

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL DUARTE VIANA RODRIGUES

**Análise Técnico-Econômica de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
num Empreendimento do Setor Hoteleiro em Delmiro Gouveia-AL**

Delmiro Gouveia – AL

2018

GABRIEL DUARTE VIANA RODRIGUES

**Análise Técnico-Econômica de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
num Empreendimento do Setor Hoteleiro em Delmiro Gouveia-AL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus do Sertão, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.

Delmiro Gouveia - AL

2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Unidade Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Larissa Carla dos Prazeres Leobino

R696a Rodrigues, Gabriel Duarte Viana

Análise técnico-econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial num empreendimento do setor hoteleiro em Delmiro Gouveia-AL / Gabriel Duarte Viana Rodrigues. – 2018.
60 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.
Monografia (Engenharia Civil.) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2018.

1. Engenharia Civil. 2. Águas pluviais. I. Título.

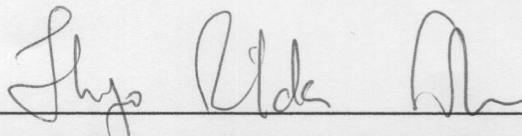
CDU: 628.11

Folha de Aprovação

GABRIEL DUARTE VIANA RODRIGUES

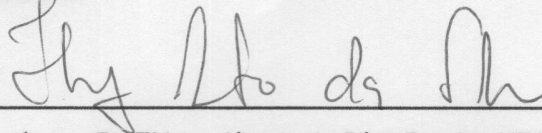
Análise Técnico-Econômica de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial num
Empreendimento do Setor Hoteleiro em Delmiro Gouveia-AL

Trabalho de conclusão de curso submetido
a banca examinadora do Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL,
Campus do Sertão, e aprovado dia 04 de 04 de
2018.

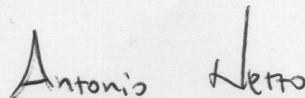


Professor Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL, (Orientador)

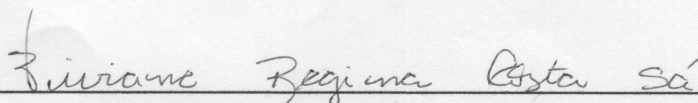
Banca Examinadora:



Professor Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL



Professor Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto, UFAL



Professora Msc. Viviane Regina Costa Sá, UFAL

À Deus.

Aos meus pais e minha irmã.

Aos familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter dado saúde e inteligência nos momentos difíceis ao longo dessa jornada.

Aos meus pais por tudo que me proporcionaram nos bons e maus momentos.

Aos meus amigos e familiares por toda a confiança e apoio.

Aos mestres que eu tive em toda a vida, do jardim de infância à monografia, ao professor Thiago Alberto por toda paciência e ajuda na orientação deste trabalho.

Aos os colegas de turma por todo o companheirismo ao longo desses 5 anos e pela ajuda mútua quando necessário.

RESUMO

Devido ao aumento em escala exponencial do consumo de água no mundo inteiro, faz-se necessário o estudo de novas técnicas para desenvolver economia do consumo de água potável, por exemplo, através da captação de águas da chuva. É uma tecnologia simples, onde a água é interceptada pelo telhado do imóvel, passando por calhas, condutores verticais e horizontais, até chegar ao reservatório inferior, ou cisterna. Uma vez na cisterna, a água será bombeada ao reservatório superior, que deve ter capacidade de reserva para, pelo menos, suprir a demanda diária. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e financeira de um sistema para captar águas pluviais em um hotel de médio porte em Delmiro Gouveia, no semiárido brasileiro, que carece de bons números de precipitação. Devido à alta demanda diária de água não potável foi necessário a realização de simulações com diferentes valores de consumo até que o sistema fosse tecnicamente viável. Os resultados foram obtidos a partir da utilização do método da simulação para dimensionamento do reservatório inferior. Uma vez que conseguiu a viabilidade técnica do sistema alternativo o próximo a se buscar foi a viabilidade financeira pelo método de *payback* descontado, esta também atingida. Baseado nos resultados obtidos pode-se considerar o aproveitamento de água pluvial uma realidade para gestão hídrica do empreendimento em análise.

Palavras-chave: consumo de água, aproveitamento de águas pluviais, viabilidade técnica, viabilidade financeira.

ABSTRACT

Due to the exponential increasing in water consume in the whole world, it is necessary the study in developing new techniques for potable water consuming economy, for example, through rain catchment. It's a simple technology, where the water is intercepted by the property's roof, through gutters, vertical and horizontal conductors, until it reaches the lower reservoir, or cistern, and may have the ability of supplying the daily demand at least. The aim of this study is analyze the technical and financial viability of a system able to catch rain water in medium hotel in Delmiro Gouveia, in brazilian semiarid, that lacks good precipitation numbers. Due to the daily high demand of non-potable water was necessary to perform simulations with different values of consumption until the system were technically viable. The results were obtained by using simulation method to sizing of the low reservoir. Once the technical viability of the alternative system was obtained, the next aim was reaching the financial feasibility through discounted payback method, also accomplished. Based on this results, the exploitation of reusing rain water can be considered a fact to hydric management of the enterprise in analysis.

Key words: water consume, use of rainwater, technical viability, financial viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidade hídrica no mundo	18
Figura 2. Mesorregiões e mapa da seca de Alagoas	20
Figura 3. Aproveitamento e água pluvial	22
Figura 4 (a) e (b). Edificações hoteleiras conforme tipologia edílica	24
Figura 5. Localização da cidade Delmiro Gouveia no mapa de Alagoas	26
Figura 6. Hotel Aline	27
Figura 7. Áreas de captação possíveis do empreendimento.....	28
Figura 8. Ábaco para dimensionamento de calhas e condutores verticais.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribuição de água doce no mundo.....	18
Gráfico 2. Disponibilidade hídrica per capita por estado no Brasil	19
Gráfico 3. Consumo anual de água por atividade	24
Gráfico 4. Média mensal de precipitação (1987-2006).....	39
Gráfico 5. Precipitação anual	39
Gráfico 6. Simulações de reservação do Hotel Aline	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Frequência média diária de uso de água dos hóspedes	25
Tabela 2. Relação dos coeficientes médio de desagregação de chuvas para o Brasil	33
Tabela 3. Capacidade de condutores horizontais de seção circular em litros/min	35
Tabela 4. Área de interceptação da chuva	38
Tabela 5. Demanda diária do Hotel Aline	40
Tabela 6. Valores dos parâmetros utilizados na distribuição de Gumbel	42
Tabela 7. Chuvas diárias com diferentes períodos de retorno	42
Tabela 8. Vazão das calhas em cada área de captação	43
Tabela 9. Orçamento para execução do sistema de captação de água da chuva	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AL	Alagoas
ANA	Agência Nacional de Águas
CV	Cavalo-Vapor
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Organization for Standardization
Km ²	Quilômetros Quadrados
m ²	Metros Quadrados
m.c.a.	Metros de Coluna D'água
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira
p.	Página
PVC	Polietileno de Vinila
[s.d.]	Sem Data
[s.l.]	Sem Localização
SEMARH	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2. ESTRUTURA DO TRABALHO	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Importância da água	17
3.1.1 A água no Brasil	19
3.1.2 A água em Alagoas	20
3.2 Conservação da Água.....	21
3.3 Aproveitamento de Água das Chuvas.....	22
3.3.1 Componentes do sistema de captação.....	23
3.3.2 Caracterização do Consumo no setor hoteleiro	23
3.4 Análise Financeira	25
4. METODOLOGIA	26
4.1 Área de Estudo	26
4.2 Objeto de Estudo	26
4.3 Levantamento de Dados	27
4.3.1 Área de Contribuição	27
4.3.2 Dados Pluviométricos	28
4.3.3 Dados de Consumo de Água Não Potável	28
4.4 Dimensionamento	30

4.4.1 Reservatório Inferior	30
4.4.2 Reservatório Superior.....	31
4.4.3 Calhas	31
4.4.4 Condutores Verticais	33
4.4.5 Condutores Horizontais	34
4.4.6 Estação Elevatória.....	35
4.5 Análise Financeira	35
5. RESULTADOS	38
5.1 Levantamento de Dados	38
5.1.1 Área de Contribuição	38
5.1.2 Dados Pluviométricos	38
5.1.3 Dados de Consumo de Água Não Potável	40
5.2 Dimensionamento	40
5.2.1 Reservatório Inferior	40
5.2.2 Reservatório Superior.....	42
5.2.3 Calhas	42
5.2.4 Condutores Verticais	43
5.2.5 Condutores Horizontais	44
5.2.6 Estação Elevatória.....	44
5.3 Análise Financeira	44
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS	48
APÊNDICES	51
APÊNDICE A	52

APÊNDICE B	53
APÊNDICE C	54
ANEXOS	55
ANEXO A	56
ANEXO B	57
ANEXO C	58
ANEXO D	59

1. INTRODUÇÃO

A água é o componente mais importante para o desenvolvimento e manutenção da vida na Terra, apesar de ser o material em maior abundância, com a tecnologia existente de tratamento, apenas uma parte mínima é considerada como útil para a sobrevivência humana. Além disso, há países com pouca demanda e uma baixa necessidade de vazão per capita, enquanto outros sofrem com o inverso.

Essa irregularidade de distribuição de água mundial também se reflete no Brasil e no estado de Alagoas, por isso, não só é importante como necessária a conscientização e o estudos que abordem os diferentes tipos de tratamento de água e esgoto, da redução do consumo de água, do aproveitamento de águas pluviais, dentre várias medidas educativas.

Nas últimas décadas, o consumo de água cresceu o dobro da população mundial e a estimativa é que a demanda aumente em 55% até 2050. Caso os padrões atuais de consumo sejam mantidos, em 2030 o mundo terá um déficit de 40% no abastecimento de água. (UNESCO, 2015)

O aproveitamento de água da chuva é viável, pode ser executado de maneira bastante simples e tem um baixo custo, uma vez que os processos naturais de utilização na água além de captação e tratamento têm o custo também da distribuição. (FERNANDES, MEDEIROS NETO E MATTOS, 2007)

A cidade de Delmiro Gouveia, local de estudo do presente trabalho, está localizada na região do sertão do estado de Alagoas, na região do semiárido nordestino, região esta que é muito carente de precipitações e que está contida no mapa da seca. Levar a tecnologia de aproveitamento de águas pluviais para lugares como este pode ser o início de uma mudança nos hábitos de toda a comunidade que apesar da pouca oferta ainda desperdiça uma grande quantidade de água.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Analisar a viabilidade técnica e financeira da implantação de um sistema para aproveitamento de águas pluviais em um hotel de médio porte.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar o sistema de captação de armazenamento de água das chuvas;
- Determinar o consumo de água utilizado em vasos sanitários;
- Determinar o consumo de água utilizado para irrigação;
- Determinar os custos de implantação e o tempo de retorno do investimento.

2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O tópico inicial apresenta um diagnóstico geral da situação mundial em termos de recursos hídricos e apresenta os objetivos do trabalho em questão. O segundo capítulo apresenta as subdivisões do trabalho e seus respectivos conteúdos.

No terceiro tópico é apresentado uma revisão bibliográfica do que será abordado, tendo como conteúdo a importância da água, a disposição hídrica nas escalas global, nacional e local, a importância da conservação da água, o aproveitamento de águas pluviais e uma explicação conceitual da análise financeira que será utilizada.

