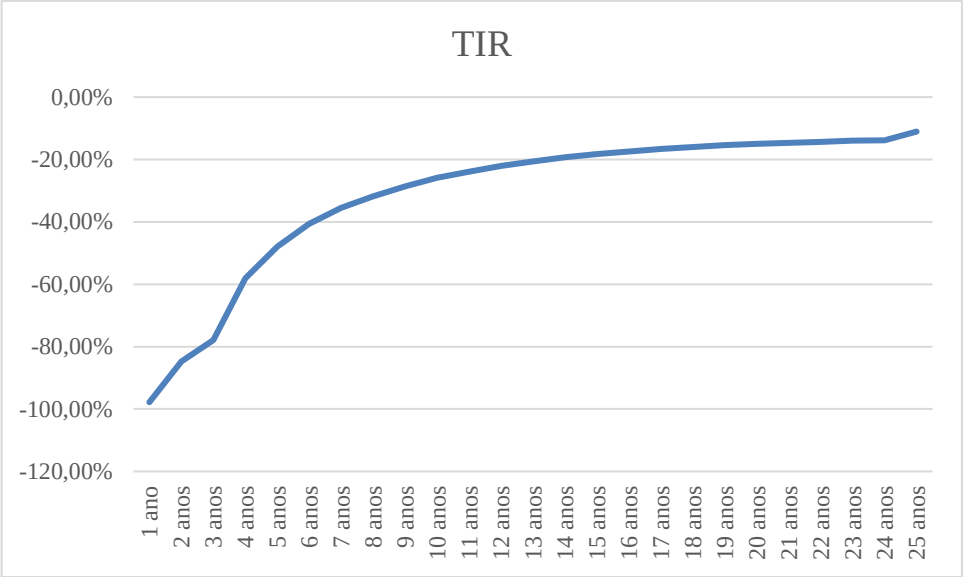
A análise econômica por TIR, considerando todas as variáveis acima apresentadas e a Equação 2.8, não se obtêm valores positivos na análise, como mostrado na Tabela 4.14 e complementado pela Figura 4.14.

Tabela 4.14: TIR para cenário de volume de reservação de 874,5%

Taxa Interna de Retorno (TIR)					
20 anos	21 anos	22 anos	23 anos	24 anos	25 anos
-15,00%	-14,69%	-14,36%	-13,98%	-13,81%	-11,04%

Fonte: Acervo próprio

Figura 4.14: TIR para cenário de volume de reservação de 874,5%



Fonte: Acervo próprio

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Incorporar soluções sustentáveis nas novas edificações, tem sido o diferencial das grandes construtoras, a maioria das medidas são adotadas apenas como marketing para vender os empreendimentos sem qualquer cuidado de se estabelecer se tal medida é viável técnica e economicamente.

Umas das soluções de maior aplicação é a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, principalmente para torneiras de lavagem e jardim nas áreas comuns da edificação e para descargas de bacias sanitárias.

Cabe ressaltar, que a utilização de águas pluviais, como fonte alternativa de ao abastecimento de água requer uma gestão da qualidade e da quantidade. A água de chuva pode ser utilizada desde que atenda a todos os parâmetros mínimos de qualidade exigidos pela NBR 15227 (ABNT, 2007), de forma que não comprometa a saúde de seus usuários nem a vida útil do sistema.

Desse modo, para adoção de um sistema de aproveitamento de água pluvial para um edifício multifamiliar é extremamente recomendável fazer um estudo de viabilidade técnica e econômica para o projeto, prevendo o melhor cenário custo-benefício de reservação, como analisado nesse trabalho.

Com base nos cenários de reservação estudados pode-se analisar que a viabilidade técnica e econômica da adoção de um sistema de aproveitamento pluvial para a região metropolitana de Goiânia é inversamente proporcional ao volume de reservação.

