

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO – EIXO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL**

ALMIR CÉSAR DE ALCÂNTARA JÚNIOR

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO CAMPUS SERTÃO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**

Delmiro Gouveia – AL

2016

ALMIR CÉSAR DE ALCÂNTARA JÚNIOR

**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 de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como
pré-requisito para a obtenção do título de bacharel em En-
genharia Civil.

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

Delmiro Gouveia – AL

2016

T347v Alcântara Júnior, Almir César de
Viabilidade técnica e econômica de implantação de um
sistema de aproveitamento de água pluvial no campus sertão da
Universidade Federal de Alagoas / Almir César de Alcântara
Júnior. - 2016.
123f.:il.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade
Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2016.

Orientação: Prof^o. Me. Thiago Alberto da Silva Pereira.

1. Água Pluvial. 2. Aproveitamento. Viabilidade Econômica.

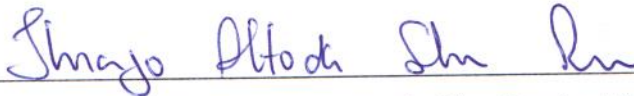
CDU 628.1

ALMIR CÉSAR DE ALCÂNTARA JÚNIOR

**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 submetido a banca examinadora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, aprovado no dia 18 de janeiro de 2017.

Banca Examinadora:



Prof. Me. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL.

(Orientador)



Prof. Dr. Antônio Pedro de Oliveira Netto, UFAL.

(Examinador Interno)



Eng. Me. Diogo Carlos Henrique.

(Examinador Externo)

A meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo, e a Nossa Senhora por sua intercessão. Impossível expressar tanto em tão poucas linhas.

Aos meus pais, Almir e Saúde, por todo o incentivo e confiança depositados em mim e por todo o amor dedicado durante toda a minha vida. Fizeram todo o esforço para, quando desisti do meu curso de Matemática e do meu emprego, que eu conseguisse realizar meu sonho de ser engenheiro civil.

Aos meus irmãos, Émerson e Maria, por sempre estarem comigo nesta caminhada torcendo por mim. Sempre com grande incentivo e me apoiando no que eu precisasse durante este período de estudos.

À minha família que sempre me incentivou a vencer as minhas lutas e que acreditou em todos os meus esforços.

Aos meus amigos conquistados na universidade, que sempre estiveram ao meu lado. Neste período de estudos tive grandes amizades, que me inspiraram e sempre estiveram comigo. Sou muito feliz por tê-los conhecido e levarei para sempre comigo.

Ao meu professor orientador, Thiago Alberto, que esteve sempre me dando apoio, desde que fui seu aluno. Agradeço por toda a paciência, interesse e atenção. Além de um ótimo orientador se tornou um amigo.

Ao engenheiro Diogo, por todo seu esforço e dedicação para que pudesse ser realizado este trabalho.

Aos professores por todo o conhecimento passado e amizades obtidas durante este tempo.

Aos meus amigos, que mesmo que alguns estivessem distantes fisicamente, sempre acreditaram em mim.

RESUMO

A água proveniente das chuvas é uma fonte abundante e de fácil acesso. A utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial possui vários aspectos positivos, pois possibilita reduzir o consumo de água potável, reduzindo os custos do fornecimento de água, minimiza os riscos de enchentes e preserva o meio ambiente através da redução da escassez de recursos hídricos. Diante desse contexto, o presente trabalho teve como principal objetivo estudar a viabilidade técnica e econômica através da implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, para fins não potáveis, no campus Sertão da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Delmiro Gouveia-AL. A primeira etapa consistiu em realizar um levantamento do consumo de água pelos usuários e dispositivos sanitários, analisar plantas e faturas de água fornecidas pela universidade e, além disso, desenvolver um algoritmo de cálculo para dimensionamento do reservatório. Por meio dos dados obtidos dos questionários aplicados em amostras de usuários, foi possível estimar o perfil de consumo de água da universidade a partir dos valores de frequência e tempo de uso dos dispositivos sanitários. Posteriormente à minimização de erros dos valores de consumo através da análise de sensibilidade, foi possível estimar a distribuição do uso de água na instituição, inclusive da água não potável. A demanda de água encontrada foi então ajustada a partir dos resultados obtidos pelo algoritmo de dimensionamento. Foi verificada a necessidade de reduzir a demanda, devido a indisponibilidade de recursos hídricos para abastecer toda a demanda não potável. Deste modo, foi possível então estimar o volume dos reservatórios. A etapa seguinte foi dimensionar os elementos condutores de água proveniente das chuvas e realizar a análise econômica do processo. Com a implantação do referido sistema de captação e aproveitamento de água pluvial deve haver uma redução de aproximadamente 24,0% no consumo de água potável. Através deste estudo, foi possível verificar que a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na universidade apresentou-se viável tecnicamente e economicamente, visto que o custo total de implantação foi orçado em R\$ 109.188,84, apresentando um tempo de retorno do investimento de 4 anos e 11 meses.

Palavras-chave: Aproveitamento de água da chuva. Viabilidade. Fins não potáveis. Dimensionamento. Instituição de ensino.

ABSTRACT

The rainwater is an abundant source and easily accessible. The use of rainwater harvesting systems has several positive aspects, because it is possible to reduce the potable water consumption, reducing water supply costs, minimizes the risk of floods and preserve the environment by reducing the scarcity water resources. Face of this context, this present study aimed to study the technical and economic viability through of implementation of a rainwater harvesting system, for non-potable water purposes, in the Sertão Campus of the Universidade Federal de Alagoas, located in the city of Delmiro Gouveia-AL. The first step was to conduct a survey of water consumption by users and sanitary appliances, analyzing building documents and water bills provided by university and, furthermore, to develop a calculation algorithm for dimensioning the reservoir. Through data obtained from questionnaires applied on a samples of users, it was possible to estimate the university's water consumption profile from the values of frequency and time of use of the sanitary appliances. After minimizing errors of consumption values through sensitivity analysis, it was possible to estimate the distribution of water use at the university, including non-potable water. The found water demand was then adjusted from the results obtained by dimensioning algorithm. Has been verified the need to reduce the demand, due to unavailability of water resources to supply all non-potable demand. Thus, it was then possible to estimate the volume of the reservoir. The next step was to scale the rainwater conductive elements and perform economic analysis of the process. With the implementation of rainwater harvesting system should be a reduction of approximately 24.0% in the potable water consumption. Through this study, it was verified that the implementation of a rainwater harvesting system at the university presented itself technically and economically viable, because the total cost of implementation was estimated at R\$ 109,188.84, with a return time of investment of 4 years and 11 months.

Keywords: Rainwater utilization. Viability. Non-potable purposes. Dimensioning. Educational institution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Sistema residencial de aproveitamento de água pluvial.....	21
Figura 2.2 – Tipos de grades sobre calha.	26
Figura 2.3 – Caixa de areia (planta baixa e corte).....	27
Figura 3.1 – Vista aérea do prédio principal da UFAL/Campus Sertão.	31
Figura 3.2 – Localização do município de Delmiro Gouveia.....	32
Figura 3.3 – Área de contribuição para diversos casos.....	33
Figura 3.4 – Ábaco para dimensionamento do diâmetro interno dos condutores verticais, para calhas com saída em aresta viva.	50
Figura 4.1 – Levantamento de dispositivos sanitários na universidade.....	59
Figura 4.2 – Divisão de superfícies de cobertura da universidade.	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Distribuição da demanda de água potável no Brasil.	17
Gráfico 2.2 – Porcentagens referentes à área, disponibilidade hídrica e população de diferentes regiões do Brasil.	18
Gráfico 2.3 – Estimativa da disponibilidade hídrica <i>per capita</i> anual no Brasil.	19
Gráfico 4.1 – Precipitação média mensal referente aos anos de 1936 a 2006.	55
Gráfico 4.2 – Consumos e custos das faturas de água de 2010 a 2016.	56
Gráfico 4.3 – Porcentagem dos usos finais de água estimados.	68
Gráfico 4.4 – Análise de sensibilidade aplicada a dispositivos sanitários.	70
Gráfico 4.5 – Porcentagem da correção dos usos finais de água estimados.	72
Gráfico 4.6 – Resultados de dimensionamento de reservatório para demanda total de água não potável utilizando-se o algoritmo de cálculo.	73
Gráfico 4.7 – Resultados de dimensionamento de reservatório para atividade de irrigação utilizando-se o algoritmo de cálculo.	74
Gráfico 4.8 – Simulação do nível diário do reservatório inferior.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Variação da qualid. da água da chuva devido ao sistema de coleta.	23
Tabela 2.2 – Tipos e características dos materiais constituintes dos telhados.	25
Tabela 2.3 – Usos finais de água para fins não potáveis em dez edifícios.	29
Tabela 3.1 – Coeficientes de frequência para diferentes categorias de usuário.	38
Tabela 3.2 – Coeficientes de proporcionalidade para diferentes durações pluviais.	48
Tabela 3.3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (litros/min).	50
Tabela 3.4 – Estrutura tarifária da CASAL para água na categoria pública.	53
Tabela 4.1 – Número de alunos matriculados por curso em cada semestre.	57
Tabela 4.2 – Leituras diárias do hidrômetro e registro de consumo.	57
Tabela 4.3 - Valores de medição de vazão dos dispositivos sanitários.	60
Tabela 4.4 – Número total de usuários por categoria e por sexo.	61
Tabela 4.5 – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água <i>per capita</i> por dispositivo sanitário para alunos.	61
Tabela 4.6 – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água <i>per capita</i> por dispositivo sanitário para professores.	62
Tabela 4.7 – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água <i>per capita</i> por dispositivo sanitário para funcionários.	62
Tabela 4.8 – Média diária <i>per capita</i> por categoria de consumo de água por dispositivo sanitário.	62
Tabela 4.9 – Consumo diário total estim. de água por dispositivo de uso individual.	63
Tabela 4.10 – Consumo médio diário de água em limpeza.	64
Tabela 4.11 – Consumo médio diário de água em irrigação de jardins.	65
Tabela 4.12 – Consumo médio diário de água da lancho. em lavação de alimentos.	65
Tabela 4.13 – Consumo médio diário de água da lancho. em preparo de alimentos.	65
Tabela 4.14 – Consumo médio diário de água da lancho. em lavação de louças.	66
Tabela 4.15 – Somatório do consumo médio diário de água nas atividades da lanchonete.	66
Tabela 4.16 – Consumo médio diário de água em banhos.	66
Tabela 4.17 – Consumo total médio diário de água em atividades de uso coletivo.	67

Tabela 4.18 – Consumo total diário e total mensal de água por dispositivos e atividades.....	67
Tabela 4.19 – Consumo total diário mensal de água estimado e real.....	69
Tabela 4.20 – Influência sobre a diferença de consumo estimado e real.	71
Tabela 4.21 – Correção do consumo total diário e total mensal de água por dispositivos e atividades.....	71
Tabela 4.22 – Variáveis necessárias para utilização de algoritmo de cálculo.....	73
Tabela 4.23 – Valores dos parâmetros utilizados na distribuição de Gumbel.....	78
Tabela 4.24 – Chuvas diárias com diferentes períodos de retorno.	78
Tabela 4.25 – Altura de chuva estimada com base nas relações entre durações. ...	78
Tabela 4.26 – Dimensionamento das calhas.	79
Tabela 4.27 – Dimensionamento dos condutores verticais.....	80
Tabela 4.28 – Dimensionamento dos condutores horizontais.....	80
Tabela 4.29 – Dados de dimensionamento da estação elevatória.....	81
Tabela 4.30 – Custos de implant. do sistema de aproveitamento de água pluvial....	82
Tabela 4.31 – Resumo dos valores oriundos do investimento em um sistema de aproveitamento de água pluvial.	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agencia Nacional de Águas
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas
FAO	Organização para Agricultura e Alimentação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAS	Método da Análise da Simulação
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
ORSE	Orçamento de Obras de Sergipe
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFS	Universidade Federal de Sergipe

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Considerações Iniciais.....	14
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo Geral.....	15
1.2.2. Objetivos Específicos.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. A Questão da Água	16
2.1.1. Escassez de Água	17
2.1.2. Conservação de Água.....	20
2.2. Aproveitamento de Água Pluvial.....	21
2.2.1. Qualidade da Água Pluvial.....	22
2.2.2. Elementos do Sistema de Águas Pluviais.....	23
2.2.3. Aproveitamento de Água Pluvial no Mundo	27
2.2.4. Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil	28
2.2.5. Aproveitamento de Água Pluvial em Estabelecimento de Ensino.....	29
3. METODOLOGIA	31
3.1. Objeto de Estudo.....	31
3.2. Levantamento de Dados	32
3.2.1. Área de Cobertura	33
3.2.2. Dados Pluviométricos	33
3.2.3. Levantamentos do Consumo Real	34
3.3. Usos Finais de Água	34
3.3.1. Levantamento de Dispositivos.....	35
3.3.2. Medições de Vazão	35
3.3.3. Entrevistas com os Usuários.....	36
3.3.4. Estimativa de Consumo de Água	37
a) Estimativa de Consumo de água em Dispositivos de Uso Individual	37
b) Estimativa de Consumo de Água em Atividades de Uso Coletivo.....	40
c) Estimativa do Consumo Total Diário e Mensal de Água	42
3.3.5. Análise de Sensibilidade	43
3.3.6. Estimativa de Usos Finais	43
3.4. Dimensionamento dos Elementos	43
3.4.1. Reservatório Inferior	44
3.4.2. Reservatório Superior	46

3.4.3.	Elementos Condutores.....	46
3.4.4.	Estação Elevatória.....	51
3.5.	Análise Econômica.....	51
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
4.1.	Levantamento de Dados	54
4.1.1.	Área de Cobertura	54
4.1.2.	Dados Pluviométricos	54
4.1.3.	Levantamento do Consumo Real	55
a)	Consumo de água medido pela CASAL.....	55
b)	Leituras Diárias do Hidrômetro	57
4.2.	Usos Finais de Água	58
4.2.1.	Levantamento de Dispositivos.....	58
4.2.2.	Medições de Vazão	59
4.2.3.	Entrevistas com os Usuários.....	60
4.2.4.	Estimativa de Consumo de Água	61
a)	Médias de Consumo de Água por Categoria.....	61
b)	Estimativa de Consumo de Água em Aparelhos de Uso Individual.....	63
c)	Estimativa de Consumo de Água em Atividades de Uso Coletivo.....	64
d)	Estimativa do Consumo Total Diário e Mensal de Água	67
4.2.5.	Análise de Sensibilidade	69
4.2.6.	Usos Finais de Água Corrigidos	70
4.3.	Dimensionamento dos Elementos	72
4.3.1.	Reservatório Inferior	72
4.3.2.	Reservatório Superior	77
4.3.3.	Calhas e Condutores	77
4.3.4.	Estação Elevatória.....	80
4.4.	Análise Econômica.....	81
5.	CONCLUSÃO	84
5.1.	Conclusões Gerais.....	84
5.2.	Limitações Encontradas	85
5.3.	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	85
	REFERÊNCIAS.....	86
	ANEXOS	91

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água é um recurso natural indispensável à vida, constituindo-se como um componente essencial para a preservação das espécies. Além disso, é fator de produção para o desenvolvimento de diversas atividades e fonte essencial de desenvolvimento econômico. Atualmente existe uma forte preocupação da sociedade em relação à conservação deste precioso recurso.