No quarto tópico é descrito a metodologia utilizada na elaboração do estudo referente ao objeto de estudo, levantamento de dados, dimensionamento e análise financeira. O quinto tópico apresenta os resultados obtidos dos itens descritos na metodologia.

O tópico seis descreve o que se pode concluir do estudo realizado e as sugestões e recomendações de análises futuras. No sétimo tópico é descrito todas as referências bibliográficas estudadas.

Por fim, os apêndices apresentam os itens elaborado pelo autor para realização do estudo e os anexos apresentam os projetos do empreendimento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item será abordado toda a fundamentação teórica necessária para a elaboração e leitura do presente trabalho.

3.1 Importância da água

A água tem o poder de escrever a história, criando hábito e culturas, vencendo batalhas e dando vida as espécies, sem ela a Terra não teria se transformado num ambiente adequado para a vida (BACCI E PATACA, 2008).

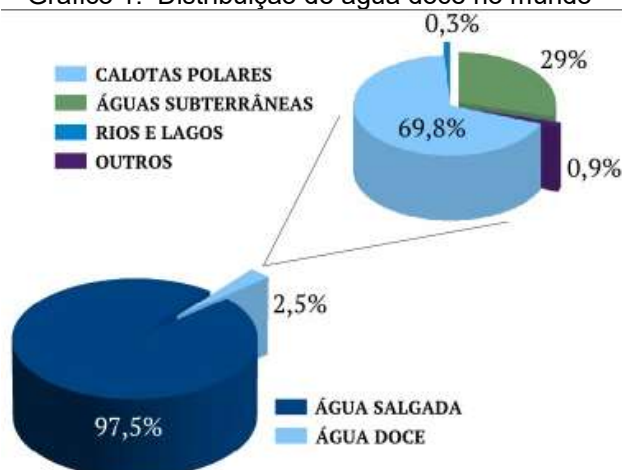
A água é, provavelmente, o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. (GOMES, 2011).

A excreção é um exemplo das atividades fisiológicas que podem explicar tamanha a importância da água para a manutenção da vida. Através da urina, o organismo elimina o que entra e é produzido pelo organismo que pode ser prejudicial à saúde do animal. Se o indivíduo não ingerir líquidos o organismo não terá como excretar compostos que comprometem o bom funcionamento dos órgãos, causando intoxicações com consequências à sua saúde (MORALES, ROBERTO, ANGELIS E ANGELIS, [s.d.]).

Além da necessidade de água para a manutenção fisiológica dos seres vivos, ela também é indispensável para atividades econômicas como, por exemplo, na indústria e nas atividades agrícolas.

Com toda essa necessidade, apesar de maior parte do planeta ser constituída de água, de acordo com o gráfico 1 a seguir, apenas 2,5% do total de água na Terra é apropriado para o consumo humano, dos quais 0,3% é considerado água de fácil acesso, em rios e lagos. Com 99,7% da água potável no mundo não estando em condições acessíveis, torna-se mais do que necessário o estudo das diversas formas de conservação da água, seja diminuindo o consumo ou reaproveitando-a.

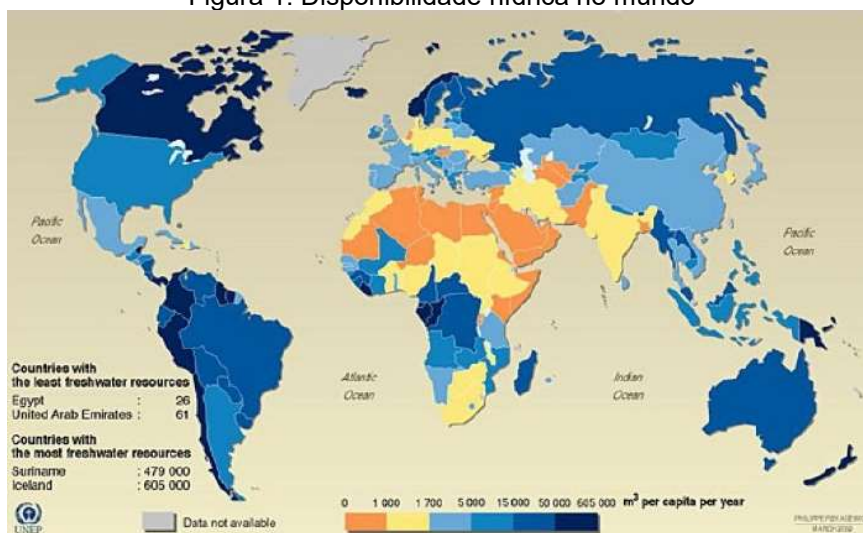
Gráfico 1. Distribuição de água doce no mundo



Fonte: <http://alunosonline.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-pelo-mundo.html>. Disponível em 06 de fevereiro de 2018

A má distribuição de água potável no mundo deve ser outro fator que deve ser chamado atenção. De acordo com a figura 1, percebe-se que, em geral, os países com maiores disponibilidades hídricas são aqueles localizados nas zonas tropicais, onde normalmente tem os maiores valores de precipitações, com exceção dos países do norte da América e Europa, onde apresentam baixos índices de população e grandes porções de águas congeladas. Pode-se observar também que alguns países da região norte e nordeste da África, apesar de localizados na zona tropical, são regiões com os piores índices de disposição hídrica, algo que se reflete na situação econômica desses países que mundialmente são reconhecidos pela crise humanitária nutricional.

Figura 1. Disponibilidade hídrica no mundo



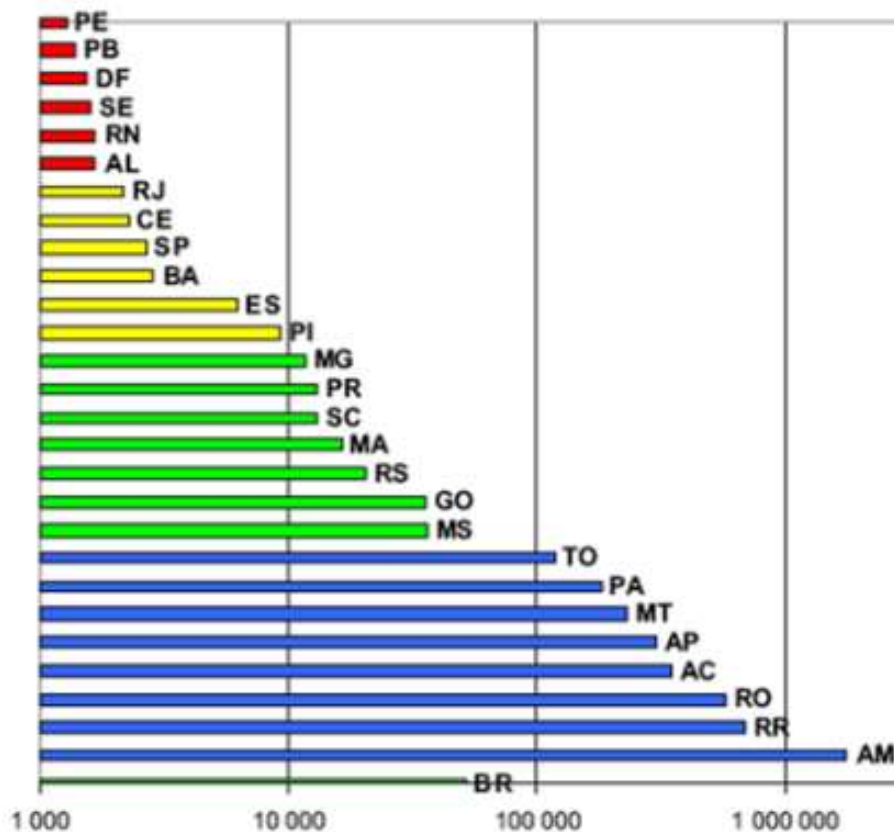
Fonte: ANA (2010)

3.1.1 A água no Brasil

Tratando-se de disponibilidade hídrica, o Brasil é considerado um país rico, detém 12% das reservas de água superficiais apropriadas para consumo, mas também sofre com a distribuição irregular em seu território. A Amazônia possui o maior volume de água potável do país, ao mesmo tempo que é a região menos populosa. Além disso, 36,7% da água tratada no Brasil é desperdiçada, seja por furto, vazamento ou qualquer anomalia na rede de distribuição (SNIS, 2015).

O gráfico 2 apresenta disponibilidade de água per capita por estado no país. Os estados da região Norte do país são os que possuem maiores índices, enquanto que os estados do Nordeste estão com os piores. Como as regiões Sul e Sudeste são as mais industrializadas, boa parte da população nordestina migra para os grandes centros urbanos em busca de oportunidades, embora estes não sejam lugares com elevada concentração de disposição hídrica devido a sua distância dos grandes rios brasileiros.

Gráfico 2. Disponibilidade hídrica per capita por estado no Brasil



Fonte: ANA (2010)

3.1.2 A água em Alagoas

Alagoas é um dos estados mais pobres do Brasil, além de pouco desenvolvimento econômico é um estado que possui, de acordo com gráfico anterior, o sexto menor volume de água per capita do país. Apesar do canal do sertão está finalizado em alguns trechos do estado, muitas comunidades ainda têm de recorrer aos carros-pipa para abastecimento.

A figura 2 demonstra a subdivisão do estado em mesorregiões e o mapa da seca no estado. Pode-se notar que as mesorregiões do alto e médio sertão estão localizadas no mapa de seca, apesar de fraca em sua maioria. Algumas cidades como Delmiro Gouveia, Pariconha, Mata Grande e Canapi em alguns trechos têm uma situação mais agravada, com perspectiva de seca moderada.

Segundo relatório da Semarh (2017), o local com seca baixa poderá ter como consequência a diminuição do plantio, do crescimento de culturas e de pastagens, além de alguns déficits hídricos. Para os locais com seca moderada, poderão ter danos as culturas e pastagens, reservatórios e poços com níveis baixos e algumas faltas de água.

Fazendo uma analogia com a disposição hídrica mundial, algumas cidades do alto sertão de Alagoas podem ser comparadas a situações de países do norte-nordeste da África, onde tem pouco desenvolvimento e pouca disponibilidade hídrica.

Figura 2. Mesorregiões e mapa da seca de Alagoas



Fonte: <http://alexfantastico.blogspot.com.br/2011/09/curiosidades-do-estado-de-alagoas.html> e

SEMARH (2017). Disponível em 08 de fevereiro de 2018

A dificuldade de dispor de uma distribuição regular de água potável atrelada à sua mínima quantidade em condições de fácil acesso e com locais com índices baixíssimos de precipitação explicam o porquê de adotar e estudar novas medidas a respeito da preservação de água.

3.2 Conservação da Água

Em sua dissertação, May (2004) afirma que apesar de todas as informações referentes ao risco de escassez de água, esse recurso vem se diminuindo cada vez mais devido ao crescimento populacional desordenado e o conseqüente aumento da demanda nos grandes centros urbanos.

O fato da população encontrar água de boa qualidade e em abundância em suas torneiras torna o trabalho de conscientização mais difícil, a utilização de água apropriada ao consumo humano em situações que não necessitariam de tanta qualidade tem contribuído para o esgotamento deste recurso. Além disso, o excesso de planejamento em oferta acaba colocando as questões de conservação, reúso e preservação em segundo plano (NUNES, 2000).