Para reservas inferiores a 50% da demanda mensal da edificação, tem-se o retorno do investimento pelos três métodos de análise. Para reservas de 50% da demanda mensal da edificação, tem-se o retorno do investimento por dois dos métodos de análise, entretanto um dos métodos indicou inviabilidade econômica, não resultando em retorno de benefícios financeiros ao longo dos 25 anos de análise. Para reservas de 100% da demanda mensal da edificação, não se observou o retorno do investimento para nenhum dos três métodos de análise econômica utilizados no estudo. Para reservas superiores a 100% da demanda mensal da edificação, não se observou o retorno do investimento para nenhum dos três métodos de análise econômica utilizados no estudo.

Portanto, o cenário que apresenta o melhor custo-benefício, para a edificação em estudo, é o cenário em que 50% da demanda mensal não potável da edificação é suprida pela água da chuva. No entanto, volumes de reservação menores também apresentam custo-benefício aceitável.

O presente estudo apresenta algumas limitações em viabilidade econômica, pois foram considerados apenas custos dos reservatórios e dos sistemas de tratamento, faltando a contabilização e cotação dos gastos com as tubulações e conexões necessárias aos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Na análise de viabilidade técnica, tem-se que prever locais para a instalação dos reservatórios, que se não forem previstos em projeto, geralmente uma edificação multifamiliar não dispõe de muito espaço livre e correto para a instalação de um reservatório para armazenar a água pluvial. Além disso a relação demanda x oferta de água de chuva, para o caso em estudo, mostra que a demanda da edificação é superior à oferta de água pluvial, tendo a necessidade de complementação com água da concessionária em todos os cenários de avaliação.

CAPÍTULO 6

REFERÊNCIAS

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007, 8p.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998, 14p.

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

ANA: Agência Nacional de Águas, SAS/ANA: Superitendência de Conservação de Águas e Solo, FIESP: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, SindusCon-SP: Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo, COMASP - Comitê de Meio Ambiente do SindusCon-SP. **Conservação e Reuso de água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica,2005;115p.

ATHAYDE JÚNIOR,G.B., DIAS,I.C.S., GADELHA,C.L.M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98, abr./jun. 2008.

BCB: **Banco Central do Brasil.** http://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/home, acesso: 10 de novembro de 2016.

CAMPOS, M.A.S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**.2004.Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos,2004.

CAMPOS, M.A.S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de particles sawarm optimization.**2012.Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, Campinas,2012.

CELG D: **Boletim Tarifário de 2016 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)** - CELG DISTRIBUIÇÃO. Goiás, 2016, 4p.

Gomes, M.I.L. **Dados de chuva**. 2015. Pesquisa de campo. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

GUSMÃO, B.A., FLORENZANO, G. **Estudos de sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva em edifícios**.2009.Tese (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia,2009.

HEBERSON, A.S., MARCÓRIO, I.A., RIBEIRO, R.Z. **Estudos de metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva**.2009.Tese (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia,2009.

MARINOSKI,A.K., GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo caso em Florianópolis - SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

NTS: NORMA TECNICA SABESP. **NTS 181**: Dimensionamento do ramal predial de água cavalete e hidrômetro – Primeira ligação. São Paulo, 2012, 6p.

PRATES, W.R. Valor Presente Líquido. **WR PRATES**, http://www.wrprates.com/o-que-e-vpl-valor-presente-liquido, acesso: 21 de novembro de 2016.

PRATES, W.R. Taxa Interna de Retorno. **WR PRATES**, http://www.wrprates.com/o-que-e-tir-taxa-interna-de-retorno, acesso: 21 de novembro de 2016.

REIS, R.P.A. **Apostila Sistemas Prediais Complemantares**.2016. Notas de aula (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia,2016.

RESENDE, B., SOUZA, D.S., RIBEIRO, F.R.S., MOREIRA, V.G. **Estudos de sistemas de suprimento alternativo de água em edifícios residenciais**.2008.Tese (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia,2008.

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**.2009.Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,2009.

SANEAGO: **Resolução da Diretoria do Saneamento de Goiás S.A.** - nº 093/2016. Goiás, 2016, 6p.

WWDR 2016: THE UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT 2016. **WWDR 2016**: Water and jobs. Paris, 2016, 129p.