O Brasil possui as maiores reservas de água por unidade territorial do planeta, contudo estão desigualmente distribuídas no espaço geográfico brasileiro. A maior parte da sua população não reside nos pontos onde a água encontra-se disponível de forma mais abundante, como as regiões Sudeste e Nordeste, onde há uma concentração populacional muito elevada, justamente as regiões cujos estados possuem os maiores históricos de secas e escassez de água ao longo do tempo (PENA, 2016).

No entanto, há um século, pelo menos, o consumo de água tem crescido a um ritmo muito mais rápido que a população. O crescimento populacional e da demanda tem aumentado o consumo da pouca água potável disponível no planeta, a qual vem se tornando cada vez mais escassa, segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2006).

O aproveitamento de água pluvial consiste em uma importante medida de gestão hídrica. Possui contribuição na economia de água potável, de forma a reduzir o problema da iminente escassez de água, problema recorrente no mundo todo.

A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na gestão, de modo que os usos menos nobres possam ser substituídos por água de qualidade inferior, sempre que possível. Uma alternativa interessante é a utilização de águas das chuvas (FIESP, 2005).

A água proveniente das chuvas é uma fonte abundante e de fácil acesso. Em geral, possui seu uso limitado às funções não potáveis, uma vez que, durante sua captação, pode ocorrer a sua contaminação por sólidos e substâncias tóxicas. No entanto, a utilização da água para usos menos “nobres” não diminui a sua importância no atual cenário de escassez de água, pois esta parcela representa um expressivo

percentual da demanda diária, quer seja em um órgão público, residência familiar ou de um edifício (MAY & PRADO, 2004).

A utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial possui vários aspectos positivos, pois possibilita reduzir o consumo de água potável, reduzindo os custos do fornecimento de água pelas companhias de abastecimento; minimiza os riscos de enchentes e preserva o meio ambiente através da redução da escassez de recursos hídricos (MAY & PRADO, 2004).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de sistema de aproveitamento de águas pluviais, para fins não-potáveis, no bloco administrativo e de salas de aula do campus Sertão da Universidade Federal de Alagoas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estimar os usos finais de água do campus;
- Dimensionar o sistema de captação e armazenamento de água não potável (pluvial);
- Analisar o potencial gerado de economia de água potável a partir da instalação do sistema supracitado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A QUESTÃO DA ÁGUA

A água é essencial em todos os aspectos da vida, constituindo um componente essencial para a preservação das espécies. É um recurso natural único, indispensável e de valor inestimável. De acordo com a Agenda 21 (1994), é de fundamental importância assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta e, ao mesmo tempo em que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas. Tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição.

No entanto, há um século, pelo menos, o consumo de água tem crescido a um ritmo muito mais rápido que a população – e esta tendência se mantém. Nos últimos cem anos, a população quadruplicou, enquanto o consumo de água cresceu sete vezes (PNUD, 2006). O crescimento populacional e da demanda tem aumentado o consumo da pouca água potável disponível no planeta, a qual vem se tornando cada vez mais escassa.

O consumo atual de água doce é seis vezes maior do que o registrado em 1900, apesar de a população não ter crescido na mesma proporção ao longo do século. A atividade de irrigação possui um alto padrão de consumo hídrico, é a responsável pelo maior consumo de água doce, superando o uso doméstico e a indústria, respectivamente em segundo e terceiro lugar. No entanto, estima-se que o consumo industrial duplicará até 2025 e que haverá um aumento de até quatro vezes na emissão de poluentes industriais nos corpos de água (SOECO, 2009).

Segundo o PNUD (2006), mesmo em países que possuem uma renda nacional média relativamente alta, a sua população mais pobre não possui garantia de abastecimento. No Brasil, 20% da população mais rica desfruta de acesso à água e saneamento comparável aos países mais ricos, enquanto a parcela dos 20% mais pobre carece com uma cobertura tanto de água como de esgoto inferior ao Vietnã.

Apesar disso, o Brasil possui uma vazão média de 33 mil metros cúbicos *per capita* por ano, um volume bem superior ao mínimo estabelecido pela Organização

das Nações Unidas (ONU). Sua demanda de água é distribuída em atividades de irrigação (56%), seguida por consumo humano (26%) e uso industrial (18%) (ANA, 2009), conforme mostra o Gráfico 2.1.

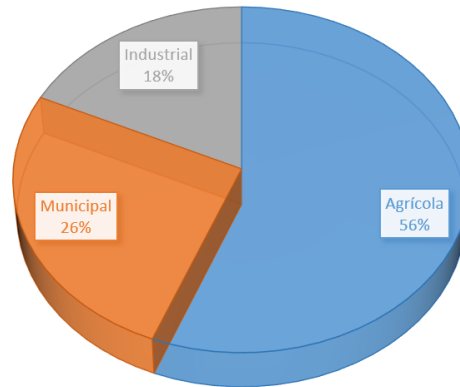


Gráfico 2.1 – Distribuição da demanda de água potável no Brasil.

Fonte: ANA (2009).

A maior parte dos países possui condições de satisfazer as necessidades domésticas, industriais, agrícolas e ambientais, mas sofrem por não possuírem uma eficiente gestão ambiental. Tanto que, por volta de 2025, estima-se que mais de 3 bilhões de pessoas possam viver em países sujeitos a pressão sobre os recursos hídricos, e 14 países passarão uma situação de escassez efetiva (PNUD, 2006).

2.1.1. Escassez de Água

O homem, no decorrer da história, sempre procurou controlar a água para seu benefício por meio de obras hidráulicas, de forma a impedir a escassez quantitativa de água. É um processo que necessita de ações preventivas de planejamento urbano e ambiental, visando minimizar os impactos e buscar o desenvolvimento sustentável (TUCCI, 2005).

O fenômeno da escassez não é, entretanto, atributo exclusivo das regiões áridas e semiáridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para satisfazer demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (HESPANHOL, 2002).

No Brasil, a heterogeneidade na distribuição dos recursos hídricos faz com que, mesmo com a abundância deste recurso no país, várias comunidades vivam em situações críticas devido à escassez (GHISI, 2006 *apud* LAGE, 2010). A região sudeste do país, apesar do grande volume de água doce disponível, tende a sofrer uma crise hídrica nos próximos anos devido à alta concentração populacional. O Gráfico 2.2 apresenta os valores, em porcentagem, referentes à área, disponibilidade hídrica e população em diferentes regiões do Brasil.

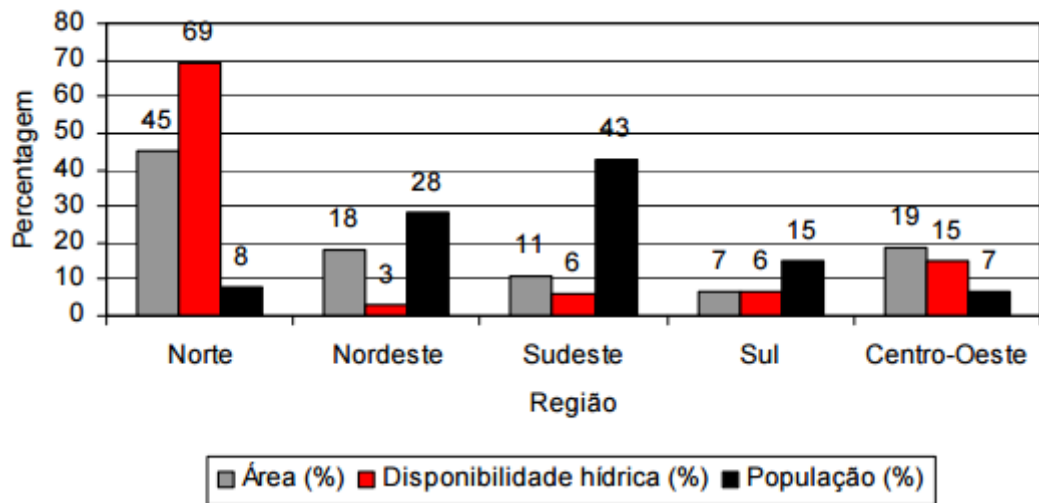


Gráfico 2.2 – Porcentagens referentes à área, disponibilidade hídrica e população de diferentes regiões do Brasil.

Fonte: Enedir Ghisi (2006).

Segundo Morrison *et al.* (2009), a escassez de água pode reduzir a produção de energia de base hidráulica e, por extensão, afetar as empresas que dependem dessas fontes de energia. O Brasil, por exemplo, gera mais de 90 por cento de sua eletricidade a partir de hidrelétricas, mas mesmo assim seus negócios e economia já foram gravemente afetados por reduções induzidas pela seca.

De acordo com Organização para Agricultura e Alimentação (FAO), no último século, o uso da água no mundo tem crescido em uma taxa duas vezes superior à taxa de crescimento populacional, e um número crescente de regiões está muito próximo de atingir o limite no qual os serviços de água podem ser entregues de forma sustentável. Essencialmente, o crescimento demográfico e o desenvolvimento econômico estão colocando uma pressão sem precedentes sobre os recursos hídricos renováveis, especialmente em regiões áridas (FAO WATER, 2014).

Ainda de acordo com FAO WATER (2014), em 2025, cerca de 1,8 bilhão de pessoas deve viver em países ou regiões com uma escassez absoluta de água, com uma disponibilidade hídrica inferior a 500 m³ *per capita* anual, enquanto dois terços da população mundial devem viver sob condições de estresse, com uma disponibilidade entre 500 a 1000 m³ *per capita* anual, principalmente em áreas urbanas.

Já no Brasil, Ghisi (2006a) em um de seus estudos, estimou que em 2050 as regiões nordeste e sudeste do Brasil possuirão disponibilidade hídrica inferior a 2.000 m³ *per capita* anual. A partir do ano 2100, ambas as regiões terão sua disponibilidade hídrica inferior a 1.000 m³ *per capita*. A região sul do país terá a disponibilidade hídrica inferior a 5.000 m³ por pessoa a partir de 2075. Os valores de disponibilidade hídrica estimada *per capita* anual estão apresentados no Gráfico 2.3.

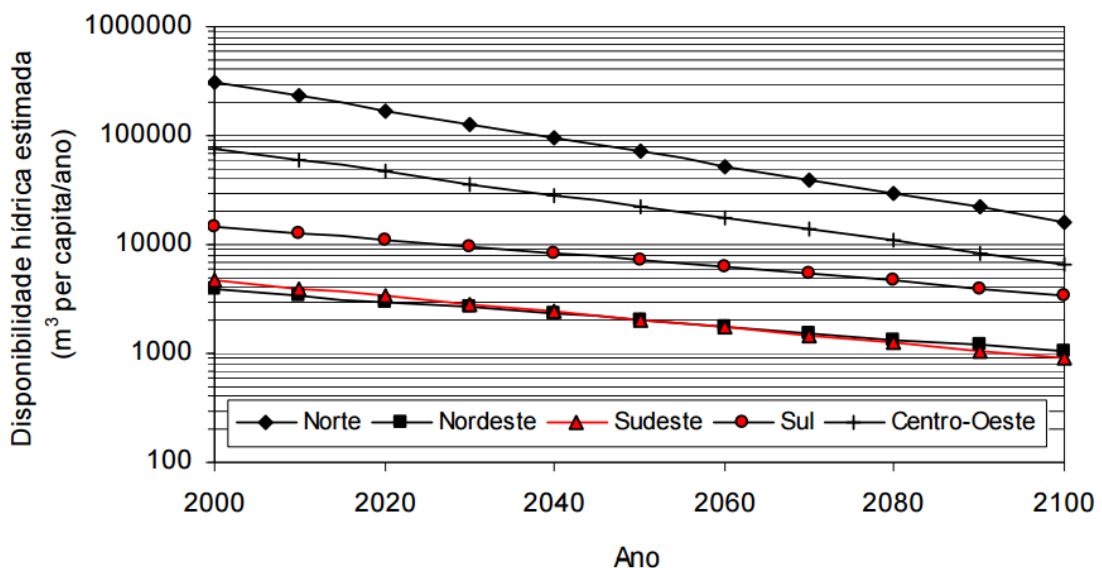


Gráfico 2.3 – Estimativa da disponibilidade hídrica *per capita* anual no Brasil.

Fonte: Enedir Ghisi (2006).

A água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola nas regiões áridas e semiáridas. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos, procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível (HESPANHOL, 2002).