Algumas atividades de consumo de água não exigem um padrão tão elevado de qualidade, são os casos para bacias sanitárias, lavagem de roupas, lavagem de piso e irrigação. Podendo nesses casos utilizar água de reúso ou de captação pluvial.

Segundo Oliveira (1999), há três tipos de ações que podem contribuir para redução do consumo de água: ações econômicas, sociais e tecnológicas. As econômicas constituem os incentivos e desincentivos financeiros através de subsídios ou redução de tarifas. As sociais, constituem-se das campanhas socioeducativas. Por fim as tecnológicas, através de peças que trabalhem com menos vazão, de detecção de vazamentos e reúso da água.

O Brasil possui alguns projetos que atuam no sentido de conservação da água, é o caso do Programa Revitalização de Bacias, com objetivo de revitalizar as bacias dos rios São Francisco, Tocantins-Araguaia, Paraíba do Sul e Alto Paraguai; há também o Programa Água Doce com sistemas de dessalinização no semiárido; e também o Programa Cisterna, este voltado para famílias rurais de baixa renda atingidos pela seca ou falta regular de água, neste programa é muito comum a captação de água da chuva para enchimento dos reservatórios.

3.3 Aproveitamento de Água das Chuvas

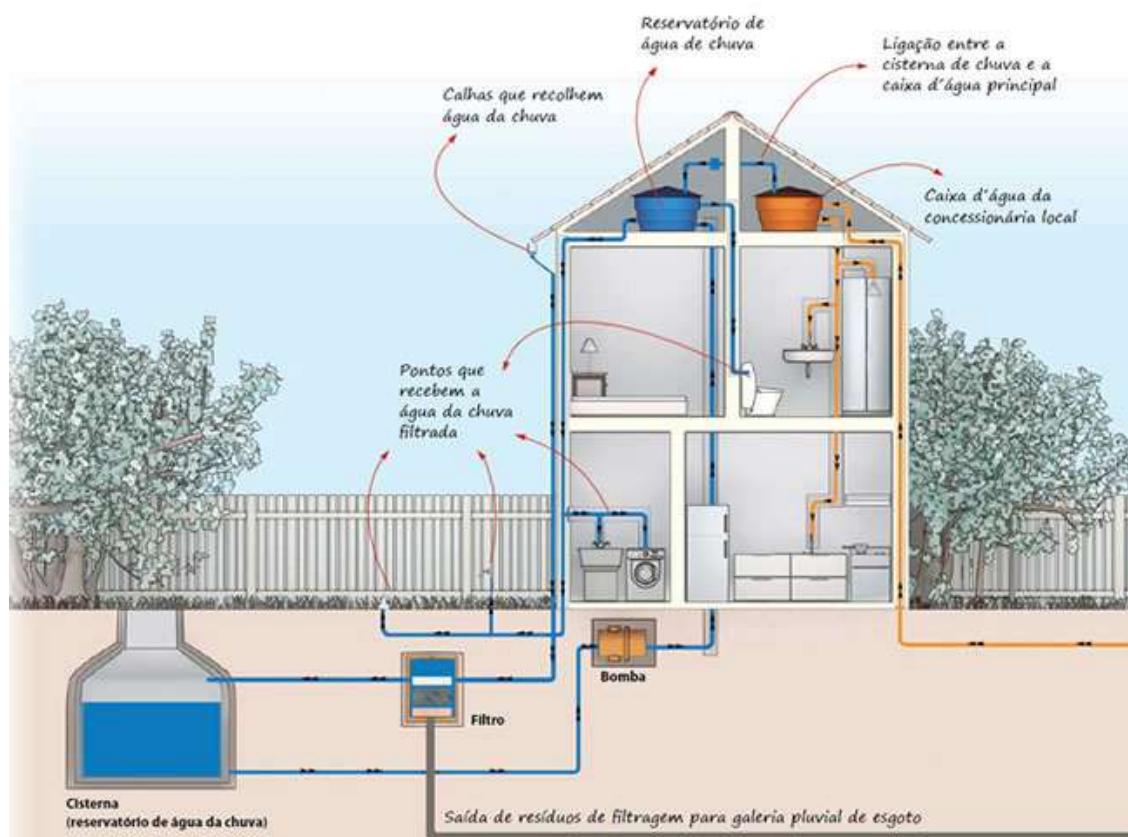
O aproveitamento de água das chuvas é uma técnica crescente devido a ênfase em conservação de água, é utilizada há algum tempo em vários países e contribui para diminuição de enchentes causadas por chuvas torrenciais e para a economia de água potável (TOMAZ, 2010).

Chagas (2016) afirma que o aproveitamento de água pluvial é uma técnica sustentável utilizada para fins não potáveis que gera um alívio no meio ambiente e na conta de água, logo é ambientalmente e financeiramente viável.

No entanto, para haver comprometimento com a saúde dos usuários e da vida útil dos sistemas envolvidos é necessário controle de qualidade da água da chuva (FRANCESCHINI, 2009).

O aproveitamento de água pluvial é vantajoso pelo baixo impacto ambiental, pela função de drenagem em caso de excesso de chuva, armazenamento de volumes consideráveis em caso de emergência e complemento do sistema convencional de abastecimento (adução e rede de distribuição).

Figura 3. Aproveitamento e água pluvial



Fonte: <http://brasiliaconcreta.com.br/captacao-de-aguas-pluviais-fazendo-a-sua-parte/>. Disponível em

12 de fevereiro de 2018.

As possibilidades de aproveitamento de água da chuva estão descritas na figura 3, acima, podendo ser utilizadas em vasos sanitários, irrigação e lavagem de roupas e pisos. Além disso, a figura também ilustra os componentes presentes em um sistema de concepção para aproveitamento pluvial.

3.3.1 Componentes do sistema de captação

O sistema de concepção para captação de água pluvial funciona de modo que a água interceptada pelo telhado do imóvel seja conduzida a um reservatório inferior que por sua vez fornece, através de bombeamento, a demanda diária em um reservatório superior. Para isto, conta com os seguintes componentes: área de contribuição, calhas, condutores verticais, condutores horizontais, reservatórios e estação elevatória.

Segundo a NBR 10844 (1989), a área de contribuição é soma de todas as áreas que interceptam a chuva, conduzindo a água para uma determinada instalação. As calhas são pequenos canais que conduzem água do telhado para condutores verticais. Os condutores verticais e horizontais são tubulações que transportam água respectivamente na vertical e na horizontal. Os reservatórios são compartimentos que armazenam a água coletada da chuva, o inferior armazena o que a precipitação fornecer e o superior armazena a demanda diária. A estação elevatória é máquina que transporta água do reservatório inferior para o superior.

Há ainda componentes que não são necessários para o funcionamento do sistema, mas que são recomendados pela NBR 15527 (2007). É o caso do filtro que melhora a qualidade da água captada e dos dispositivos de detritos e descarte de escoamento inicial, para descartar os primeiros 2 mm da precipitação diária captada, devido ao acúmulo de impurezas e matéria orgânica no telhado.

3.3.2 Caracterização do Consumo no setor hoteleiro

Nascimento e Sant'ana (2014) realizaram um estudo de caracterização do consumo de água no setor hoteleiro, para isso, ela usou duas tipologias (A e B) de acordo com a morfologia do empreendimento.

O edifício de tipologia A, figura 4(a), possui uma estrutura de construção horizontal (3 pavimentos e térreo), é de médio porte, não oferece serviços de lavanderia, nem área de lazer.

O edifício de tipologia B, figura 4 (b), é do tipo de construção vertical (12 pavimentos) e oferta mais serviços quando comparado a tipologia anterior.

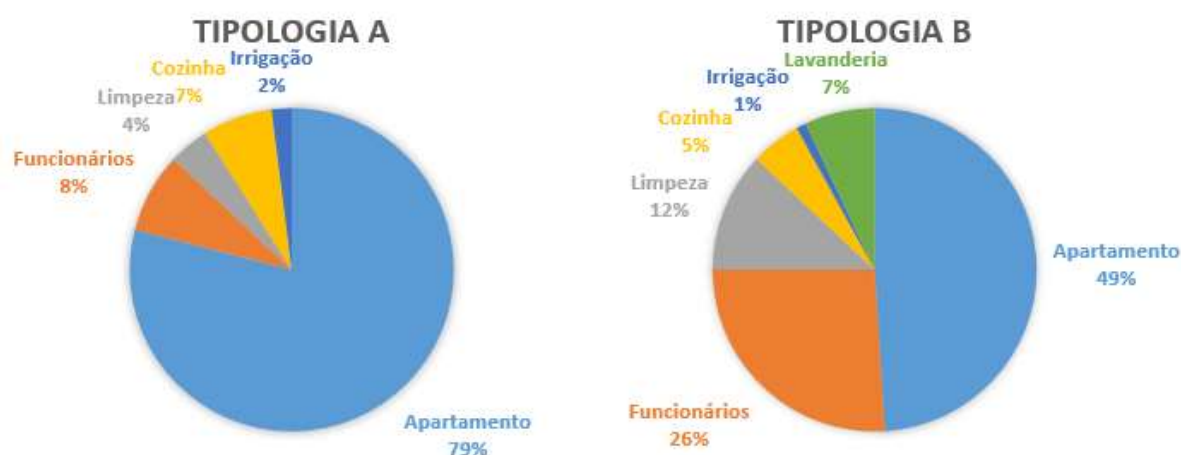
Figura 4 (a) e (b). Edificações hoteleiras conforme tipologia edilícia



Fonte: Nascimento (2014)

Em seu estudo, Nascimento (2014) fez uma espécie de auditoria em ambas as tipologias através de entrevista com as direções administrativas, análise dos históricos de consumo, entrevista com hóspedes e funcionários e vistorias hidráulicas para estimar o consumo de água em cada tipologia e concluir através do gráfico 3 que no edifício que oferta menor quantidade de serviços (tipologia A) o consumo de hóspedes chega a 79% do consumo total, enquanto que o empreendimento com maior quantidade de serviços oferecidos (tipologia B) não chega a 50%.

Gráfico 3. Consumo anual de água por atividade



Fonte: Nascimento (2014)

Por fim, através de questionários com mais de 50 amostras em cada tipologia, Nascimento (2014) caracterizou o consumo dos hóspedes em cada aparelho do apartamento. A tabela abaixo apresenta valores das médias encontradas para cada aparelho analisado.

Tabela 1. Frequência média diária de uso de água dos hóspedes

Atividade Consumidora	Tipologia A	Tipologia B
Descarga Sanitária	2,7	2,65
Lavatório – Mãos	3,5	4,2
Lavatório - Rosto	1,7	2,2
Lavatório – Dentes	2,4	2,7
Lavatório – Barba	0,9	1,0
Chuveiro	1,8	1,9
Ducha Higiênica	1,6	2,1

Fonte: Adaptado de Nascimento (2014)

3.4 Análise Financeira

A citação abaixo demonstra alguns fatores que devem ser levados em consideração quando se realiza uma análise financeira.

A exigência básica de um projeto de investimento é a geração de retorno econômico, que compense os riscos e os custos de capital envolvidos no investimento. As decisões de investimento e financiamento de um projeto de investimento podem ser separáveis, mas dificilmente podem ser independentes. O capital é um fator de produção, e como os outros fatores, tem seu custo associado (SCHROEDER et al., 2005).