Nessas condições, o conceito de “substituição de fontes”, se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como para o abastecimento do-

méstico. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas (*United Nations*), estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (HESPANHOL, 2002).

A situação pode ser revertida com o investimento na gestão de água em edifícios, residências, comércio e indústrias, a partir da instalação de componentes que visem o uso racional de água, realizando o controle da demanda (OLIVEIRA, 2009). Uma alternativa para abastecimento de água em áreas urbanas, para fins menos nobres, é a captação de água pluvial. O sistema se constitui em uma superfície de captação, que geralmente é o telhado da edificação, de uma calha e de uma tubulação para o transporte da água até o local de armazenamento (LAGE, 2010).

2.1.2. Conservação de Água

A água constitui-se, atualmente, no fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, visto que a disponibilidade *per capita* de água vem sendo reduzida de uma forma muito rápida, diante do aumento gradativo da demanda para seus diversos usos e à poluição contínua dos mananciais (FIESP, 2005).

A Agenda 21 (1994) define o papel da água como um bem social, econômico e sustentador da vida, logo é fundamental que haja mecanismos de manejo da demanda a serem implementados por meio da conservação e reutilização da água, avaliação de recursos e instrumentos financeiros.

Diante disso, Takaoka (2015) defende a conservação de água, em que ele a descreve como:

A conservação de água é um processo que implica otimizar o consumo de água, com a conseqüente redução do volume de efluentes gerados, e a partir da gestão da demanda de água já estabelecida, pode-se ainda utilizar fontes alternativas de água para fins menos nobres, ou seja, não potáveis. A manutenção dos indicadores de consumo de água já otimizada deve ser garantida por meio do estabelecimento de um Sistema de Gestão de Água.

Para a implementação de um programa de conservação, é necessário conhecer a distribuição do consumo, pois esta varia a depender do tipo de edificação e até mesmo entre edificações parecidas, conforme os usuários envolvidos e as especificidades dos sistemas (FIESP, 2005).

Existe uma série de medidas de conservação de água implantadas no uso urbano (residenciais, comerciais e industriais). Tomaz (2001) sugere, por exemplo, a realização de consertos de vazamentos nas redes públicas, mudanças nas tarifas, leis sobre aparelhos sanitários, consertos de vazamentos nas casas, implementação da educação pública, reuso de águas cinzas (águas servidas residenciais) e aproveitamento de águas pluviais.

No caso de edificações, a implementação do uso racional da água consiste em sistematizar as intervenções que devem ser realizadas, garantindo a qualidade das atividades consumidoras, com o menor desperdício. A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na gestão, de modo que os usos menos nobres possam ser substituídos por água de qualidade inferior, sempre que possível. Uma alternativa interessante é a utilização de águas das chuvas (FIESP, 2005).

2.2. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O aproveitamento de água pluvial consiste em uma importante medida de gestão hídrica. Possui contribuição na economia de água potável, de forma a reduzir o problema da iminente escassez de água, problema recorrente no mundo todo. Também é utilizado como uma medida de drenagem. A Figura 2.1 exemplifica a implantação do sistema em uma residência comum.



Figura 2.1 – Sistema residencial de aproveitamento de água pluvial.

Fonte: Ambiente Consciente (2010).

De acordo com RAINDROPS (2002) a tecnologia de aproveitamento de águas pluviais é o somatório das seguintes técnicas abaixo:

- Coleta da água da chuva que cai no telhado, além de outros locais;
- Armazenamento da água da chuva em tanques e reservatórios;
- Tratamento e melhoria de qualidade da água da chuva;
- Abastecimento da água da chuva aos locais de seu uso;
- Drenagem do excesso de água da chuva;

O aproveitamento da água pluvial é utilizado desde a antiguidade, pois foi uma das formas que o homem descobriu para suprir suas necessidades. O primeiro registro é verificado na pedra Moabita, em 830 a.C., localizado no Oriente Médio. Período em que o rei Mesa, em Moab, determina que todo cidadão construa uma cisterna em sua casa (TOMAZ, 2007).

Atualmente, no mundo é muito comum a utilização do sistema de aproveitamento de águas pluviais em regiões áridas e semiáridas, inclusive no Brasil. No entanto, é de fundamental importância a conservação da qualidade e quantidade de água nas atividades implementadas, quando houver a sua utilização. Para isso, deve haver o controle de sua qualidade e verificada a necessidade de tratamento específico, para que não comprometa a saúde dos usuários nem a vida útil dos sistemas envolvidos (FIESP, 2005).

2.2.1. Qualidade da Água Pluvial

A qualidade da água a ser utilizada e o objeto específico de reuso irão definir os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados (HESPANHOL, 2002). Há fatores que influenciam a qualidade da água da chuva, entre os quais se destacam a localização geográfica (áreas urbanas ou rurais), proximidade do oceano, proximidade de áreas com vegetação, proximidade de áreas mineradas e indústrias, condições meteorológicas e as estações do ano (PETERS, 2006).

Além disso, segundo Group Raindrops (2002), a qualidade da água da chuva a ser utilizada é definida a partir da superfície que foi coletada. A Tabela 2.1 apresenta a classificação da água da chuva em função da qualidade.

Tabela 2.1 – Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta.

Grau de Purificação	Área de Coleta da Chuva	Uso da Água da chuva
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas ou animais).	Lavar banheiros, regar as plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares frequentados por animais e pessoas).	Lavar banheiros, regar as plantas, a água não pode ser usada para beber.
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento.	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento.
D	Estradas, vias férreas elevadas.	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento.

Fonte: RAINDROPS (2002).

O tratamento da água da chuva depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. Para utilização em fins não potáveis não são necessários muitos cuidados. Para um tratamento simples podem ser utilizados: sedimentação natural, filtração simples e cloração. Para tratamentos mais complexos, pode ser utilizada desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MAY & PRADO, 2004).

2.2.2. Elementos do Sistema de Águas Pluviais

A norma que rege as instalações do sistema de aproveitamento de águas pluviais é a NBR 10.844 (ABNT, 1989), que fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Segundo a norma, as instalações de drenagem de águas pluviais devem ser projetadas de modo a obedecer às seguintes exigências:

- Recolher e conduzir a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- Ser estanques;
- Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- Absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- Quando passivas de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques;

- Nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- Nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- Não provocar ruídos excessivos;
- Resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- Ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

A instalação de um sistema de águas pluviais possui a função exclusiva de recolher e conduzir as águas das chuvas, logo não se admite quaisquer interligações com outras instalações prediais, deste modo não podem ser lançadas em redes de esgoto (CARVALHO JÚNIOR, 2012).

Entre os elementos que compõem a instalação do sistema de águas pluviais destacam-se os seguintes componentes:

a) Captação da Água

A captação da água da chuva ocorre através das superfícies coletoras de coberturas e pisos. A água captada nas coberturas das edificações é direcionada através de calhas e condutores até os locais de armazenamento. No sistema de captação e utilização de água da chuva, as coberturas são a etapa mais visível de todo o processo, enquanto as outras etapas ficam ocultas ou despercebidas aos olhos (WERNECK, 2006). O material do telhado possui influência na qualidade da água captada e no coeficiente de escoamento, como apresentado na Tabela 2.2.

b) Reservatórios

Um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial é o reservatório, o qual deve ser dimensionado, tendo principalmente como base, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema. (CASA EFICIENTE *apud* Marinoski, 2007).

Tabela 2.2 – Tipos e características dos materiais constituintes dos telhados.

Tipo	Coefficiente de escoamento	Observações
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade da água excelente. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada, apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação das junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Telhas novas podem contribuir para águas coletadas de boa qualidade. Não existe nenhuma evidência de que a ingestão da água que passe por essas telhas cause algum efeito cancerígeno. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de escoamento. Quando velhas, podem apresentar lodo e rachaduras.
Orgânico (Sapê)	0,20	Qualidade da água ruim. Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à presença de matéria orgânica dissolvida e em suspensão.

Fonte: Lopes, 2012 *apud* Thomas e Martinson, 2007.

A norma que rege a instalação de reservatório é a NBR 12217 (ABNT, 1994), a qual fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Em complementação, devem também ser seguidas as normas NBR 12211 e NBR 12214.

O volume armazenado pelo reservatório depende de fatores como: área de captação, precipitação pluviométrica e coeficiente de escoamento superficial (TOMAZ, 2003). São critérios importantes, pois definem o volume do reservatório que, de acordo com May *et al.* (2004), é a parte mais onerosa do sistema de aproveitamento pluvial. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) afirma que a água de chuva reservada nos reservatórios deve ter proteção contra a incidência direta da luz solar e do calor, assim como de animais que possam adentrar pela tubulação de extravasamento.

Os reservatórios podem ser enterrados, semienterrados ou elevados. Além disso o seu material, a depender da finalidade do uso da água, pode ser concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox (TOMAZ, 2009). Os reservatórios enterrados permitem que a água captada perma-

neça em temperatura constante, sendo pouco afetada pela estação do ano. Os reservatórios apoiados sobre desníveis e estruturas permitem um maior controle de sua condição, permitindo visualizar com facilidade rachaduras e vazamentos (WERNECK, 2006)

c) Calhas e condutores

As calhas possuem o objetivo de coletar as águas de chuva que incidem sobre o telhado e conduzi-las aos condutores, já estes possuem o papel de recolher as águas coletadas pelas calhas e transportar até a parte inferior das edificações (CARVALHO JÚNIOR, 2012). O dimensionamento destes elementos é baseado em vazões de projeto que dependem de fatores meteorológicos e do período de retorno escolhido (TOMAZ, 2009).

O material presente com o qual a calha é confeccionada deve ser de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. Além disso, na sua instalação, esta deve ter uma declividade mínima de 0,5%, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989).

A limpeza das calhas deve ser realizada regularmente, ao menos duas vezes no ano, de modo a evitar o extravasamento e retorno da água das chuvas (CARVALHO JÚNIOR, 2012). Além disso, a NBR 10.844 (ABNT, 1989) sugere a instalação de telas ou grades para retenção de sólidos grosseiros (Figura 2.2).

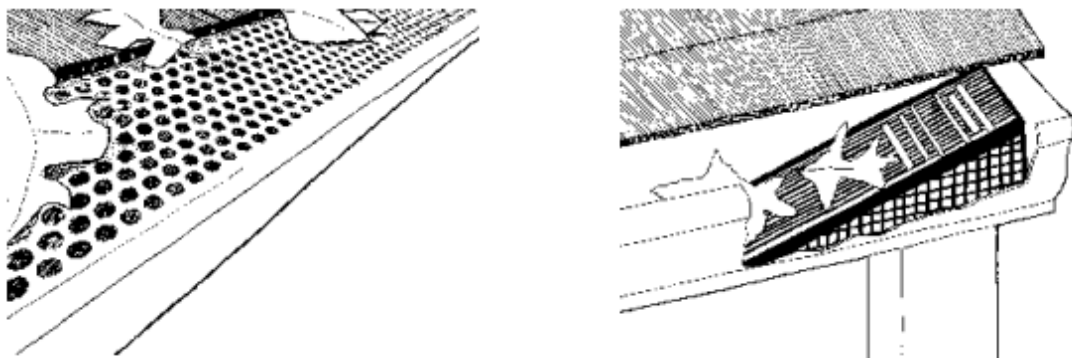


Figura 2.2 – Tipos de grades sobre calha.

Fonte: Waterfall (2005).

d) Estação Elevatória

A estação elevatória, sistema destinado a elevar a pressão da água para suprimento do reservatório pluvial, possui um conjunto de moto-bombas e tubulações hidráulicas (CORSINI, 2011).

e) Caixa de Areia

A caixa de areia tem o objetivo de evitar entupimentos causados por objetos grosseiros que podem causar infiltração e vazamentos nas calhas de chuva (Figura 2.3).

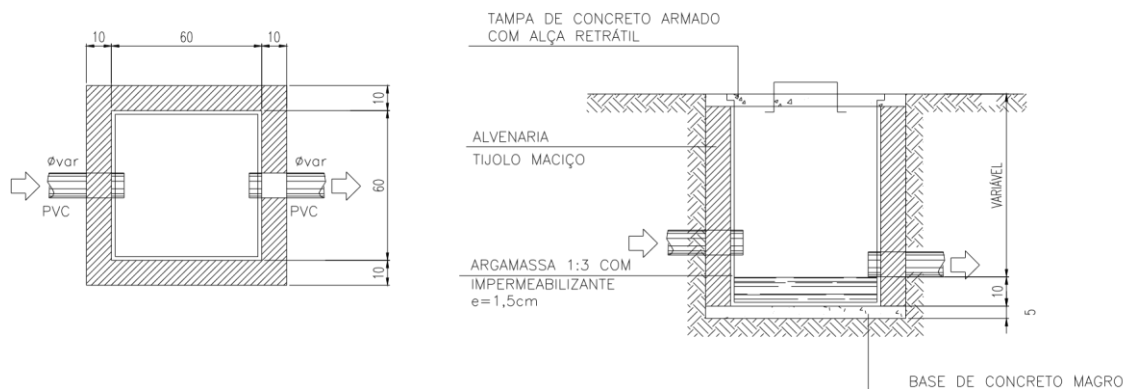


Figura 2.3 – Caixa de areia (planta baixa e corte).

Fonte: Ghisi (2005).

2.2.3. Aproveitamento de Água Pluvial no Mundo

Na cidade de Hamburgo, na Alemanha, utilizam a água da chuva em descargas de bacias sanitárias e para aliviar o pico das vazões de enchentes. A prefeitura da cidade fornece um incentivo financeiro a quem fizer uso de um sistema de captação pluvial, incentivando deste modo a economia de água potável para suprir as futuras gerações e novas indústrias (TOMAZ, 2003).

Abdulla *et al.* (2008) realizaram um estudo para avaliar o potencial de economia de água potável em setores residenciais de 12 províncias da Jordânia, devido à escassez de água que assola a região. Os resultados foram calculados a partir de dados de fornecimento de água potável, tamanho da população e área de contribuição dos telhados de cada província. O potencial de economia de água potável foi estimado e alcançou uma taxa de 0,27% a 19,7% entre as diferentes províncias.

Na Austrália, foi estimado que a utilização de água das chuvas e de águas cinzas para usos nobres, no setor doméstico, tem um potencial de redução de cerca de 40 a 50% na demanda de água potável na maioria das cidades australianas. Pesquisas conduzidas em *Melbourne* indicam que pessoas fazem utilização da água principalmente em descargas de bacias sanitárias. Já a reutilização da água não potável vem do banheiro e da água da lavanderia (SANO & MIURA, 1990).

De acordo com *Water Reuse Handbook* (2011), em Washington, nos Estados Unidos, o Edifício Harold tem explorado estratégias de conservação de água desde o início de 1990. O edifício instituiu medidas de economia de água que salvam cerca de 8 milhões de litros por ano. Este projeto iniciou com interesse na coleta de água da chuva da cobertura para irrigação, mas se ampliou para múltiplos usos. O sistema captura água da chuva de aproximadamente 70% da área da cobertura, o que totaliza algo próximo a 3,2 milhões de litros de água por ano, além da obtenção do restante através do sistema de arrefecimento e de fossas próximas às fundações dos edifícios. A água coletada é utilizada no sistema de resfriamento, em descargas de vasos sanitários e na irrigação dos jardins.

2.2.4. Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil

O histórico recente mostra que, no Brasil, o aproveitamento da água da chuva tem sido bastante praticado e bem aceito pela população, indicando que o número de ocorrências tende a crescer, seguindo as tendências internacionais. Dentre os setores, o residencial mais tem adotado a técnica de uso da água de chuva, apesar de as indústrias possuírem maior potencial de gerar economia de água potável (WERNECK, 2006).

Lage (2010) avaliou o potencial de economia de água potável, por meio de uso de água pluvial, para a lavagem de carros em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte - MG. Os resultados apontaram uma economia entre 9,74% e 26,80% de água potável, com investimentos viáveis e atrativos. O período de retorno do investimento foi fixado entre 6 anos e 4 meses e 11 anos e 11 meses.

Kammers & Ghisi (2005) estudaram a viabilidade econômica para utilização de água das chuvas em dez edifícios do setor público localizados em Florianópolis - SC. No estudo foi percebido a predominância de maior consumo de água em vasos sani-

tários e mictórios, com valores de consumo estimados entre 44,3% e 84,3%. Os resultados finais indicaram que uma média de aproximadamente 77% de água potável poderia ser substituída por água pluvial (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Usos finais de água para fins não potáveis em dez edifícios.

Edifício	Uso final de água (%)			
	Vaso sanitário	Mictório	Outros**	Total
Badesc	55,8	14,3	11,1	81,2
Celesc	31,9	32,8	6,6	71,3
Crea	23,0	47,0	3,9	73,9
Deter	66,6	---	1,8	68,4
Epagri	33,1	43,9	5,0	82,0
Secretaria da Agricultura	27,9	16,4	7,9	52,2
Secretaria da Educação	70,0	14,3	2,1	86,4
Secretaria de Segurança Pública	78,8	---	2,5	81,3
Tribunal de Contas	36,4	45,9	2,6	84,9
Tribunal de Justiça	53,2	29,9	5,8	88,9
Média	47,7	30,6*	4,9	77,0

* Valor obtido através da média dos oito edifícios com mictórios

** Limpeza, rega de jardins e lavagem de carros

Fonte: Kammers & Ghisi (2005).

Carvalho (2010) analisou o potencial econômico de aproveitamento de água pluvial para consumo não potável em edificações residenciais em Apucarana - PR, obtendo bons resultados. A sua utilização foi destinada para irrigação de jardins, lavagem de calçadas e de bacias sanitárias. Segundo os resultados, estimou-se um potencial de economia de 45% de água potável, com um tempo de retorno dos investimentos de cinco anos.

2.2.5. Aproveitamento de Água Pluvial em Estabelecimento de Ensino

Devido à grande circulação de pessoas em instituições de ensino, a implantação de técnicas e programas nas edificações acaba gerando incentivo à mudança de hábitos de um número considerável de usuários, uma vez que estes tendem a difundir as entre pessoas do seu convívio, servindo como uma forma de divulgação da técnica adotada (WERNECK, 2006).

Werneck (2006) analisou a viabilidade do uso da água da chuva como fonte alternativa para abastecimento no Colégio Cândido Mendes, na cidade de Barra do Piraí-RJ. Diante de um consumo médio de água potável de 130,92 m³/mês, estimou-se que 40,4% poderia ser substituído por água da chuva. Deste modo, o orçamento da implantação do projeto teve um valor calculado de R\$ 35.296,84. Admitindo uma economia média anual de consumo de água potável de R\$ 3.354,24, o período do retorno do investimento foi fixado em 21 anos.

Marinoski (2007) realizou um estudo para verificar o potencial de economia de água potável que poderia ser obtido para fins não potáveis através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na instituição de estudos SENAI/Florianópolis, no estado de Santa Catarina. Com a utilização do programa computacional Netuno foram determinados os volumes dos reservatórios de água pluvial. Os resultados do estudo apontaram um potencial de economia de água potável de 45,8%, gerando uma economia anual de R\$ 4.963,80. Levando-se em consideração que o custo de implantação do sistema foi de R\$ 17.615,56, o período de retorno do investimento ficou estimado em 4 anos e 10 meses, o que se mostrou economicamente viável.

Carvalho *et al.* (2011) estudaram a viabilidade técnica e econômica para a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em edificações do Campus de São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe (UFS). O estudo levou em consideração um consumo diário para descargas de bacias sanitárias, mictórios e uso em irrigação de jardins estimado em 31,18 m³/dia. A partir dos dados considerados, o custo de implantação foi fixado em R\$ 84.760,31. O tempo de retorno do investimento estimado foi de 2 anos e 4 meses, considerando uma economia média anual de R\$ 92.935,20.

Coelho (2016) realizou anteriormente um estudo na mesma instituição de ensino do presente trabalho, no Campus Sertão da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Delmiro Gouveia- AL, e verificou as condições do uso de água da chuva para fins não potáveis na instituição de ensino. A água captada teve o objetivo de substituir a água utilizada nas descargas de vasos sanitários e mictórios, assim como na irrigação. Através do consumo mensal estimado de 612 m³ de água em usos nobres, foi estimado um reservatório de 544 m³. A economia anual considerada é de R\$ 21.013,51.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo compreende as seguintes etapas: análise da área e objeto de estudo, levantamento de dados referente ao consumo de água, levantamento dos dispositivos e atividades consumidoras, dimensionamento do reservatório de aproveitamento de água pluvial e análise econômica do projeto em estudo.

3.1. OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo é o bloco principal do campus Sertão pertencente à Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Está situada na rodovia AL-145, km 3, nº 3849, bairro Cidade Universitária, cidade de Delmiro Gouveia - AL. Inaugurado no dia 15 de março de 2010, o campus conta, em 2016, com aproximadamente 1600 alunos. Possui duas unidades educacionais presentes em Delmiro Gouveia e Santana do Ipanema. Além disso, a universidade oferece seis cursos de graduação: Engenharia Civil, Engenharia da Produção, Letras, Pedagogia, História e Geografia.



Figura 3.1 – Vista aérea do prédio principal da UFAL/Campus Sertão.

Fonte: PaloBrasil (2015).

A edificação do bloco de estudos possui três prédios semelhantes interligados, como mostrado na Figura 3.1. Estes possuem cobertura com inclinação variável com-

posta por telha de alumínio branca trapezoidal e superfícies verticais com tela de proteção metálica moldurada, os quais formam uma excelente área de contribuição para captação de água das chuvas. A universidade ainda possui um restaurante universitário, que não está em funcionamento e o bloco anexo específico para a coordenação de infraestrutura, laboratórios, setores administrativos e grupos de pesquisas, os quais não serão utilizados neste presente estudo.

O empreendimento está instalado no município de Delmiro Gouveia, no estado de Alagoas, que se localiza na microrregião do Alto Sertão do São Francisco, extremo oeste do Estado, fazendo fronteira com os estados da Bahia, Sergipe e Pernambuco, conforme apresenta a Figura 3.2.

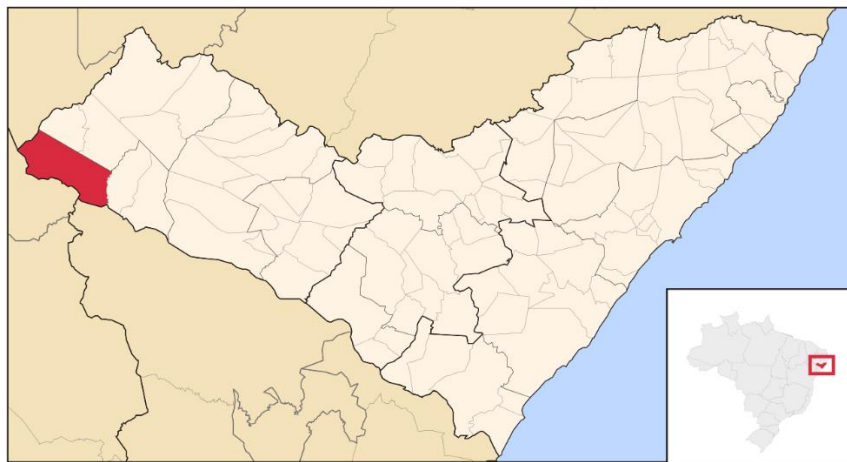


Figura 3.2 – Localização do município de Delmiro Gouveia.

Fonte: História e-história (2011).

O município ocupa um território de 626,7 km² e possui uma população de aproximadamente 51.997 habitantes (IBGE, 2015). Apresenta um clima quente e seco com temperatura média anual igual a 25.4 °C e uma pluviosidade média anual de 511 mm (*Climate Data*, 2016). Sua economia é baseada na indústria têxtil, comércio, agricultura e pecuária.

3.2. LEVANTAMENTO DE DADOS

Houve a necessidade de realizar o levantamento de dados, a fim de estimar o consumo para usos finais. Este estudo foi realizado por meio de questionários, medi-

ções de vazão, leituras de hidrômetro, coleta de contas de consumo de água, levantamento populacional, entre outros. Os dados foram coletados num período de nove meses, entre os meses de novembro de 2015 a julho de 2016.

3.2.1. Área de Cobertura

O dimensionamento da área de cobertura é um importante fator para o cálculo do volume de água pluvial interceptado pelo telhado e, porventura, o volume do reservatório. O cálculo desta área foi levantado a partir do projeto de cobertura em formato .dwg. No cálculo da área de cobertura deve existir uma correção (incremento) em relação a área plana do telhado, considerando que o vento pode ocasionar maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies, deste modo a Figura 3.3 mostra o procedimento determinado pela norma NBR 10.844 (ABNT, 1989) para cálculo da área de contribuição de diversos casos.

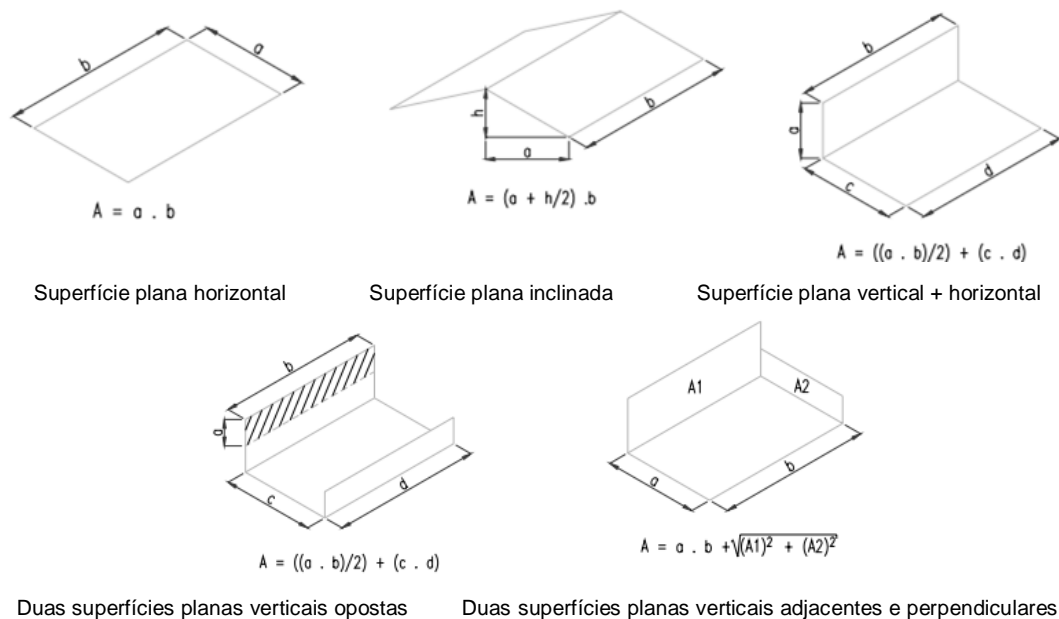


Figura 3.3 – Área de contribuição para diversos casos.

Fonte: ABNT NBR 10844/89.

3.2.2. Dados Pluviométricos

Os dados referentes ao histórico pluviométrico foram fornecidos pelo portal de dados *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas (ANA). A série histórica de dados

consistidos do município de Delmiro Gouveia, obtidos da estação meteorológica (código 937013) instalada no próprio município, possui precipitações diárias respectivas a setenta anos, período de 1936 a 2006.

3.2.3. Levantamentos do Consumo Real

O levantamento de dados do consumo real da universidade foi necessário para que houvesse a comparação entre estes valores em relação ao consumo estimado através dos levantamentos realizados. Os levantamentos do consumo real serão determinados através das faturas mensais de consumo da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) e de leituras diárias do hidrômetro.