Valor presente, taxa interna de retorno, *payback* simples e *payback* descontado são alguns exemplos de como se analisar a viabilidade econômica de algum projeto, seja ele qual for do segmento. No trabalho em questão o método de análise será considerado o *payback* descontado.

O método de *payback* descontado indica o tempo que um investimento leva para ter retorno considerando a desvalorização monetária com o passar do tempo. Neste método o dinheiro é descontado de acordo com a taxa mínima de atratividade (TMA), que pode ser definida como a taxa mínima de rendimento para a realização do investimento (MARQUEZAN, 2006).

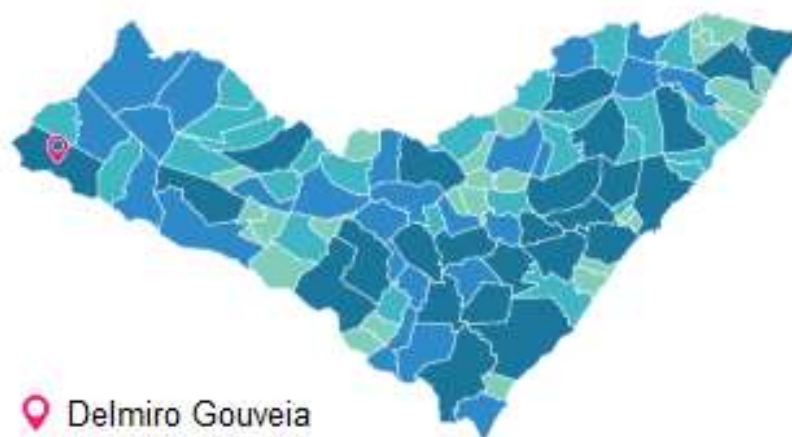
4. METODOLOGIA

Para a realização do presente do trabalho foi necessário fazer estudos acerca da área onde o empreendimento está situado e seus índices pluviométricos além das características do objeto a ser estudado, sendo necessário a coleta de dados de área de cobertura, caracterização do consumo de acordo com referências do setor hoteleiro para enfim realizar a estimativa de consumo.

4.1 Área de Estudo

O hotel em análise está localizado em Delmiro Gouveia, no alto sertão alagoano, conforme a figura 5, região pertencente ao semiárido brasileiro. A cidade tem uma área de mais de 600 mil km² e uma população de 48.096 pessoas. (IBGE, 2010)

Figura 5. Localização da cidade Delmiro Gouveia no mapa de Alagoas



Fonte: IBGE (2018)

4.2 Objeto de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o maior empreendimento do setor hoteleiro do município delmirense, localizado as margens da AL 145 (ver anexo D), bairro Cidade Universitária. O Hotel Aline, edifício recém construído, possui 4 pavimentos (térreo mais 3 andares) para abrigar até 218 hóspedes divididos em 109 leitos duplos (em projeto).

Figura 6. Hotel Aline



Fonte: Agência Alagoas, por Kaio Fragoso (2017)

4.3 Levantamento de Dados

Os dados pluviométricos foram obtidos através do sistema *hidroweb* do site da ANA, onde foi possível obter dados de chuva da cidade desde o ano 1936 até o ano de 2010, a equipe que ficou responsável pela execução de obra do hotel também colaborou com a coleta de dados, que após um pedido através de ofício conforme apêndice B, cedeu os projetos necessários para fazer as análises a fim de obter os resultados do trabalho em questão.

4.3.1 Área de Contribuição

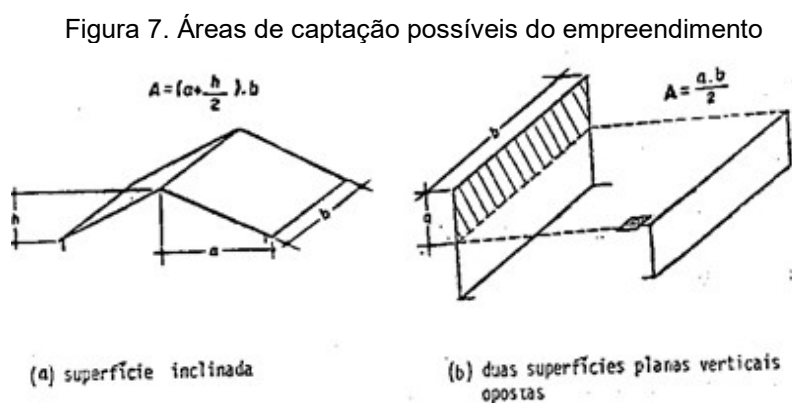
O cálculo da área de interceptação influenciará diretamente em todo o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, desde as calhas ao reservatório inferior, daí sua importância de calcular de acordo com o tipo de telhado do empreendimento (ver figura 7).

No telhado em questão além de ter uma inclinação de projeto de 10%, ele possui platibandas por todo seu perímetro, devido a fachada do prédio (ver anexo

C), logo é necessário considerar incrementos de correção para calcular a área de contribuição. (NBR 10844, 1989).

A área de captação será calculada conforme a figura 7 (a) devido o telhado possuir inclinação com duas águas e conforme figura 7(b) devido a presença de platibanda no telhado do prédio.

As dimensões que a norma utiliza para calcular a área de contribuição só foi possível com o auxílio do software *autocad*, onde foi necessário medir cada elemento de cada caimento do telhado. O cálculo será baseado conforme as situações das superfícies abaixo, que se adequam a padrão da edificação em análise.



Fonte: NBR 10844 (1989)

4.3.2 Dados Pluviométricos

Os dados de chuva diários utilizados no presente trabalho correspondem a uma série histórica sem falhas, mais recente, de 20 anos de duração. Os valores referem-se à estação 937013 e foram obtidos através do site da ANA, no portal *hidroweb*, e compilados pelo *software* hidro 1.3, também disponibilizado pelo mesmo *site*.

4.3.3 Dados de Consumo de Água Não Potável

Uma vez que o empreendimento não fora inaugurado antes do início deste trabalho, fez-se necessário buscar alternativas em referências que estudasse a

caracterização e uso final da água no setor hoteleiro para então fazer uma estimativa similar a realidade de quando iniciasse as atividades do hotel.

No hotel em análise a equipe de obra informou que a expectativa média de ocupação é de 80%, então usaremos o coeficiente de 0,8, na demanda de vasos sanitários, para retratar o caso particular do empreendimento em questão.

$$D_{vs} = P * V_c * n * 0,8 \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

- D_{vs} ; demanda diária para os vasos sanitários, em m³;
- P ; número de hóspedes;
- V_c ; volume da caixa acoplada do vaso sanitário, em m³;
- n ; número de vezes que se utiliza a descarga por dia;
- 0,8; Coeficiente de ocupação do hotel.

Para a estimativa de irrigação, segundo Alcântara Júnior (2001 *apud* Marouelli *et al.*, 2016): “Considerando as condições climáticas locais, é necessária uma lâmina de água de 5 mm por dia para que a irrigação seja eficiente”.

$$D_j = A * V_{m^2} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

- D_j ; demanda diária para irrigação do jardim, em m³;
- A ; área do jardim, em m²;
- V_{m^2} ; volume de água por m² do jardim, em m³.

Como não consta em projeto área para serviços de lavanderia e o estacionamento é pavimentado em paralelepípedo, portanto não lavável, a demanda total diária, não potável, é calculada somando a demanda de vasos sanitários e a demanda necessária para irrigação. Ficando:

$$D_T = D_{VS} + D_j \quad (\text{Equação 03})$$

Onde:

- D_T ; demanda total, em m³.

4.4 Dimensionamento

Neste t3pico ser3o demonstrados os procedimentos necess3rios para realizar o dimensionamento dos componentes do sistema de concep3o em estudo de acordo com a NBR 15527 (2007) e NBR 10844 (1989).

4.4.1 Reservat3rio Inferior

O c3lculo do reservat3rio inferior foi feito atrav3s do M3todo da Simula3o, onde a evapora3o da 3gua n3o 3 levada em considera3o. (NBR 15527, 2007).

$$s_{(t)} = q_{(t)} + s_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (\text{Equa3o 04})$$

$$q_{(t)} = C * P_{(t)} * A \quad (\text{Equa3o 05})$$

Onde: $0 \leq s_{(t)} \leq V$

- $s_{(t)}$; volume de 3gua no reservat3rio no tempo t, em m³;
- $q_{(t)}$; volume de chuva no tempo t, em m³;
- $s_{(t-1)}$; o volume de 3gua no reservat3rio no tempo t – 1, em m³;
- $D_{(t)}$; demanda no tempo t, em m³;
- C; coeficiente de escoamento superficial;
- $P_{(t)}$; precipita3o di3ria, em mm;
- A; 3rea de capta3o de agua pluvial, em m²;
- V; volume do reservat3rio fixado, em m³.

Para este m3todo deve ser considerada a hip3tese de que o reservat3rio deve estar cheio no in3cio da contagem de “t”, e tamb3m considerar os dados da s3rie como representativos para as condi3o3es posteriores. Se $s_{(t)} < 0$, considera-se que o sistema falhou no dia em an3lise.

A solu3o dessa simula3o se deu atrav3s de uma planilha eletr3nica (ver ap3ndice A), onde foi inserido todos os dados presentes nas equa3o3es 04 e 05.

A falha foi calculada da seguinte forma:

$$Falha(\%) = \frac{\sum F * 100}{\sum d} \quad (\text{Equa3o 06})$$

Onde:

- *Falha*; porcentagem de falhas do sistema;
- $\sum F$; somatório dos dias em que o sistema falhar;
- $\sum d$; somatório de dias da série histórica que foram coletados os dados.

4.4.2 Reservatório Superior

O volume do reservatório superior será um valor igual ou superior ao obtido no cálculo da demanda diária de água não potável (NBR 5626, 1998).

4.4.3 Calhas

Para dimensionar a calha, é necessário saber a vazão de projeto que a área de interceptação e a intensidade pluviométrica aplicará ao sistema (NBR 10844, 1989).

A equação é dada por:

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad \text{(Equação 07)}$$

Onde:

- Q ; vazão de projeto, em L/min;
- I ; intensidade pluviométrica, em mm/h;
- A ; área de contribuição, em m².

Para calcular a intensidade pluviométrica é necessário coletar as precipitações máximas de cada ano de toda a série histórica e verificar o tempo de retorno para 25 anos, adotado neste estudo pelo fato da área ser uma cobertura e não tolerar empoçamento, nem extravasamento (NBR 10844, 1989). A intensidade pluviométrica será calculada pelo método de Gumbel, onde:

$$X_t = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) * \ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (\text{Equação 08})$$

$$\beta = \bar{X} - 0,451 * S_x \quad (\text{Equação 09})$$

$$\alpha = \frac{1,2826}{S_x} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

- X_t ; precipitação para um determinado tempo de retorno, em mm;
- β ; parâmetro de posição;
- α ; parâmetro de escala;
- T; tempo de retorno que se deseja;
- \bar{X} ; média de todas as precipitações máximas anuais;
- S_x ; desvio padrão das precipitações máximas.

A norma ainda afirma que o tempo de duração da precipitação deve ser fixado em 5 minutos e caso sejam conhecidos valores de tempo de concentração e dados de intensidade pluviométrica correspondentes, estes poderão ser utilizados. (NBR 10844, 1989).