- **Consumo de Água medido pela CASAL:** O consumo mensal de água pela universidade foi obtido por meio dos históricos de medição e consumo de água e de faturamento (ANEXO A), fornecidos pela CASAL, os quais foram obtidos na coordenadoria de infraestrutura do campus.
- **Monitoramento dos Hidrômetros:** Foi realizado um monitoramento diário do consumo de água através de leituras no hidrômetro da universidade. As leituras foram realizadas durante o período de 12 a 19 de julho de 2016, procurando sempre padronizar o horário de leitura, de forma que não ultrapassasse uma diferença maior que trinta minutos. Esta estimativa de leitura diária permitiu comparar o consumo diário realizado pelas leituras com o consumo estimado através das entrevistas realizadas. O consumo diário foi calculado pela diferença da leitura de dois dias consecutivos. A média de consumo semanal foi calculada dividindo a soma do consumo diário pelo número de dias correspondentes.

3.3. USOS FINAIS DE ÁGUA

Para que fosse realizada a estimativa de consumo médio de água de cada dispositivo sanitário, foi necessário realizar o levantamento dos tipos de aparelhos sanitários existentes, medições de vazão e entrevistas com os usuários da universidade.

3.3.1. Levantamento de Dispositivos

O levantamento procurou identificar todos os dispositivos sanitários utilizados na UFAL/Campus Sertão. Para isto, foram realizadas visitas *in loco* com o objetivo de caracterizar de cada dispositivo o modelo, a marca e a quantidade de todas as atividades que utilizam consumo de água.

3.3.2. Medições de Vazão

Diante da necessidade de obter o consumo de água de cada dispositivo, foi necessário calcular a vazão destes. O método adotado para estimar as vazões foi o método volumétrico, dado pela seguinte equação:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde: Q é a vazão volumétrica (L/s);

ΔV é o volume expresso (L);

Δt é o intervalo de tempo para encher o recipiente (s).

Para tal, utilizou-se recipientes com volumes conhecidos e cronometrou-se o tempo que levam para encher completamente de água, esse processo foi realizado para todos os dispositivos com características diferentes. Ao medir as vazões, procurou-se abrir os dispositivos da mesma maneira, de forma padronizada. Cada dispositivo individualmente teve, pelo menos, três medições de tempo anotadas, as quais formaram a média respectiva para cada um.

Devido à falta de equipamentos adequados para medir a vazão do mictório, foi utilizada a vazão de projeto, como especifica a norma brasileira NBR 5626 – Instalações Prediais de Água Fria (ABNT, 1998). Para o vaso sanitário, foi consultada a vazão junto ao site da empresa Elizabeth, fabricante do produto.

3.3.3. Entrevistas com os Usuários

Com a finalidade de obter o consumo de água de cada dispositivo pelos usuários da universidade, a realização de entrevistas foi dada por meio de questionários aplicados a alunos, professores e funcionários da UFAL/Campus Sertão. Este primeiro passo consistiu em obter dados precisos do consumo, com a realização de perguntas, como a frequência e o tempo em que utilizavam os dispositivos sanitários.

Em virtude do grande número de usuários que frequentam o campus, inviabilizando entrevistar todas as pessoas, o que seria o ideal, foi verificada a necessidade de trabalhar por amostragem. Foi calculada uma população que se torna representativa, considerado um certo valor de erro amostral. Segundo a metodologia apresentada por Barbetta (2003), é possível determinar uma amostra que represente um determinado número de pessoas através da Equação 2, a seguir.

$$n \geq \frac{n_0 \cdot N}{n_0 + N} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde: $n_0 \geq \frac{1}{\varepsilon_0^2}$;

N é o número total de pessoas;

ε_0 é o erro amostral desejado (1 a 20%);

n é o tamanho da amostra a ser utilizada.

Em suma, foram aplicados questionários, desenvolvidos por Marinoski (2007), a três diferentes categorias de usuários: alunos, professores e funcionários. Os questionários podem ser acessados no “APÊNDICE A” deste trabalho.

Para os funcionários da cozinha, há apenas uma adição de perguntas em relação ao questionário original, respectivas à utilização da água na área de trabalho. Para os funcionários da limpeza, não foram aplicados questionários, mas foram levantadas perguntas diretas a alguns sobre o processo de limpeza utilizado.

Foi proposto que, no caso dos alunos, alguns professores aplicassem as entrevistas durante o momento de aula, o que facilitou de certa forma o decorrer do trabalho, apesar de poder ter havido ocorrência de alguns erros quanto às respostas, justamente pela falta de uma pessoa que pudesse tirar as dúvidas que porventura pode-

riam vir a ocorrer nas entrevistas. Também foram realizadas entrevistas de forma individual, o que foi mais dificultoso, pois as pessoas, de forma geral, não estavam muito receptivas a realiza-las. Os resultados obtidos através desta etapa permitiram levantar valores que representassem a frequência e o tempo de uso dos dispositivos.

3.3.4. Estimativa de Consumo de Água

O consumo de água em cada dispositivo foi medido a partir dos valores das médias de frequência e tempo de uso individual respondidas nos questionários entregues aos usuários, da vazão calculada para cada dispositivo e do número de pessoas que efetivamente utilizam efetivamente cada um.

a) Estimativa de Consumo de água em Dispositivos de Uso Individual

Os dispositivos considerados de uso individual foram as torneiras de lavatórios, bacias sanitárias, mictórios, bebedouros, chuveiros e tanques de laboratórios. A Equação 3 mostra o cálculo de consumo médio diário *per capita* por dispositivo para diferentes categorias de usuários, baseado no somatório de todos os consumos *per capita*, dividido pelo número de pessoas entrevistadas.

$$C_{\text{médio diário}} = \frac{\sum_i^n f_i \cdot c}{n} \quad [\text{Eq. 3}]$$

Onde: $c = Q \cdot t_i$

$C_{\text{médio diário}}$ é o consumo médio diário de água per capita do dispositivo (litros/dia/pessoa);

f_i é a frequência diária de uso (número de vezes por dia);

c é o consumo de água por uso do dispositivo (litros);

Q é a vazão (litros/s);

t_i é o tempo de uso do dispositivo (s);

n é a amostra de pessoas entrevistadas.

O consumo mensal para diferentes categorias de usuários entrevistados, presente nas Equações 4 a 9, deve ser multiplicado pelos coeficientes de frequência da

Tabela 3.1. Isto se deve às diferentes frequências que os usuários apresentam na universidade durante a semana.

Os alunos possuem a grade de aulas formado, de forma geral, de modo que as disciplinas ocupem apenas quatro dias semanais. Levando-se em consideração apenas os cinco dias de aulas normais na universidade (segunda a sexta), equivale a 80% de frequência (0,8). Os professores estão presentes apenas durante três dias semanais, enquanto os funcionários estão durante todos os dias letivos (1,0).

Tabela 3.1 – Coeficientes de frequência para diferentes categorias de usuário.

Categoria de Usuário	Coeficiente de frequência
Alunos	0,8
Professores	0,6
Funcionários	1,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo de consumo diário total de água dos bebedouros e torneiras de lavatório resumiu-se ao produto entre o consumo médio diário respectivo pelo número total de usuários da universidade, conforme apresentado pelas Equações 4 e 5.

$$C_{\text{bebedouro}} = C_{\text{médio diário}} \cdot P \quad [\text{Eq. 4}]$$

$$C_{\text{torneira lavatório}} = C_{\text{médio diário}} \cdot P \quad [\text{Eq. 5}]$$

Onde: $C_{\text{bebedouro}}$ é o consumo médio diário total de água em bebedouros (litros/dia);

$C_{\text{médio diário}}$ é o consumo médio diário *per capita* de água no dispositivo (litros/dia/pessoa);

$C_{\text{torneira lavatório}}$ é o consumo médio diário total de água em torneiras de lavatórios (litros/dia);

P é a população total.

Para o cálculo do consumo de água a partir das bacias sanitárias, foi considerado toda a população feminina, com acréscimo do percentual da população masculina, verificado através das entrevistas, que efetivamente utiliza as bacias sanitárias (40%). A Equação 6 abaixo mostra o cálculo para as bacias sanitárias.

$$C_{\text{bacia sanitária}} = C_{\text{médio diário}} \cdot P_{\text{bs}} \quad [\text{Eq. 6}]$$

Onde: $C_{\text{bacia sanitária}}$ é o consumo médio diário total das bacias sanitárias (litros/dia);

$C_{\text{médio diário}}$ é o consumo médio diário *per capita* de água no dispositivo (litros/dia/pessoa);

P_{bs} é a população total feminina mais a porcentagem da população masculina que utiliza as bacias sanitárias.

O mictório teve o consumo médio diário de água medido considerando apenas a população masculina, conforme apresenta a Equação 7.

$$C_{\text{mictório}} = C_{\text{médio diário}} \cdot P_{\text{masc}} \quad [\text{Eq. 7}]$$

Onde: $C_{\text{mictório}}$ é o consumo médio diário total dos mictórios (litros/dia);

$C_{\text{médio diário}}$ é o consumo médio diário *per capita* de água no dispositivo (litros/dia/pessoa);

P_{masc} é a população total masculina.

Para o cálculo do consumo médio diário de água das torneiras dos tanques de laboratório, foi considerado somente o número de funcionários, conforme a Equação 8 abaixo.

$$C_{\text{tanq. lab.}} = C_{\text{médio diário}} \cdot P_{\text{func.}} \quad [\text{Eq. 8}]$$

Onde: $C_{\text{tanq. lab.}}$ é o consumo médio diário total das torneiras dos tanques de laboratório (litros/dia);

$C_{\text{médio diário}}$ é o consumo médio diário *per capita* de água no dispositivo (litros/dia/pessoa);

$P_{\text{func.}}$ é a população total de funcionários.

Para o cálculo do consumo médio diário de água dos chuveiros, foi considerado apenas o número de pessoas entrevistadas que efetivamente utilizam os chuveiros, por possuir um valor estritamente baixo, conforme a Equação 9 abaixo.

$$C_{\text{chuveiro}} = C_{\text{m\u00e9dio di\u00e1rio}} \cdot P_{\text{chuv.}} \quad [\text{Eq. 9}]$$

Onde: C_{chuveiro} \u00e9 o consumo m\u00e9dio di\u00e1rio total dos chuveiros (litros/dia);

$C_{\text{m\u00e9dio di\u00e1rio}}$ \u00e9 o consumo m\u00e9dio di\u00e1rio *per capita* de \u00e1gua no dispositivo (litros/dia/pessoa);

$P_{\text{chuv.}}$ \u00e9 a popula\u00e7\u00e3o que efetivamente utiliza os chuveiros.

O consumo total de todos os dispositivos de uso individual \u00e9 calculado pelo somat\u00f3rio de todos os consumos especificados anteriormente (Equa\u00e7\u00e3o 10).

$$C_{\text{individual}} = C_{\text{bebedouro}} + C_{\text{torneira lavat\u00f3rio}} + C_{\text{bacia sanit\u00e1ria}} + C_{\text{mict\u00f3rio}} + C_{\text{tanq.lab.}} + C_{\text{chuveiro}} \quad [\text{Eq. 10}]$$

b) Estimativa de Consumo de \u00c1gua em Atividades de Uso Coletivo

As atividades de consumo coletivo s\u00e3o aquelas em que a \u00e1gua \u00e9 utilizada para alguma atividade do pr\u00e9dio ou para um bem comum, como na utiliza\u00e7\u00e3o de \u00e1gua na lanchonete da universidade, na irriga\u00e7\u00e3o de plantas e na limpeza do pr\u00e9dio, inclu\u00eddas no consumo de \u00e1gua do edif\u00edcio. Para a estimativa desses consumos, foram aplicados question\u00e1rios, ou mesmo perguntas diretas \u00e0 um n\u00famero representativo de usu\u00e1rios, os quais informaram a utiliza\u00e7\u00e3o da \u00e1gua para a atividade que exerciam.

A limpeza teve o consumo estimado a partir da Equa\u00e7\u00e3o 11, a qual leva em considera\u00e7\u00e3o apenas o n\u00famero de funcion\u00e1rios da limpeza.

$$C_{\text{limpeza}} = \frac{\sum n \cdot f \cdot c}{d_s} \quad [\text{Eq. 11}]$$

Onde: C_{limpeza} \u00e9 o consumo m\u00e9dio di\u00e1rio em torneiras dos tanques de limpeza (litros/dia);

n \u00e9 o n\u00famero de funcion\u00e1rios de limpeza;

f \u00e9 a frequ\u00eancia di\u00e1ria de uso (n\u00famero de vezes por dia);

c \u00e9 o consumo de \u00e1gua por balde (litros);

d_s \u00e9 o n\u00famero de dias \u00fatteis durante a semana.

O consumo de água da lanchonete foi estimado a partir da soma da utilização de água em todas as atividades voltadas para o consumo de alimentos, conforme apresenta a Equação 12.

$$C_{lanchonete} = \sum_i^n f_i \cdot Q \cdot t_i \quad [\text{Eq. 12}]$$

Onde: $C_{lanchonete}$ é o consumo médio diário de água em torneiras das pias em lanchonetes (litros/dia);

f_i é a frequência diária de uso (número de vezes por dia);

Q é a vazão do dispositivo (litros/s);

t_i é o tempo de uso do dispositivo (s);

A atividade de irrigação é realizada a cada dois dias, independentemente do número de dias letivos. Esta atividade apresenta o consumo de água dividido em duas áreas: pátio interno e externo. Em que o primeiro é irrigado em sua maior parte por irrigadores, e o segundo, por mangueiras. Considerando as condições climáticas locais, é necessária uma lâmina de água de 5 mm por dia para que a irrigação seja eficiente (MAROUELLI *et al.*, 2001).

Para o cálculo do consumo médio diário de irrigação, foi somado o consumo de água para irrigação do pátio interno e do pátio externo da universidade, conforme a Equação 13 abaixo. Devido à frequência da irrigação ser independente do número de dias letivos, este sofre uma correção referente ao número de dias em que esta atividade acontece. O consumo é multiplicado por um fator de 0,65 (15 dias / 23 dias úteis).

$$C_{irrigação} = A \cdot r + Q \cdot t \quad [\text{Eq. 13}]$$

Onde: $C_{irrigação}$ é o consumo médio diário a partir da irrigação (litros/dia);

A é a área a ser irrigada (m^2);

r é o consumo de água por metro quadrado de grama (litros/ m^2);

Q é a vazão do dispositivo (litros/s);

t é o tempo de uso do dispositivo (s);

O consumo total de todos os dispositivos de uso coletivo foi calculado pelo somatório de todos os consumos especificados acima, conforme apresenta a Equação 14.

$$C_{\text{coletivo}} = C_{\text{limpeza}} + C_{\text{lanchonete}} + C_{\text{irrigação}} \quad [\text{Eq. 14}]$$

c) Estimativa do Consumo Total Diário e Mensal de Água

O consumo total diário foi calculado somando o consumo total diário de água para dispositivos individuais com o consumo total diário de água para dispositivos de uso coletivo, conforme mostra a Equação 15.

$$C_{\text{diário total}} = C_{\text{individual}} + C_{\text{coletivo}} \quad [\text{Eq. 15}]$$

Onde: $C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água da universidade (litros/dia);

$C_{\text{individual}}$ é o consumo total diário de água em dispositivos de uso individual (litros/dia);

C_{coletivo} é o consumo total diário de água utilizada em atividades de uso coletivo (litros/dia).

O consumo total mensal foi determinado pela multiplicação do consumo total diário de água pelo número de dias úteis no mês (Equação 16).

$$C_{\text{mensal}} = C_{\text{diário total}} \cdot d \quad [\text{Eq. 16}]$$

Onde: C_{mensal} é o consumo mensal total de água na universidade (litros/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água da universidade (litros/dia);

d é o número de dias úteis em um mês letivo (dias).

O número de dias úteis durante o mês letivo adotado é de 23 dias, já levando em consideração os sábados em que alguns professores utilizam para aplicação de provas e a limpeza geral do prédio realizado pelos funcionários da limpeza.

3.3.5. Análise de Sensibilidade

Como dito anteriormente, durante as entrevistas, foi percebida a existência de dúvidas nas respostas dos usuários, devido à maioria preferir responder o questionário sozinha, o que pode acarretar em erros nas estimativas dos consumos. Deste modo, para avaliar a influência de respostas duvidosas no resultado final, realizou-se uma análise de sensibilidade.

Esta análise, já utilizada por Kammers *et al.* (2005) em sua pesquisa, cujo objetivo foi determinar os usos finais de água em edifícios públicos de Florianópolis – SC, busca aplicar variações sobre os itens levantados, relacionadas ao uso dos dispositivos, em intervalos adequados, para poder verificar a influência de cada dispositivo sobre o consumo final. Diante disso, o consumo estimado é ajustado para que fique próximo ao consumo médio medido pela CASAL, utilizando variações de -30% a 30%, em intervalos de 10%, sobre o consumo dos dispositivos que possuíam os maiores índices de consumo de água na universidade, buscando analisar os dispositivos mais sensíveis a erros, comparados ao consumo real.

3.3.6. Estimativa de Usos Finais

Como citado no item anterior, as estimativas foram realizadas, em porcentagem, com base nos consumos dos dispositivos calculados. Definidos os consumos com maior sensibilidade, foram escolhidos três dispositivos para executar o ajuste. No final, a diferença entre o consumo real e o estimado foi atribuído proporcionalmente aos consumos dos dois dispositivos de maior sensibilidade, definindo os novos percentuais de consumo em cada dispositivo sanitário e atividade.

3.4. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS

Para implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais foi necessário calcular as medidas dos elementos presentes neste sistema. Este item do presente capítulo compreende as etapas de dimensionamento do volume do reservatório inferior, dos condutores, da estação elevatória e do reservatório superior.

3.4.1. Reservatório Inferior

De modo a determinar o volume ideal para o reservatório inferior para captação de água pluvial, foi necessário definir em que atividades a água de menor qualidade poderia ser utilizada. Gonçalves (2009) defende o uso de água não potável em lavagem de pisos, de carros e de calçadas, descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins, entre outros. Assim, neste estudo, considerou-se a utilização em descargas de bacias sanitárias e mictórios, irrigação de jardins e limpeza de piso do prédio, porém por mais que seja desejado e adequado suprir totalmente a demanda de água nestes itens, viu-se a necessidade de observar se há viabilidade para isso.

A estimativa do potencial de água potável que poderá ser substituída pela água de origem pluvial está expressa pela equação abaixo.

$$P_{AP} = P_{BS} + P_M + P_L + P_I \quad [\text{Eq. 17}]$$

Onde: P_{AP} é a porcentagem de água pluvial que pode substituir a água potável (%);

P_{BS} é a porcentagem de água consumida em bacias sanitárias (%);

P_M é a porcentagem de água consumida em mictórios (%);

P_L é a porcentagem de água consumida em atividades de limpeza do prédio (%);

P_I é a porcentagem de água consumida em irrigação de jardins (%).

Assim, calculado o potencial de aproveitamento, a demanda diária de água pluvial pode ser calculada a partir da Equação 18.

$$D_{\text{pluvial}} = C_{\text{diário total}} \cdot P_{AP} \quad [\text{Eq. 18}]$$

Onde: D_{pluvial} é a demanda diária de água pluvial (litros/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água da universidade (litros/dia);

P_{AP} é a porcentagem de água pluvial que pode substituir a água potável (%).

Foi definido que o volume do reservatório adequado deve possuir um nível de eficiência de 90%, ou seja, não deve possuir um índice de falhas de fornecimento de

água superior a 10% dos dias. Este valor foi definido para fins de economia, de modo a reduzir o volume do reservatório.

Para tal, foi utilizado o Método da Análise da Simulação (MAS), presente na norma NBR 15.527 (ABNT, 2007), referente ao aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, cuja equação da continuidade de um reservatório finito é expressa pela Equação 19:

$$s_{(t)} = q_{(t)} + s_{(t-1)} - D_{(t)} \quad [\text{Eq. 19}]$$

$$q_{(t)} = C \cdot P_{(t)} \cdot A \quad [\text{Eq. 20}]$$

Sendo que: $0 \leq s_{(t)} \leq V$.

Onde: $s_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$s_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

$P_{(t)}$ é a precipitação de chuva registrada no tempo t ;

A é a área de contribuição da cobertura.

Neste método, leva-se em consideração que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ t ” e que os dados históricos são representativos para as condições futuras, além de que:

- Se $s_{(t)} < 0$, considera-se falha e $s_{(t)} = 0$;
- Se $s_{(t)} > V$, considera-se extravasamento, utiliza-se volume do reservatório ($s_{(t)} > V$);
- Se $0 \leq s_{(t)} \leq V$, utiliza-se o volume encontrado.

Para isto, foi desenvolvido um algoritmo de cálculo a partir do ambiente MATLAB, utilizando o método da simulação exposto acima, em que possibilita avaliar

a disponibilidade de água pluvial para diferentes volumes de reservatórios e seu comportamento dinâmico. O código do algoritmo está presente no “APÊNDICE B” deste trabalho.

Os dados pluviométricos utilizados são referentes aos últimos 27 anos (1980 a 2006) de dados consistidos do município de Delmiro Gouveia presentes na plataforma *Hidroweb*. O nível de consistência dos dados foi avaliado através do *software* Hidro 1.2, desenvolvido pela própria ANA. O coeficiente de perdas da água de chuva captada adotado no algoritmo é de 90%, devido ao tipo de material do qual o telhado é composto.

A partir do fornecimento das variáveis de entrada de área de captação do objeto em estudo, demanda diária e volume desejado do reservatório, o algoritmo informa o nível de falha, referente ao percentual do número de dias em que há falta total ou parcial de água no edifício, a porcentagem de dias em que há extravasamento de água, e realiza a plotagem do gráfico de variação mensal do volume presente no reservatório para uma melhor análise do comportamento dinâmico do volume apresentado.

3.4.2. Reservatório Superior

O volume do reservatório superior é determinado através do volume diário correspondente à utilização de água para fins não potáveis. Desta forma, o volume do reservatório superior deve ser maior ou igual a quantidade de água consumida pelos aparelhos e atividades com fins não potáveis, segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998).

3.4.3. Elementos Condutores

O dimensionamento dos elementos condutores compreende a determinação das dimensões das calhas e dos condutores verticais e horizontais para a implantação do sistema de aproveitamento pluvial.

a) Calhas

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a vazão de projeto que deverá ser atendida pela calha é dada pela Equação 21:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad [\text{Eq. 21}]$$

Onde: Q é a vazão de projeto (litros/min);

I é a intensidade pluviométrica (mm/h);

A é a área de contribuição (m²).

Para obtenção da intensidade pluviométrica referente ao cálculo da vazão de calhas, presente nos índices de chuvas intensas, foi utilizado método de Gumbel, descrita em Tomaz (2016), utilizando a relação dada pela Equação 22.

$$P_T = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \quad [\text{Eq. 22}]$$

Onde: P_T é a precipitação correspondente ao tempo de retorno T;

α e β são os parâmetros de distribuição de escala e posição, respectivamente, dados pelas seguintes equações:

$$\alpha = \frac{1,2826}{S_x} \quad [\text{Eq. 23}]$$

$$\beta = \bar{X} - 0,451 \cdot S_x \quad [\text{Eq. 24}]$$

Onde: S_x é o desvio padrão da série;

\bar{X} é a média da série.

Em seguida, utiliza-se o método da desagregação de chuva diária (Damé *et al.*, 2010) que estabelece a relação da chuva de 1 dia (observada em pluviômetro) com a chuva de 24 h (obtida no pluviógrafo) e do mesmo modo para tempos menores através do emprego de coeficientes listados na Tabela 3.2 e utilização da Equação 25.

$$r_{i/j} = \frac{P_i}{P_j} \quad [\text{Eq. 25}]$$

Onde: $r_{i/j}$ é a relação entre as precipitações de duração i e duração j ;

P_i é a precipitação com duração i ;

P_j é a precipitação com duração j .

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), a duração de precipitação para dimensionamento de calhas deve ser igual a 5 minutos, deste modo, para obtenção da intensidade da chuva observada, utiliza-se o valor encontrado para esta duração, divide-se a altura da chuva pelo tempo de duração respectivo, e multiplica-se este valor por 60, equivalente ao número de minutos relativos a uma hora.

Ainda conforme a mesma norma, o dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, apresentada abaixo.

$$Q = K \frac{S}{n} RH^{2/3} i^{1/2} \quad [\text{Eq. 26}]$$

Onde: Q é a vazão de projeto (litros/min);

S é a área da seção molhada (m^2);

n é o coeficiente de rugosidade;

RH é o P/S , raio hidráulico (m);

P é o perímetro molhado (m);

i é a declividade da calha (m/m);

K é o parâmetro de conversão de unidade fixado em 60.000.

Tabela 3.2 – Coeficientes de proporcionalidade para diferentes durações pluviais.

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de proporcionalidade		
	CETESB (1986)	Silveira (2000)	Back et al. (2012)
5 min / 30 min	0,34	-----	0,35
10 min / 30 min	0,54	-----	0,53
15 min / 30 min	0,7	-----	0,68
30 min / 1 h	0,74	-----	0,75
5 min / 24 h	-----	0,104	-----
10 min / 24 h	-----	0,177	-----

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de proporcionalidade		
	CETESB (1986)	Silveira (2000)	Back et al. (2012)
15 min / 24 h	-----	0,226	-----
30 min / 24 h	-----	0,318	-----
1 h / 24 h	0,42	0,42	0,35
2 h / 24 h	0,48	0,531	0,46
4 h / 24 h	-----	0,651	0,55
6 h / 24 h	0,72	0,724	0,61
8 h / 24 h	0,78	0,778	0,66
12 h / 24 h	0,85	0,856	0,76
18 h / 24 h	-----	0,936	0,89
24 h / 1 dia	1,14	-----	1,16

Fonte: CETESB, Silveira, Back et al.

A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5% (ABNT, 1989).

b) Condutores verticais

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), os condutores verticais devem ser projetados, se possível, sempre em uma única prumada. Além disso, o diâmetro interno mínimo é de 70 mm. O dimensionamento dos condutores verticais deve ser realizado a partir dos seguintes dados: vazão do projeto (Q) em litros/min; altura (H) da lâmina de água na calha (mm) e o comprimento do condutor vertical, L, em metros. O diâmetro interno do condutor vertical, para calhas com saída em aresta viva, é obtido através do ábaco da Figura 3.4.

c) Condutores horizontais

Conforme a NBR 10844/89, os condutores horizontais devem ser projetados para terem no mínimo 0,5% de inclinação. Nas tubulações enterradas, devem ser previstas caixas de areia sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos trechos retilíneos (ABNT, 1989). Para o dimensionamento dos condutores horizontais, é apresentada a Tabela 3.3, a qual exige os seguintes dados:

- Q, vazão do sistema (litros/min);
- n, coeficiente de rugosidade do material que a calha foi confeccionada;
- i, inclinação do condutor horizontal (%).