Para obter a relação de tempos menores de precipitação é necessário utilizar-se do método da desagregação de chuva diária. Sendo ele descrito por:

$$r_{(i;j)} = \frac{P_i}{P_j} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

- $r_{(i;j)}$; relação entre as precipitações de duração i e duração j;
- P_i ; precipitação com duração i;
- P_j ; precipitação com duração j.

A tabela 2 foi utilizada para a obtenção das relações de precipitação de diferentes durações.

Tabela 2. Relação dos coeficientes médio de desagregação de chuvas para o Brasil

Relação	Brasil
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30min	0,7
20min/30min	0,81
25min/30min	0,91
30min/1h	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,85
12h/24h	0,85
24h/1dia	1,14

Fonte: Adaptado de CETESB (1986)

Obtendo o cálculo da vazão do sistema, após o cálculo da intensidade pluviométrica é possível obter a vazão de projeto da área de interceptação de acordo com a equação 07. A NBR 10844 (1989) não permite uma inclinação menor que 0,5% e ainda recomenda, para este cálculo, a fórmula de Manning- Strickler, apresentada a seguir, para verificar se a calha tem capacidade de suprir a vazão de projeto.

$$Q = K * \left(\frac{S}{n}\right) * \sqrt[3]{R_H^2} * \sqrt{i} \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

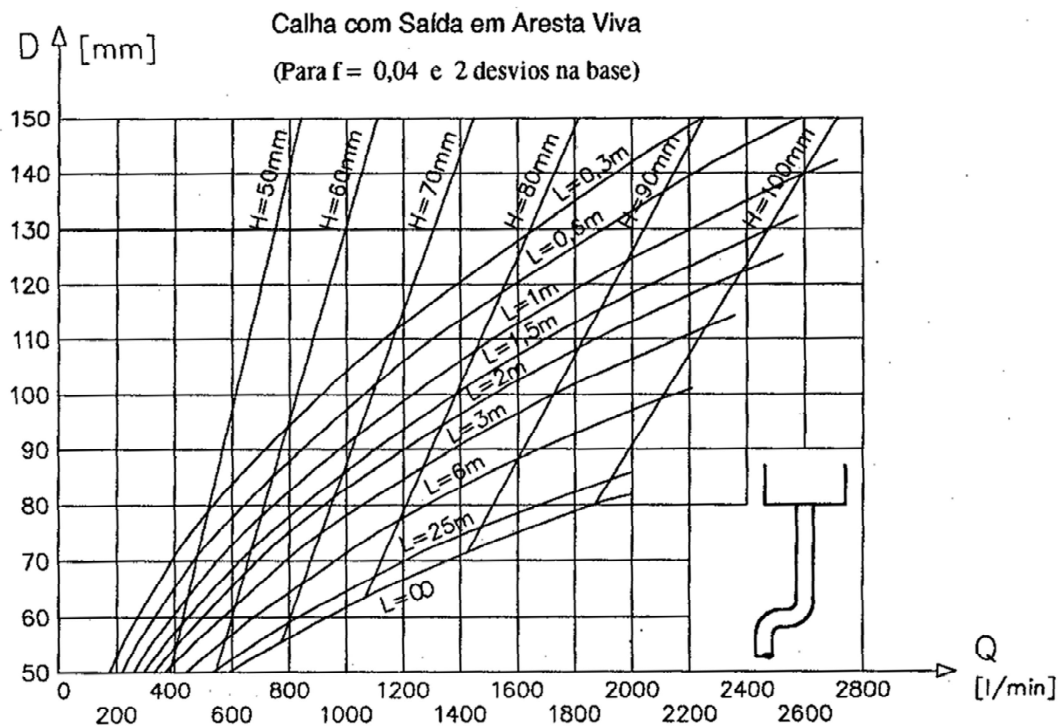
- Q; vazão de projeto, em L/min;
- K; 60.000.
- S; área da seção molhada, em m²;
- n; coeficiente de rugosidade;
- P; perímetro molhado, em m;
- R_H; raio hidráulico em m, ou $\frac{P}{S}$;
- i; declividade da calha, em m/m;

4.4.4 Condutores Verticais

Os condutores verticais não devem ter diâmetro menor que 70 mm, sempre que possível, projetos numa única prumada e devem ser dimensionados a partir da

vazão de projeto, em litros por minuto, da altura da lâmina de água na calha, em mm e do comprimento do condutor vertical, em metros. (NBR 10844, 1989). A figura 8 apresenta o ábaco para dimensionamento dos condutores verticais.

Figura 8. Ábaco para dimensionamento de calhas e condutores verticais



Fonte: Adaptado de NBR 10844 (1989)

4.4.5 Condutores Horizontais

Do mesmo modo que as calhas, os condutores horizontais não devem ter inclinações menores que 0,5%. Além disso, as ligações entre condutores verticais e horizontais devem ser realizadas por curvas de raio longo, com caixa de inspeção ou areia. O dimensionamento deve ser feito para que a altura de lâmina d'água tenha 2/3 do diâmetro interno do tubo (NBR 10844, 1989).

Para este cálculo além da vazão do sistema, em litros por minuto, é necessário saber a inclinação do condutor horizontal e o coeficiente de rugosidade do material escolhido para a calha. A tabela 3, logo abaixo, está disponível na NBR 10844 para dimensionamento dos condutores horizontais.

Tabela 3. Capacidade de condutores horizontais de seção circular em litros/min

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: NBR 10844 1989)

4.4.6 Estação Elevatória

Para o dimensionamento da estação elevatória, a fim de reduzir os custos de implantação do sistema, verificou-se no SINAPI, não desonerado, a bomba centrífuga de menor potência e em seguida procurou no catálogo de produtos da Schneider, marca muito conhecida e de elevada aceitação no mercado, uma bomba de potência equivalente para verificar se atendia as características de implantação supostas por este trabalho.

4.5 Análise Financeira

Concluindo todos os procedimentos, calculando as devidas dimensões de cada elemento do sistema e tendo assegurado sua viabilidade técnica, faz-se necessário o cálculo do orçamento para saber se o investimento é viável e qual o seu tempo de retorno.

Neste trabalho será considerado financeiramente viável se o tempo de retorno estiver menor que 15 anos, pois, em média, é nesse período que os elementos começam a ficar defasados devido a manutenções inapropriadas, ou por falta dela.

Para orçar o investimento inicial, usou-se como referência uma tabela de Tomaz (2010), onde ele demonstrou os custos, em dólares, para a realização de um reservatório enterrado de 300 m³. Essa tabela foi adaptada, fazendo proporções, para o volume de reservatório encontrado e também para a realidade local, onde foram utilizados valores disponíveis na tabela do SINAPI não desonerado, de dezembro de 2017 (mais atualizada), onde já estão inclusos os valores dos encargos sociais nos preços dos insumos.

Além do custo inicial, deve ser acrescentado o valor gasto mensalmente com a energia da moto-bomba, utilizada para transportar água do reservatório inferior para o superior, representado pela fórmula abaixo:

$$C_{ME} = P * t * n * T_E \quad \text{(Equação 13)}$$

Onde:

- C_{ME} ; custo mensal de energia;
- P ; potência do conjunto motor-bomba;
- t ; número de horas de funcionamento por dia;
- n ; número de dias de utilização da bomba;
- T_E ; tarifa de energia.

Para saber a economia total mensal, deve-se calcular o quanto diminuirá por mês o valor da conta de água e então diminuir o valor da economia gerada pela substituição pela água da chuva pelo valor do custo mensal gasto de energia pela bomba centrífuga.

$$E_a = D * T_a \quad \text{(Equação 14)}$$

$$E_T = E_a - C_{ME} \quad \text{(Equação 15)}$$

Onde:

- E_a ; economia mensal na conta de água pela demanda suprida pela chuva;
- D ; demanda mensal substituída pela chuva;
- T_a ; tarifa de água;
- E_T ; economia total mensal.

Tendo calculado a economia mensal é possível calcular o retorno financeiro através do método de *payback* descontado, onde será possível saber, em meses, o tempo de retorno financeiro, apresentado na equação 16, a seguir:

$$I_0 \leq \sum_1^n \left[\frac{B_n - C_n}{(1+i)^n} \right] \quad (\text{Equação 16})$$

Onde:

- I_0 ; Investimento inicial;
- B_n ; são os benefícios;
- C_n ; custos relevantes, excluindo os custos iniciais;
- i ; taxa mínima de atratividade (TMA);
- n ; variável tempo, indica o número de períodos medido em meses.

A taxa mínima de atratividade foi adotada igual ao rendimento de poupança em 0,3855% a.m no mês de fevereiro de 2018, esse rendimento refere-se a 70% da meta da taxa Selic, visto que a mesma está abaixo de 8,5% a.a. (Banco Central, 2018)

5. RESULTADOS

Neste tópico serão demonstrados todos os valores necessários para se chegar a conclusão do presente trabalho, sendo viável ou não.

5.1 Levantamento de Dados

Aqui serão apresentados os valores das características iniciais do empreendimento que devem ser levadas em consideração para o dimensionamento dos elementos.

5.1.1 Área de Contribuição

O imóvel em análise possui 4 áreas de captação (ver Anexo B), todas inclinadas, com platibanda, logo se faz necessário a correção do cálculo da área de projeção de acordo com a figura 7 para correção do valor de área real.

O telhado possui uma inclinação de 10% com duas áreas tendo 7,37 m de largura x 25,29 m de comprimento e outras duas com 7,37 por 26,56 metros, sendo que uma dessas tem um desconto de aproximadamente 26 m², devido a característica do prédio (ver anexo B). Os resultados encontrados encontram-se na tabela 4.

Tabela 4. Área de interceptação da chuva

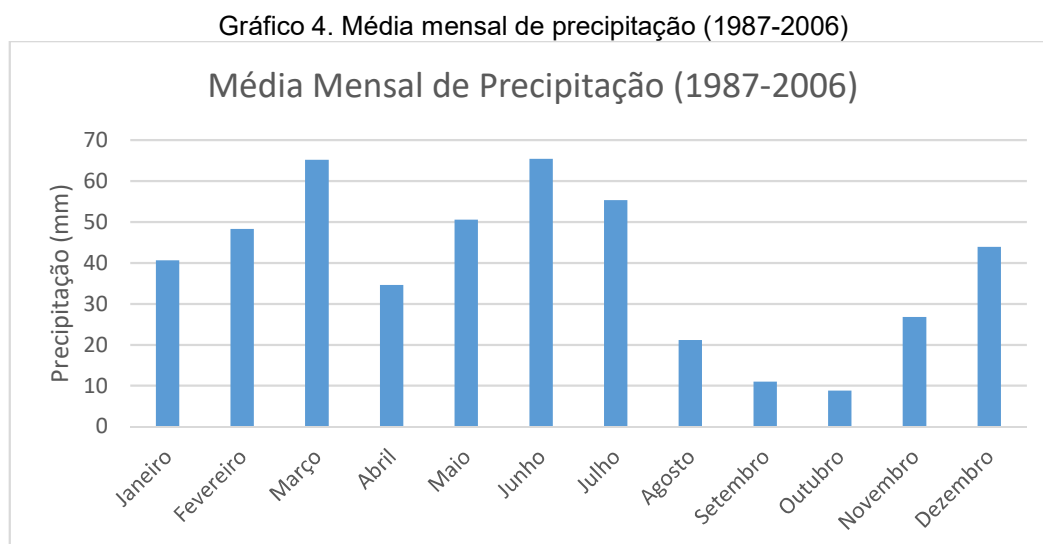
Telhado	Área (m²)
A1	195,49 m ²
A2	195,49 m ²
A3	205,30 m ²
A4	178,96 m ²
A(total)	775,26 m²