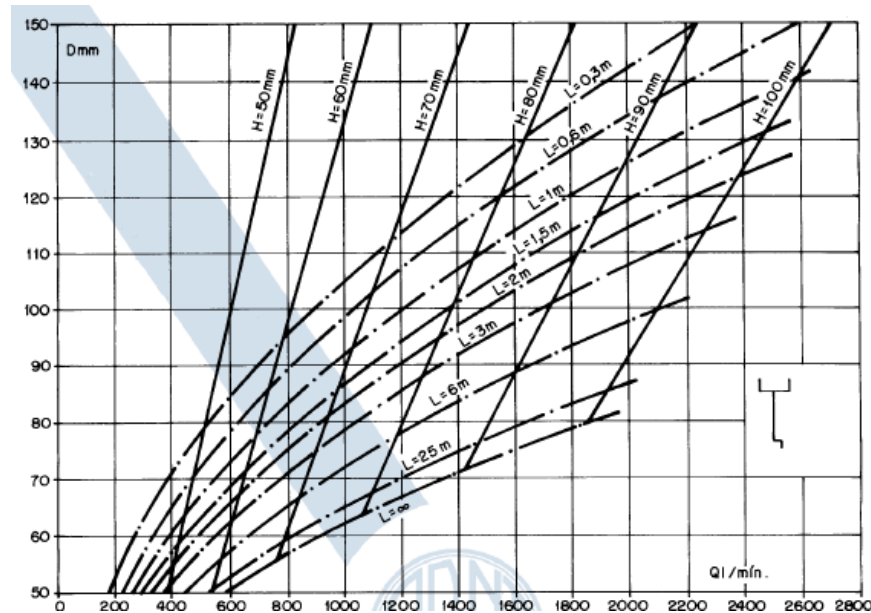


Figura 3.4 – Âbaco para dimensionamento do diâmetro interno dos condutores verticais, para calhas com saída em aresta viva.

Fonte: ABNT NBR 10844/89.

Tabela 3.3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (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
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT NBR 10844/89.

d) Caixas de areia

Devido à mudança de diâmetro das tubulações e de modo a evitar entupimentos causados por folhas e outros objetos, é necessária a instalação de um caixa de areia na transição de cada condutor vertical para o horizontal.

3.4.4. Estação Elevatória

A escolha da potência da moto-bomba foi realizada com auxílio do uso de um *software* simulador fornecido pela Franklin Electric. As variáveis de entrada para o dimensionamento da potência são: vazão requerida, altura de sucção, comprimento do tubo de sucção, altura de recalque, comprimento do tubo de recalque, diâmetro e tipo de tubulação e a quantidade de conexões de tubulação.

3.5. ANÁLISE ECONÔMICA

Após o estudo acerca do potencial de economia de água, existe a necessidade de realizar a análise financeira a fim de verificar os custos de implantação do sistema de obtenção de água de forma a analisar sua viabilidade econômica. A análise econômica é somente uma estimativa preliminar de custos, que servirá como referência. Deste modo, realizou-se um levantamento dos materiais a serem utilizados, a estimativa de custos e custos de mão-de-obra.

Sendo assim, fez-se uma pesquisa dos valores de materiais e equipamentos necessários, através das informações dos sites do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)¹ e do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE)², os quais disponibilizam uma série de índices de preços para realização de uma melhor indicação de custos. Além disso, foi realizado levantamentos de preços através de valores presentes praticados atualmente no mercado em lojas de materiais de construção como e-Greens Store³, Camargo Bombas⁴ e Telhaton⁵

Os custos referentes a mão de obra (com preço acrescido dos encargos sociais), além de itens relativos aos custos de alimentação, transporte urbano, equipamentos de proteção individual, ferramentas, exames médicos e seguros obrigatórios estão incluídos nos valores de Encargos Sociais Complementares presentes nos va-

¹ SINAPI – Tabela não-desonerada de preços e custos da construção civil referente ao mês de dezembro de 2015.

² ORSE – Tabela não-desonerada de preços, referente ao mês de julho de 2016.

³ Informação fornecida pela empresa e-Greens Store, em Marialva-PR, em setembro de 2016.

⁴ Informação fornecida pela empresa Camargo Bombas, em São Paulo-SP, em setembro de 2016.

⁵ Orçamento fornecido pela empresa Telhaton, em Guarulhos-SP, em setembro de 2016.

lores dos custos de materiais do SINAPI. Os custos com tubulação, conexões e elementos restantes são fixados em um percentual de 10% do custo total dos reservatórios (TOMAZ, 2010).

O consumo de energia gasto com as moto-bombas através da operação do sistema também foi considerado. Deste modo, utilizou-se as informações referentes à potência da moto-bomba e ao o tempo diário de utilização e o custo do kWh cobrado pela Eletrobrás para estimativa de custos, correspondente a R\$0,25/kWh para empresas de funcionalidade pública em horários fora de pico (mais usual).

$$V_{\text{energia elétrica}} = P_{\text{moto-bombas}} \cdot t \cdot n_{\text{dias}} \cdot T_{\text{Eletrobras}} \quad [\text{Eq. 27}]$$

Onde: $V_{\text{energia elétrica}}$ é o custo mensal de energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento (R\$);

$P_{\text{moto-bombas}}$ é a potência da moto-bomba (kW);

t é o número de horas de funcionamento (h/dia);

n_{dias} é o número de dias de funcionamento no mês (dias);

$T_{\text{Eletrobras}}$ é o valor da energia elétrica cobrado pela Eletrobras (R\$/kWh).

A economia, em reais, no consumo de água potável com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial é dada pela Equação 28.

$$E = P_{\text{AP}} \cdot C_{\text{diário total}} \cdot T_{\text{CASAL}} \cdot I_{\text{LF}} - V_{\text{energia elétrica}} \quad [\text{Eq. 28}]$$

Onde: E é a economia mensal de água potável (R\$/mês);

P_{AP} é a porcentagem de água pluvial que pode ser substituir a água potável (%);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água da universidade (m³/mês);

T_{CASAL} é o valor de água cobrado pela CASAL, variável por tipo e faixa de consumo (R\$/m³);

I_{LF} é o fator de dedução de impostos da Lei Federal (1,0945);

$V_{\text{energia elétrica}}$ é o custo mensal de energia elétrica (R\$).

A estrutura tarifária de água pela Companhia de Saneamento de Alagoas para a categoria pública, divisão em que a universidade se encontra, é expressa pela Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Estrutura tarifária da CASAL para água na categoria pública.

CATEGORIA		FAIXAS	TARIFA (R\$/m ³)
ÁGUA	PÚBLICA	Até 100m ³	6,76
		Excedente	17,35

Fonte: CASAL (2016).

O período de retorno do investimento foi calculado a partir do método de *payback* descontado. O *payback* descontado considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação no mercado financeiro, trazendo os fluxos a valor presente, para posteriormente calcular o período de recuperação (FONSECA, 2010). O número de meses necessários para que o investimento possa retornar o custo do investimento é apresentado na Equação 29.

$$I_0 \leq \sum_1^n [B_n - C_n / (1 + i)^n] \quad [\text{Eq. 29}]$$

Onde: I_0 é o investimento inicial;

B é o valor dos benefícios;

C é o valor dos custos relevantes, excluindo os custos iniciais;

i é a taxa mínima de atratividade (TMA);

n é o tempo, representado pelo número de períodos em meses.

O retorno mínimo exigido para o investimento, ou Taxa Mínima de Atratividade adotado foi de 1% ao mês.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo mostra os resultados obtidos para o estudo realizado na UFAL/Campus Sertão, a partir dos quais será possível verificar a viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na universidade.

4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

Os tópicos subsequentes apresentam os resultados obtidos durante o levantamento de dados acerca do tema proposto.

4.1.1. Área de Cobertura

A partir da planta de cobertura fornecida pela própria instituição (ANEXO B) e com auxílio dos cortes (ANEXO C), utilizando a metodologia citada, foi obtida uma área de contribuição total do bloco de estudos de 5.598,28 m². A nível de comparação, Coelho (2016, p. 49), em um estudo prévio realizado na mesma instituição de ensino, obteve um valor da área de captação do bloco administrativo e de salas de aula de 4.094,28 m². Os valores contrastam devido ao primeiro levar em consideração a área vertical da cobertura.

4.1.2. Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos do município de Delmiro Gouveia respectivos ao período histórico de 1936 a 2006 foram fornecidos pelo portal de dados *Hidroweb* no site da ANA. O município de Delmiro Gouveia possui um baixo índice pluviométrico, com uma precipitação média anual de 507,9 mm/ano para o período avaliado. A precipitação média mensal está apresentada no Gráfico 4.1.

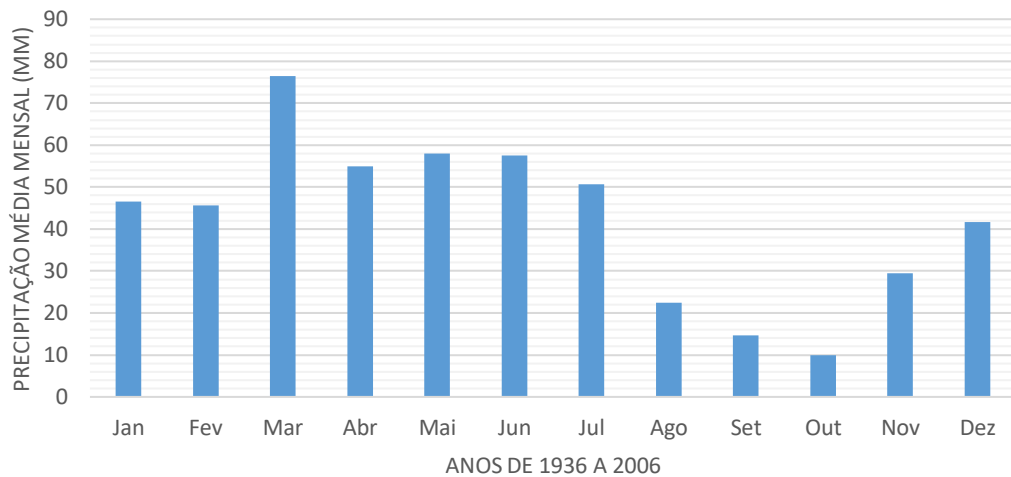


Gráfico 4.1 – Precipitação média mensal referente aos anos de 1936 a 2006.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o gráfico, verifica-se que os meses com predomínio de chuvas concentram-se entre março a julho, pois são os meses que apresentam as maiores precipitações médias mensais. O período correspondente entre agosto e novembro sofre com maior escassez de precipitações, são meses que possuem potencial de apresentar falhas no sistema de distribuição de água pluvial, o que exige uma solução de forma a manter a continuidade do abastecimento.

4.1.3. Levantamento do Consumo Real

Como mencionado no capítulo anterior, de forma a realizar uma análise dos dados obtidos, foram levantados os dados reais de consumo, através da leitura das faturas mensais e do monitoramento diário do hidrômetro, os quais serão comparados com os valores de consumo estimados.

a) Consumo de água medido pela CASAL

A partir das faturas de cobrança emitidas pela companhia de fornecimento de água local (CASAL), relativo ao à construção do campus até o mês de fevereiro de 2016, foi possível observar o histórico de consumo mensal da universidade. O Gráfico 4.2 apresenta os consumos e custos das faturas de água para o período mencionado. O resumo destes de dados estão apresentados no “ANEXO A” deste trabalho.

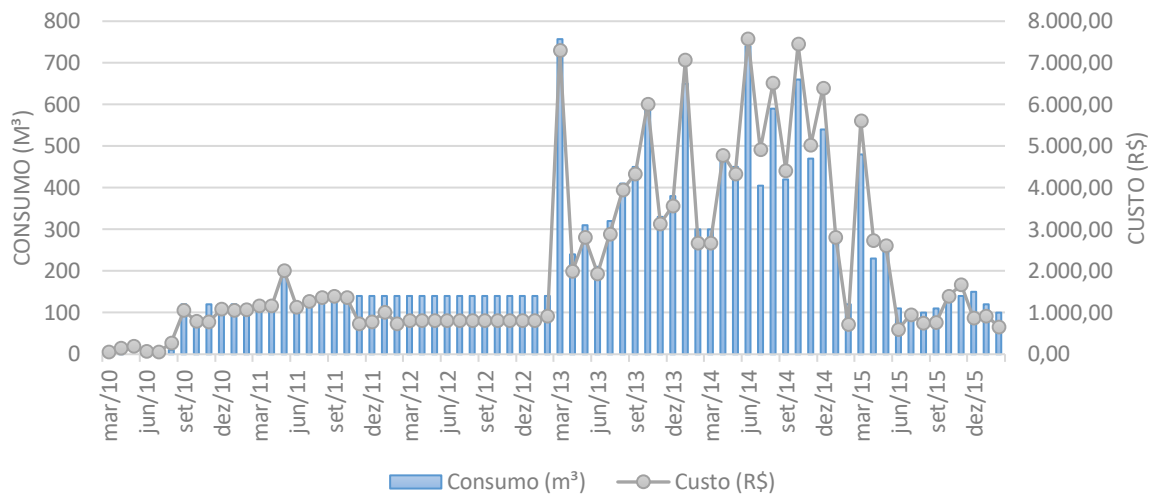


Gráfico 4.2 – Consumos e custos das faturas de água de 2010 a 2016.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado pelo gráfico citado, e pelo que foi informado pela coordenadoria de infraestrutura, o ano de 2010 possui baixos valores de médias de consumo, justamente por estar dentro do período de obras da construção da universidade. Dado que a edificação teve sua construção do bloco principal finalizado somente em 2011, é natural que haja um baixo consumo devido à ausência de potenciais usuários. O início das atividades letivas no campus somente teve início no mês de setembro do mesmo ano.

É possível observar que o período referente aos meses de 2013 até o início de 2015 teve um consumo de água mais elevado que o normal. Isto aconteceu devido às obras referentes à construção do restaurante universitário e bloco destinado aos laboratórios e coordenadorias, presentes na universidade. Além disso, a presença de extravasamentos de água após o rompimento de tubulação, em que por vezes somente eram corrigidos após alguns dias, também tiveram grande influência.