Fonte: Autor (2018)

5.1.2 Dados Pluviométricos

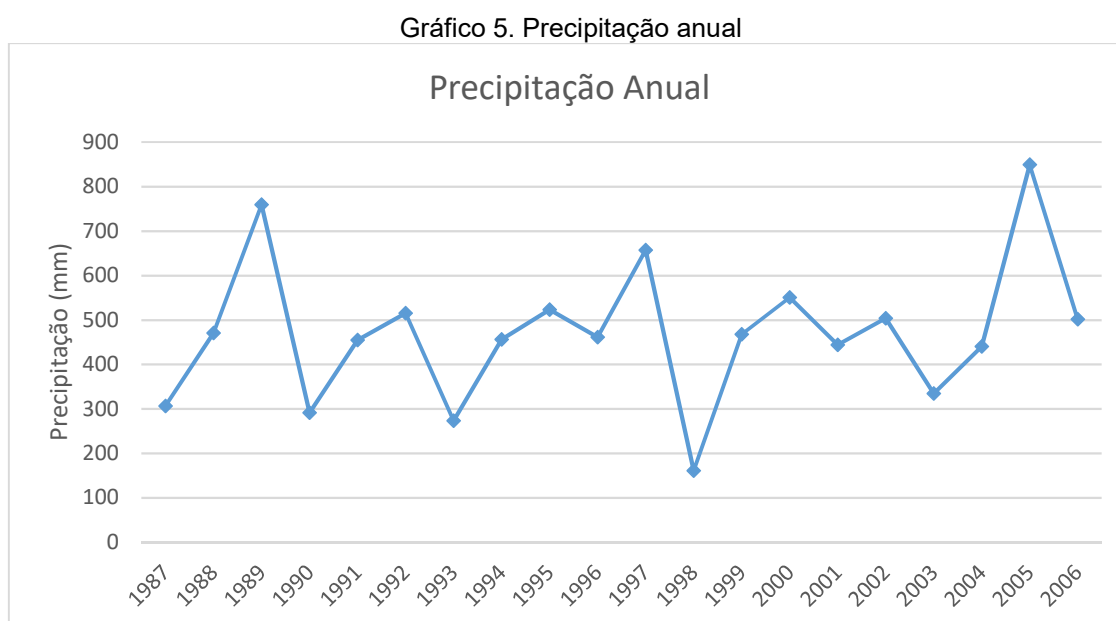
Os dados de chuva da estação 937013 (Delmiro Gouveia) representam o período de 1 de janeiro de 1987 à 31 de dezembro de 2006. A média de precipitação

anual da série corresponde a 471,37 mm, valor este obtido muito em função dos meses de março, maio, junho e julho, onde normalmente tem as maiores médias de precipitação (ver gráfico 4).



Fonte: Adaptado de ANA (2018)

Ao colocar em gráfico (ver gráfico 5) o valor total da precipitação anual, vê-se que a maioria dos anos está abaixo da média anual obtida, isso pelo fato de ter três anos com um alto valor de chuva, como foi o caso de 1989, 1997 e 2005, este passando dos 800 mm anuais. Por outro lado, percebe-se que o ano de 1998 foi bem escasso de água, e possivelmente de muita dificuldade para as famílias que sobreviviam do agronegócio, com uma média anual de 161,3 mm.



Fonte: Adaptado de ANA (2018)

Tanto a distribuição de chuva mensal como a anual é bastante irregular apresentando picos de grandes diferenças nos índices pluviométricos, então os gráficos 4 e 5 explicam a necessidade de um grande volume para armazenamento.

5.1.3 Dados de Consumo de Água Não Potável

De acordo com as equações 01, 02 e 03, foi possível obter respectivamente os dados de demanda diária de vaso sanitário, jardim e total. Os valores obtidos estão na tabela 5.

Tabela 5. Demanda diária do Hotel Aline

Consumo Total Diário (m³)	
Vaso Sanitário	2,82
Jardim	1,08
Total	3,90

Fonte: Autor (2018)

Vale destacar que para o cálculo da demanda de vaso sanitário o valor utilizado para o número de vezes que um hóspede utiliza o aparelho correspondeu a 2,7 vezes ao dia, valor utilizado por Nascimento (2014) em edifícios de tipologia semelhante ao empreendimento em estudo.

5.2 Dimensionamento

5.2.1 Reservatório Inferior

Devido à alta demanda de água, 3,9 m³ diários, não potável diária do empreendimento, viu-se (ver gráfico 6) que para a área de captação não era possível obter um alto grau de eficiência, chegando a ter uma falha de 74,15% ao considerar um volume de 400 m³.

Realizaram-se mais duas simulações numa tentativa de se chegar a viabilidade técnica do sistema para aproveitamento de águas pluviais. A primeira simulação, deu-se somando as demandas diárias de vaso sanitário e do jardim, as outras duas, simulou-se separadamente cada demanda, uma para vaso (2,82 m³) e outra para o jardim (1,075m³).

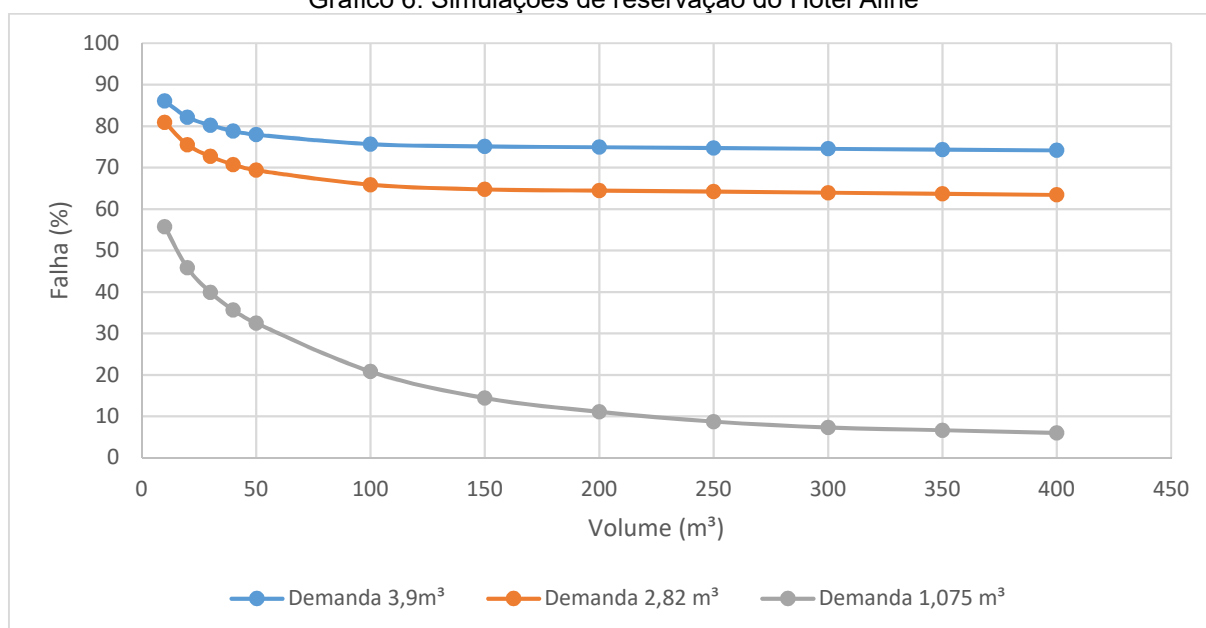
Para a demanda de 2,82 m³ diários viu-se que a falha baixou se relacionado a demanda total, obtendo uma falha de 63,42% para o mesmo volume da simulação anterior.

Por fim foi simulado a demanda de jardim, chegando a obter uma falha de 6% para o mesmo volume de reservação de 400 m³ das simulações anteriores, embora tenha se obtido essa falha, o volume adotado será da ordem de 200 m³ para obter uma falha em torno de 10% e baratear os custos de implantação e diminuir o tempo de retorno de investimento.

O cálculo da demanda de irrigação teve um aperfeiçoamento em relação às referências estudadas. Considerou-se a demanda variável, de acordo com a pluviosidade diária, logo para dias com pluviosidade acima de 8 mm, dispensou o serviço de irrigação. A adaptação segue os critérios de 6mm para irrigação (5mm é a necessidade do gramado e 1 mm é a folga) e 2mm de descarte (recomendação da NBR 15227, 2007).

O gráfico 6 demonstra as falhas obtidas numa simulação de mesmo volume de reservação para demandas diferentes e demonstra que a viabilidade técnica é possível apenas para a simulação de irrigação, por isso a opção de dimensionamento do sistema para esta demanda.

Gráfico 6. Simulações de reservação do Hotel Aline



Fonte: Autor (2018)

5.2.2 Reservatório Superior

O reservatório superior, como foi falado anteriormente, suprirá as necessidades diárias da demanda de água substituída pela água das chuvas. Portanto como o valor diário necessário é aproximadamente 1075 litros, o volume adotado será de 1500 litros devido à facilidade de encontrar reservatórios com essa capacidade em fibra de vidro ou em polietileno.

5.2.3 Calhas

Para o dimensionamento das calhas é necessário utilizar os parâmetros da distribuição de Gumbel para enfim chegar ao valor da intensidade de precipitação utilizada na equação 07. Os valores obtidos dos parâmetros estão apresentados na tabela 6 e correspondem aos dados presentes no apêndice C.

Tabela 6. Valores dos parâmetros utilizados na distribuição de Gumbel

Parâmetro	Valor
Média	62,791
Desvio Padrão	26,547
Beta	50,818
Alfa	0,048

Fonte: Autor (2018)

A tabela 7 apresenta os valores, de acordo com a equação 08, da probabilidade de precipitações máximas diárias para diferentes períodos de retorno na cidade de Delmiro Gouveia.

Tabela 7. Chuvas diárias com diferentes períodos de retorno

Tempo de Retorno (anos)	X_t
2	58,404
5	81,863
10	97,396
20	112,295
25	117,020

Fonte: Autor (2018)

Com o valor da máxima precipitação para o tempo de retorno de 25 anos, é necessário desagregá-lo para um tempo de duração de 5 minutos, obtendo um valor de 14,1 mm. No entanto a equação 07 utiliza o valor da intensidade em mm/h, logo é necessário transformá-lo em hora, multiplicando esse valor 12 vezes, para então

utilizá-lo. O valor obtido é de 169,2 mm/h e será utilizado para calcular a vazão de projeto de cada área de captação.

A tabela 8, abaixo, mostra os valores de vazão encontrados de acordo com a equação 07.

Tabela 8. Vazão das calhas em cada área de captação

Vazão das Áreas	
(l/min)	
Q _{área1}	551,286
Q _{área2}	551,286
Q _{área3}	578,970
Q _{área4}	504,692

Fonte: Autor (2018)

Em projeto, já está definido o uso de calhas retangulares (ver anexo A), de 25 cm de base por 20 cm de altura, logo, pela equação de Manning-Strickler essas dimensões resultam num valor de 1777,01 litros por segundo de capacidade máxima de vazão e então conclui-se que para esse elemento do sistema de concepção não é necessário gasto com insumos e mão-de-obra.

5.2.4 Condutores Verticais

Em projeto, existe a presença de 4 *shafters*, com dimensões internas de 0,65x0,65m, um para cada área de captação. No projeto não existe tubulação vertical para o despejo de águas da chuva, porém, em conversas com o empreiteiro responsável pela execução da obra, foi confirmado a existência uma tubulação de 100mm de diâmetro para cada *shafter*.

Ao olhar o diâmetro mínimo para a vazão de cada condutor vertical, é possível perceber, pela figura 8, que um tubo com 60 mm de diâmetro seria suficiente, mas por norma o mínimo possível é de 70 mm.

Como já existe a instalação de tubos de 100 mm de diâmetro, nesse elemento também é dispensado o custo com mão de obra e insumos.

5.2.5 Condutores Horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais foi adotado a mesma inclinação de 0,5% assim como nas tubulações de esgoto já instaladas. De acordo com a tabela 3, presente na NBR 10844/89, para um tubo de PVC (rugosidade 0,011), é necessário uma tubulação horizontal de 150 mm de diâmetro para cada condutor vertical com fim de conduzir a vazão de cada área de captação.

5.2.6 Estação Elevatória

O dimensionamento da estação elevatória foi verificado de acordo com a fabricante *Schneider* o desempenho de uma bomba centrífuga de 0,5 CV. Segundo o fabricante, uma bomba com essa característica, é possível bombear água até 8 metros de altura de coluna de água para a tubulação de sucção e se chegar a uma altura manométrica de 24 m.c.a. Para essa altura manométrica a bomba consegue bombear uma vazão de 0,6 m³/h.

Como a vazão de água que será substituída por água da chuva será apenas de 1075 litros por dia, percebe-se que esse conjunto é capaz de atender as necessidades de irrigação.

5.3 Análise Financeira

O orçamento para a implantação do sistema foi realizado baseado num estudo preliminar sem uma análise minuciosa das cotações de preços de todos os insumos necessários e apresenta uma ideia da ordem de grandeza do custo de implantação do sistema alternativo de aproveitamento de água pluvial.

A análise orçamentária está descrita na página seguinte (tabela 9) com os elementos básicos para a realização do serviço. Os insumos ou composições que não possuem numeração na coluna “Código SINAPI” foram obtidos de outras fontes devido à sua ausência no banco de dados do sistema de pesquisa de insumo e composições da construção civil.

Tabela 9. Orçamento para execução do sistema de captação de água da chuva

Custo do Reservatório enterrado de Concreto Armado 200 m³ + Reservatório Superior 1500 L						
Item	Código SINAPI	Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário R\$	Preço Total R\$
1	73948/016	Limpeza Manual	m ²	160,00	3,32	531,20
2	73686	Locação da Obra	m	33,33	9,21	307,00
3	-	Sondagem	m	20,00	30,00	950,00
4	74154/001	Escavação mecânica, carga e transporte DMT 200 m	m ³	522,00	4,30	2244,60
5	95241	Lastro de Concreto Magro de 5 cm	m ²	127,69	18,95	2419,73
6	34492	Concreto Usinado fck= 20 Mpa	m ³	66,47	215,59	14329,55
7	00000027	Ferro CA-50 16 mm	kg	4666,67	4,84	22586,67
8	00001355	Chapa de Madeira Compensada para forma de concreto	m ²	156,67	28,07	4397,63
9	87799	Emboço	m ²	78,67	35,69	2807,61
10	00006243	Tampão de Ferro Fundido 600mm	unidade	1,00	295,00	295,00
11	00009836	Tubos de Entrada e Descarga 100 mm	m	20,00	8,32	166,40
12	00011621	Impermeabilização com membrana asfáltica	m ²	210,67	33,55	7067,87
13	00010575	Bomba Centrífuga 0,5 CV	unidade	1,00	990,27	990,27
14	00034639	Caixa D'água em Polietileno 1500L	unidade	1,00	641,59	641,59
15	-	Outros	verba	10%	59735,11	5973,51
Total						65708,63

Fonte: Adaptado de Tomaz (2010)

Após o valor final orçamentado em R\$65.708,63, o valor obtido para o custo mensal gerado pela utilização de energia, calculado pela equação 13, tem um valor de R\$14,4. A economia mensal de água foi calculada pela equação 14, com um valor de R\$524,06. Com esses dois valores, utilizando a equação 15, foi possível quantificar a economia mensal, com um valor de R\$509,66.

Para enfim analisar a viabilidade financeira utilizou-se a equação 16, na qual reflete a realidade da desvalorização monetária ao decorrer do tempo. O investimento teve retorno após 179 meses, ou 14,91 anos, tempo este ligeiramente inferior ao máximo estabelecido em 15 anos.

6. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos no trabalho em questão é possível perceber que, embora o resultado técnico não esteja abaixo da recomendação de falha dos 10%, tecnicamente ficou muito próximo desse valor, tornando o sistema com um grau de confiabilidade próximo ao utilizado por outros autores.

Financeiramente, pode-se concluir que é uma solução viável, pois a margem de defasagem de equipamentos fica em torno de 15 anos e o tempo de retorno para o valor investido com a TMA adotada é menor que esse período estabelecido, com uma manutenção adequada e os devidos cuidados na instalação do sistema de concepção, torna-se possível o investimento.

Do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, é uma solução bastante viável, pois evita a utilização de água potável em um fim não potável (irrigação), reduzindo os custos de uma água que passou por todo o processo de tratamento para se adequar as normatizações para o consumo humano. Vale ressaltar ainda a importância do presente trabalho como uma das alternativas para melhoria da gestão hídrica em uma localidade altamente prejudicada pela escassez de água potável.

Outro ponto interessante que um investimento como esse pode levar é numa possível obtenção de uma certificação de ISO 14001, como um reconhecimento em termos de gestão ambiental, já que está reduzindo o consumo de água tratada e aproveitando uma água que não seria aproveitada e simplesmente seria desconsiderada. Certificação essa que pode servir de vitrine, utilizando o marketing a seu favor em cima da gestão de qualidade e da conservação da natureza, pois o hotel está situado numa região onde a rota turística é em sua maior parte para a visita de paisagens naturais.

Por fim, para trabalhos que tiverem a possibilidade de analisar mais de uma vazão para estudo de viabilidade, uma sugestão a se abordar é o comportamento da falha para diferentes vazões em uma mesma área de interceptação. Além disso, deve-se focar em estudar empreendimentos da tipologia de construção horizontal pela sua maior capacidade de captação de águas pluviais e também na realização de análise qualitativa da água das chuvas para possibilidade de utilização nos mais exigentes padrões de consumo das normas brasileiras.

7. REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10844. **Instalações Prediais De Águas Pluviais**, 1989.

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

ABNT NBR 5626. **Instalação Predial De Água Fria**, 1998.

Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/>>. Acesso em: 06 jan. 2018.

BACCI, D. D. L. C.; PATACA, E. M. **Educação Para A Água**. Revista de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Vol. 22, n. 63, p. 211-226, São Paulo, 2008.

Banco Central do Brasil. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/home>>. Acesso em: 03 fev. 2018

BEMFICA, J. M. DO C.; BEMFICA, G. DO. C. **A importância do Reaproveitamento de Água da Chuva**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a154.pdf. Acesso em: 10 jan. 2018

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986.

CHAGAS, P. H. M. **Análise Da Viabilidade Do Aproveitamento De Água Pluvial Em Vasos Sanitários Em Um Empreendimento De Pequeno Porte Do Setor Hoteleiro**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2016.

Delmiro Gouveia. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/delmiro-gouveia/panorama>>. Acesso em 08 jan. 2018

FERNANDES, D. R. M.; V. B. DE M. N.; MATTOS, K. M. DA C. **Viabilidade Econômica Do Uso Da Água Da Chuva: Um Estudo De Caso Da Implantação De Cisterna Na UFRN/RN**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade, Foz do Iguaçu, 2007.

NASCIMENTO, E. A. De A.; SANT'ANA Daniel. **Caracterização Dos Usos-Finais Do Consumo De Água Em Edificações Do Setor Hoteleiro De Brasília**. 3º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis, [s.l.], 2014.

FRANCESCHINI, A. T. DE L.; **Sistema Residencial De Aproveitamento Da Água De Chuva Para Fins Não Potáveis Em Votorantim: Avaliação De Parâmetros De**

Qualidade E Eficiência. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Saneamento Ambiental), Universidade de Sorocaba, Sorocaba, 2009.

GOMES, M. A. F. **Água: Sem Ela Seremos O Planeta Marte De Amanhã.** Embrapa Meio Ambiente - Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2011.

GONÇALVES, L. S. **Relações Intensidade-Duração-Frequência com Base em Estimativas de Precipitação por Satélite.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/49152/000829742.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 jan. 2018

GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA, L. H. DE. **Metodologia para A Implantação De Programa De Uso Racional Da Água Em Edifícios.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

ALCÂNTARA JÚNIOR, A. C. DE. **Viabilidade Técnica E Econômica De Implantação De Um Sistema De Aproveitamento De Água Pluvial No Campus Sertão Da Universidade Federal De Alagoas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2016.

MARIN-MORALES, M. A. Et Al. **Importância Da Água Para A Vida E Garantia De Manutenção Da Sua Qualidade,** [s.d.].

MARQUEZAN, L. **Análise De Investimentos.** Revista Eletrônica de Contabilidade, Vol. III n.1, p. 1-15, [s.l.], 2006.

MAY, S. **Estudo Da Viabilidade Do Aproveitamento De Água Da Chuva Para Consumo Não Potável Em Edificações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Meio Ambiente – Ações do Governo. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/02/acoes-do-governo>>. Acesso em 19 fev. 2018

NUNES, S. DA S. **Estudo Da Conservação De Água Em Edifícios Localizados No Campus Da Universidade Estadual De Campinas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

Programa Cisternas. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas>>. Acesso em 19 fev. 2018

RAMOS, D. A. **Precipitação.** Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/doalcey/materiais/Cap4PrecipitacaoParte3.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2018

SCHROEDER, J. T. Et Al. **O Custo De Capital Como Taxa Mínima De Atratividade Na Avaliação De Projetos De Investimento**. Revista Gestão Industrial, Vol. 01, n. 02, p.33-42, [s.l.], 2005.

Schneider Motobombas. **Motobombas Centrífugas Monoestágio**. Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/media/203148/L%C3%A2mina-BCR-2010.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2018

Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos hídricos de Alagoas. Disponível em: <www.semarnh.al.gov.br/>. Acesso em 18 jan. 2018

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>. Acesso em 12 jan. 2018

TOMAZ, P. **Aproveitamento De Água De Chuva Em Áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis** - Oceania, Vol. 1, n. 4b, 2010

UNESCO. **Relatório Mundial Das Nações Unidas Sobre Desenvolvimento Dos Recursos Hídricos 2015: Água Para Um Mundo Sustentável**, 2015. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/natural-sciences/environment/wwdr/>>. Acesso em 06 fev. 2018

Wladimir. **O que é TMA (Taxa Mínima de Atratividade)?**. Disponível em: <<http://www.wrprates.com/o-que-e-tma-taxa-minima-de-atratividade/>>. Acesso em 03 fev. 2018

Uso Racional da Água. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=587>>. Acesso em 19 fev. 2018

APÊNDICES

APÊNDICE A – PLANILHA PARA SIMULAÇÃO DE RESERVATÓRIO INFERIOR

Método Da Simulação Dos Reservatórios										
Área de Captação (m²)		775,261								
Coeficiente de Runnof		0,95								
Demanda (m³)		1,073171								
Volume do Reservatório (m³)		230								
Data	Chuva Diária (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Volume do Reservatório Fixado (m³)	Volume do Reservatório no tempo (t-1) (m³)	Volume do Reservatório no tempo (t) (m³)	Volume do Reservatório no tempo (t+1) * (m³)	Extrava-samento (m³)	Suprimento de Água Externo (m³)
01/01/1987	0	1,073171	775,261	0,000	230	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07
02/01/1987	0	1,073171	775,261	0,000	230	0,00	-1,07	0,00	0,00	1,07
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30/12/2006	0	1,073171	775,261	0,000	230	113,88	112,80	112,80	0,00	0,00
31/12/2006	0	1,073171	775,261	0,000	230	112,80	111,73	111,73	0,00	0,00

Coluna 1: Dia de ocorrência da precipitação;

Coluna 2: Quantidade de precipitação no dia;

Coluna 3: Demanda Diária;

Coluna 4: Área de Captação;

Coluna 5: Coluna 3 x Coluna 4 x C. Runnof;

Coluna 6: Volume pré-fixado do reservatório;

Coluna 7: Coluna 9 do dia anterior, valor de início 0;

Coluna 8: No início = Volume pré-fixado. Nas demais = Coluna 7 + Coluna 5 - Coluna 3;

Coluna 9: Se coluna 8 for menor que 0, usa 0; se coluna 8 for maior que coluna 6, usa coluna 6, se não usa o valor encontrado;

Coluna 10: Se coluna 7 + Coluna 5 - Coluna 3 for maior que coluna 6, usa coluna 7 + Coluna 5 - Coluna 3 - Coluna 6;

Coluna 11: Se coluna 7 + Coluna 5 - Coluna 3 for menor que 0; usa -(Se coluna 7 + Coluna 5 - Coluna 3).

APÊNDICE B - OFÍCIO

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - CAMPUS DO SERTÃO



OFÍCIO Nº 01/2017

Delmiro Gouveia-AL, 11 de Dezembro de 2017.

À Administração do Canteiro de Obras do Hotel Aline

Assunto: Solicitação de Projetos do Hotel Aline.

Prezados,

Venho por meio deste, **solicitar os projetos de: planta arquitetônica, planta de cobertura, projeto hidrossanitário, área verde e estimativa de ocupação** do referido empreendimento, para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil do aluno Gabriel Duarte Viana Rodrigues, inscrito sob a matrícula 13112250.

Thiago Alberto da Silva Pereira

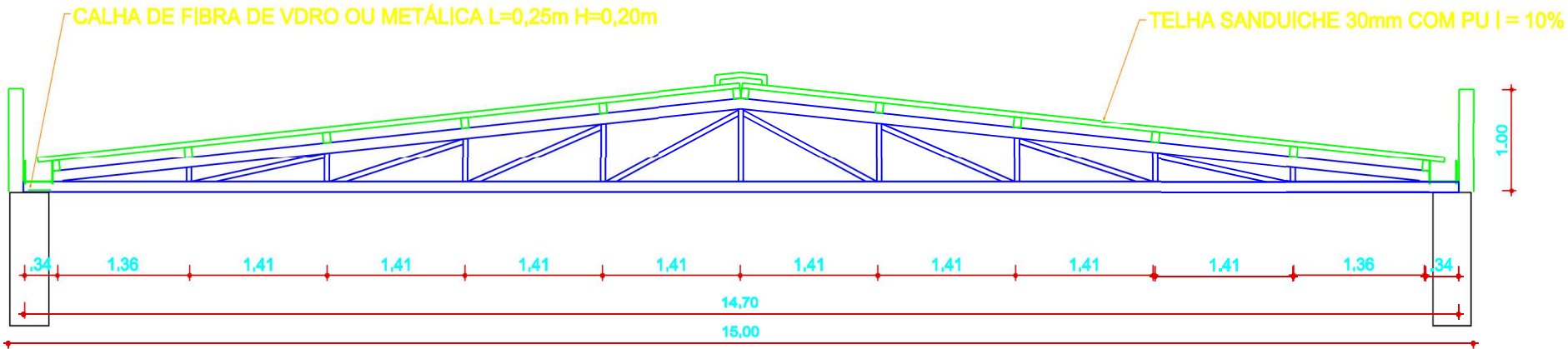
Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira
SIAPE 1992002

APÊNDICE C - PRECIPITAÇÕES

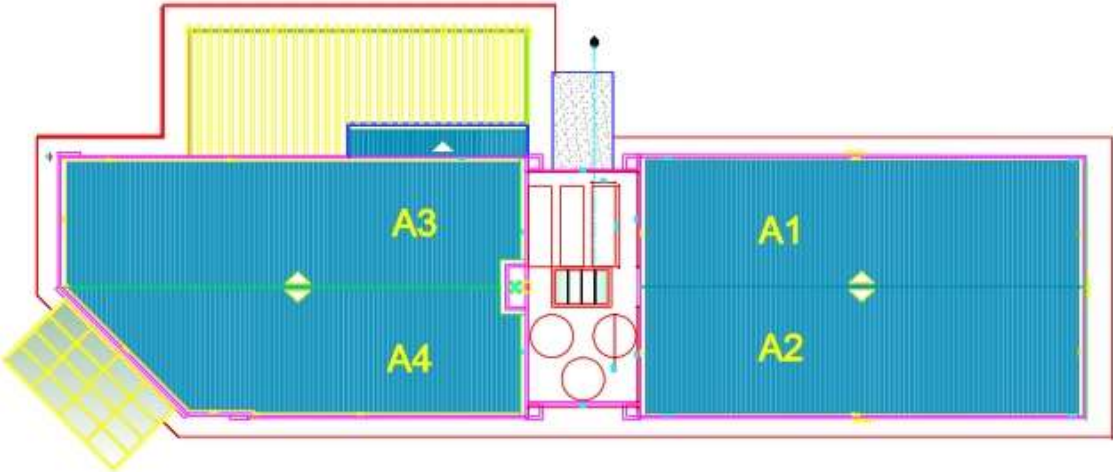
Precipitações Máximas Anuais			
Ano	Máxima	Ano	Máxima
1936	-	1972	44,0
1937	148	1973	-
1938	51	1974	46,0
1939	61	1975	62,0
1940	48	1976	-
1941	70	1977	-
1942	61,5	1978	-
1943	35,5	1979	-
1944	94,5	1980	63,0
1945	69	1981	91,6
1946	30,3	1982	36,5
1947	63,6	1983	86,2
1948	56,2	1984	41,4
1949	37,5	1985	108,0
1950	70	1986	64,8
1951	44,5	1987	46,8
1952	62	1988	28,4
1953	27,5	1989	65,2
1954	29,7	1990	37,4
1955	58	1991	111,0
1956	91	1992	52,2
1957	120	1993	42,2
1958	30	1994	58,0
1959	44	1995	66,4
1960	53	1996	43,5
1961	53	1997	61,8
1962	85,5	1998	18,1
1963	54	1999	121,3
1964	95	2000	90,5
1965	60	2001	89,3
1966	48	2002	51,2
1967	68	2003	90,5
1968	43,4	2004	93,3
1969	77	2005	109,1
1970	34,5	2006	39,5
1971	48		

ANEXOS

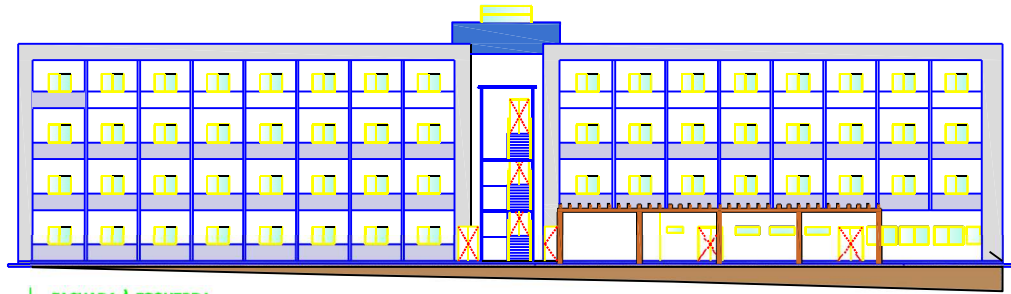
ANEXO A – DETALHAMENTO DA TESOURA



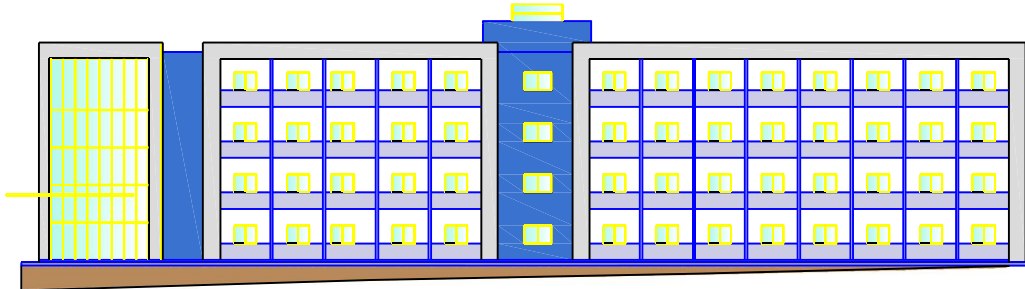
ANEXO B – PLANTA DE COBERTURA



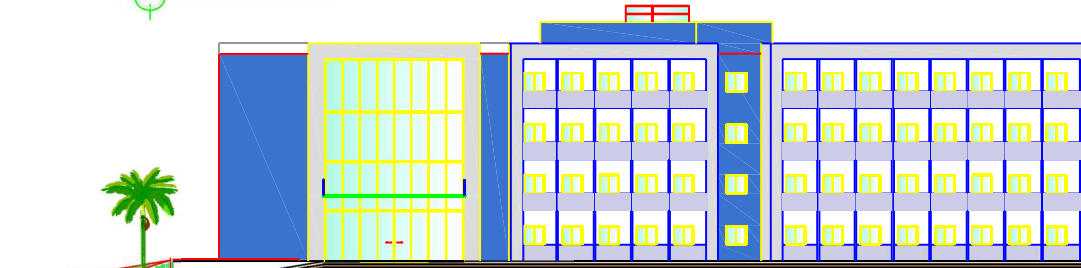
ANEXO C - FACHADAS



FACHADA À ESQUERDA



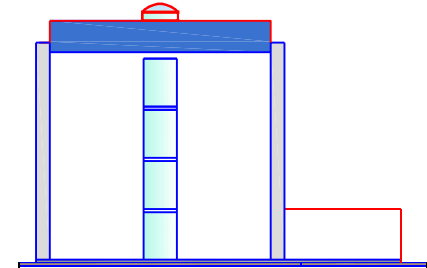
FACHADA À DIREITA



FACHADA RECEPÇÃO



FACHADA FRONTAL



FACHADA POSTERIOR

ANEXO D - SITUAÇÃO