É válido mencionar que o crescimento do número de alunos matriculados em cursos regulares teve um crescimento gradual a cada semestre letivo, devido à inauguração recente do campus, como mostrado na Tabela 4.1, o que acaba impactando diretamente no consumo mensal de água. A mesma observação é válida para o número de professores e funcionários.

Outros problemas enfrentados pela universidade foi a presença de diversas greves desde o início de suas atividades e do hidrômetro quebrado que impossibilitava o registro dos reais valores de medição de consumo de água durante vários meses.

Tabela 4.1 – Número de alunos matriculados por curso em cada semestre.

Curso	2010.1	2010.2	2011.1	2011.2	2012.1	2013.1	2013.2	2014.1	2015.1
Eng. Civil	41	78	115	146	200	218	258	293	321
Eng. de Produção	41	77	105	128	170	186	192	222	259
Geografia	33	76	97	128	157	170	190	197	215
História	37	72	102	137	165	187	206	211	237
Letras	21	59	89	107	141	153	161	172	241
Pedagogia	31	71	94	114	144	167	184	190	236

Fonte: UFAL/Campus Sertão

Devido às incertezas dos reais registros de consumo mensal provenientes dos meses em que ocorreram os problemas citados, optou-se por não utilizar estes dados para indicar a média do real consumo mensal de água da universidade. Neste caso, preferiu-se utilizar apenas o consumo do mês de julho, período em que houve condições normais de aula e que teve a instalação de um novo hidrômetro em substituição ao que estava quebrado, que impossibilitava realizar as medições de registro diárias. Este mês apresentou um valor de 419,17 m³, o que representa um consumo diário *per capita* de 10,96 litros/dia/pessoa.

b) Leituras Diárias do Hidrômetro

Foram registradas leituras no hidrômetro da UFAL/Campus Sertão no período de 12 a 19 de julho de 2016. Este monitoramento é necessário para cálculo do consumo real de água a fins de comparação. A Tabela 4.2 apresenta os valores registrados com seus respectivos horários e o consumo diário para cada dia da semana.

Tabela 4.2 – Leituras diárias do hidrômetro e registro de consumo.

Data da leitura	Dia da semana	Horário	Leitura [m ³]	Consumo Diário [m ³]
12/07/2016	Terça-feira	7:30 AM	91,59	24,61
13/07/2016	Quarta-feira	8:00 AM	116,20	13,26
14/07/2016	Quinta-feira	7:30 AM	129,46	15,86
15/07/2016	Sexta-feira	7:30 AM	145,32	10,57
16/07/2016	Sábado	8:00 AM	155,89	7,36
17/07/2016	Domingo	7:30 AM	163,25	0,00
18/07/2016	Segunda-feira	8:00 AM	163,25	27,99
19/07/2016	Terça-feira	8:00 AM	191,24	---
Consumo médio diário				16,61

Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo médio diário, levando-se em consideração apenas os dias letivos da semana (segunda-feira a sábado), é de 16,61 m³. É levado em consideração que, de acordo com alguns funcionários, a irrigação acontece durante três dias da semana, os quais não são fixos. Isto explica o consumo mais alto registrado nos dias de terça, quinta e segunda. Como o período de leitura foi de apenas uma semana, o que é insuficiente para caracterizar o consumo médio semanal real, as leituras podem conter erros provenientes de alguma atividade incomum na universidade.

4.2. USOS FINAIS DE ÁGUA

4.2.1. Levantamento de dispositivos

O levantamento procura identificar todos os dispositivos sanitários utilizados na universidade. Foram realizadas visitas *in loco* com o objetivo de caracterizar de cada dispositivo o modelo, a marca e a quantidade. Foram identificados dez bebedouros elétricos de uso comum na universidade, os quais são utilizados principalmente pelos alunos. Também é disponibilizado nas salas de professores e funcionários, porém estes utilizam água mineral, o que não contabiliza no consumo do presente levantamento.

Os banheiros são bem distribuídos na universidade, o que acaba contribuindo para que sejam usados com muita frequência. As torneiras possuem válvulas manuais, o que torna a medição um pouco mais imprecisa, dificultando a medição do consumo. Os vasos sanitários possuem caixa acoplada de 5 litros. Os banheiros masculinos possuem mictórios, com válvulas manuais, mas que não são muito aparentes, devido à cor, além disso, metade deles estão danificados, impedindo o seu uso. Em alguns banheiros, os chuveiros estão presentes, mas não são muito utilizados.

A lanchonete possui pias que são utilizadas para lavagem de alimentos e de louças, mas com pouca frequência, pois foi verificado que os alimentos, em sua maior parte, são trazidos prontos para a venda. As torneiras dos tanques de limpeza ficam em banheiros que tiveram sua finalidade alterada para suprir a necessidade de uma sala específica para guardar o material de limpeza. No pátio externo, há algumas torneiras que são utilizadas para irrigação. Também estão presentes alguns irrigadores fixos. A Figuras 4.1 apresenta algumas fotos de dispositivos sanitários no prédio principal da universidade.



Figura 4.1 – Levantamento de dispositivos sanitários na universidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2. Medições de Vazão

Para estimar a vazão de cada dispositivo, foi realizada a metodologia especificada no item 3.4.2, a qual utilizando recipientes com volume conhecido e um medidor de tempo, foi possível obter a vazão de cada item.

As bacias sanitárias e mictórios não tiveram suas vazões medidas devido à falta de equipamentos apropriados. Desta forma, foi realizada uma pesquisa junto à fabricante da bacia sanitária, a qual especificou o consumo de 5 litros/descarga, equivalente a 1,70 litros/s em 3 segundos. Para os mictórios foi adotado um valor indicado pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998), sobre instalação predial de água fria, igual a 0,15 litros/s.

Os mictórios, apesar de presentes em todos os banheiros masculinos, apresentavam um mau estado de conservação em boa parte deles. Além disso, foi verificado que a válvula de descarga não era muito visível, o que contribui para que os usuários não a utilizem. Desta forma, o consumo da descarga do mictório foi considerado para utilização dos usuários comuns, levando-se em consideração o seu uso apenas para o momento de limpeza.

Tabela 4.3 - Valores de medição de vazão dos dispositivos sanitários.

Dispositivo Sanitário	Local	Vazão (litros/s)
Torneira da pia	Cozinha	0,09
Torneira do lavatório	Banheiros	0,14
Torneira do tanque	Laboratórios	0,11
Torneira do tanque	Limpeza	0,14
Bebedouro Elétrico	Pátios Internos	0,02
Bacia Sanitária	Banheiros	1,70
Mictório	Banheiros	0,15
Chuveiro	Banheiros	0,16
Mangueira	Área Externa	0,20

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3. Entrevistas com os Usuários

De acordo com o que foi explicado no item 3.3.3, foram aplicados questionários a uma amostra de usuários da universidade, com o objetivo de obter um levantamento preciso acerca dos usos finais e consumos de água.

A administração da universidade forneceu o número de alunos, professores e funcionários que exercem atividade no campus. Estes dados foram separados de acordo com o sexo, principalmente devido aos diferentes perfis de consumo, como será observado posteriormente.

O estudo foi realizado por amostragem, devido à inviabilidade de aplicar questionários a toda a população de 1664 pessoas. Para isto, foi adotado um erro amostral de 5% inicialmente, levando-se em consideração a população total da UFAL/Campus Sertão. Porém, devido à algumas dificuldades na aplicação, viu-se a necessidade de aumentar este erro, o qual terminou fixado em 6,9%, maior que o previsto, no entanto numa faixa admissível.

No total, foram entrevistados 187 usuários nos três turnos. Estes foram separados por categoria, a especificar: alunos, professores e funcionários, como mostrado na Tabela 4.4, com acréscimo das porcentagens respectivas à população por categoria.

Tabela 4.4 – Número total de usuários por categoria e por sexo.

Categoria de usuários	População			Amostra Obtida		
	M	F	Total	M	F	Total
Alunos	714	795	1509	87	71	158
Percentual Alunos	47%	53%	100%	55%	45%	100%
Funcionários	32	29	61	9	7	16
Percentual Funcionários	52%	48%	100%	56%	44%	100%
Professores	64	30	94	8	5	13
Percentual Professores	68%	32%	100%	62%	38%	100%
Total	810	854	1664	104	83	187
Percentual do total	49%	51%	100%	56%	44%	100%

Legenda: M = Masculino; F = Feminino.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.4. Estimativa de Consumo de Água

a) Médias de Consumo de Água por Categoria

Conforme a metodologia apresentada no item 3.3.4, foi realizada a média diária de frequência, tempo de uso e de consumo de água para cada categoria e sexo de usuário. Estes dados são importantes para obter a estimativa de consumo *per capita* de água por tipo de usuário. Verificou-se também, por inspeção visual, alguns valores de tempo de uso de dispositivos que fugiam da realidade, o que poderia ocasionar erros elevados nos resultados, desta forma estes valores acabaram sendo ajustados.

As Tabelas 4.5 a 4.7 apresentam os valores de média diária mencionados por categoria e sexo de usuário, além do desvio padrão dos dados de pesquisa.

Tabela 4.5 – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água *per capita* por dispositivo sanitário para alunos.

Usuários	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)				
	Homens		Mulheres		Homens		Mulheres		Homens		Mulheres		
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	
Torneira	1,82	0,88	2,27	1,10	15,23	13,65	14,42	22,58	4,23	6,38	6,13	18,22	
Bebedouro	2,54	1,93	2,30	1,67	17,30	24,86	10,58	11,64	1,21	2,59	0,79	1,25	
Bacia Sanit.	1,11	0,80	1,67	1,06	-	-	-	-	5,54	4,01	8,35	5,32	
Consumo Médio Diário Total									10,97	15,27			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.6 – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água *per capita* por dispositivo sanitário para professores.

Usuários	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Homens		Mulheres		Homens		Mulheres		Homens		Mulheres	
Aparelho	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	4,19	1,07	3,40	0,89	15,63	9,43	18,00	8,37	9,33	6,04	8,82	4,31
Bebedouro	1,63	2,07	1,60	2,30	8,63	10,80	13,00	26,36	0,58	0,93	0,93	1,78
Bacia Sanit.	2,50	1,41	2,60	0,55	-	-	-	-	12,50	7,07	13,00	2,74
Consumo Médio Diário Total									22,41		22,75	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.7 – Média diária de frequência, tempo de uso e consumo de água *per capita* por dispositivo sanitário para funcionários.

Usuários	Frequência (vezes/dia)				Tempo (segundos/vez)				Consumo (litros/dia/pessoa)			
	Homens		Mulheres		Homens		Mulheres		Homens		Mulheres	
Dispositivo	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Torneira	3,10	1,37	2,86	1,35	16,90	10,19	7,93	2,24	8,79	8,29	3,27	1,67
Bebedouro	3,00	3,53	1,29	1,25	15,00	19,15	15,71	22,44	1,39	1,80	0,76	1,02
Bacia Sanit.	2,10	1,10	1,71	1,11	-	-	-	-	10,50	5,50	8,57	5,56
Tanque (Lab.)	0,01	0,02	0,06	0,15	90,00	202,48	8,57	22,68	0,44	0,95	0,38	1,02
Consumo Médio Diário Total									20,68		12,60	

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resumo e somatório do consumo médio diário *per capita* de consumo de água por dispositivo sanitário, dividido por categoria, estão apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Consumo *per capita* (litros/dia/pessoa) por categoria de água por dispositivo sanitário.

Aparelho	Alunos		Professores		Funcionários	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Torneira	4,23	6,13	9,33	8,82	8,79	3,27
Bebedouro	1,21	0,79	0,58	0,93	1,39	0,76
Bacia Sanitária	5,54	8,35	12,50	13,00	10,50	8,57
Tanque (Laboratório)	---	---	---	---	0,44	0,38
Consumo Médio Diário Total	10,97	15,27	22,41	22,75	20,68	12,60

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi verificado, por meio da Tabela 4.7, que o maior consumo pertence à utilização das descargas das bacias sanitárias, principalmente em função de maior frequência de uso pelas mulheres. Como visto, é normal que professores e funcionários possuam um maior consumo de água uma vez que exercem maior carga horária diária no campus que os alunos. Como existe a influência de respostas imprecisas, isto será verificado no item 4.2.5, na análise de sensibilidade dos dispositivos sanitários.

b) Estimativa de Consumo de Água em Aparelhos de Uso Individual

O consumo diário total estimado de água por dispositivo de uso individual, utilizando a metodologia explicada no item 3.3.4a, utilizando o número total de pessoas que usam efetivamente os dispositivos, está apresentado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Consumo diário total estimado de água por dispositivo de uso individual.

Consumo diário total dos dispositivos por categoria de usuários (litros/dia)										
Categoria de Usuários	Alunos			Professores			Funcionários			Todas as Categorias
Dispositivo	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total	Total (L/dia)
Torneira do lavatório	2413,82	3897,21	6311,04	358,41	158,72	517,13	281,26	94,86	376,13	7204,30
Bebedouro Elétrico	690,02	500,09	1190,11	22,15	16,70	38,85	44,53	22,03	66,55	1295,52
Bacia Sanitária	1265,83	5311,94	6577,78	192,00	234,00	426,00	134,40	248,57	382,97	7386,75
Tanque (Lab.)	---	---	---	---	---	---	13,98	11,13	25,11	25,11
Total	4369,67	9709,25	14078,92	572,56	409,42	981,98	474,17	376,60	850,76	15911,67
Percentual	31,0%	69,0%	100,0%	58,3%	41,7%	100,0%	55,7%	44,3%	100,0%	

Legenda: H = Homens; M = Mulheres.

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar que os maiores índices de consumo de água correspondem à utilização das torneiras de lavatório e descargas das bacias sanitárias. O bebedouro elétrico, apesar de sua grande utilização, teve um consumo pequeno devido à baixa vazão de água, além de ser utilizado praticamente pelos alunos apenas, devido à presença de água mineral em algumas salas de professores e funcionários na universidade. As torneiras de tanque de laboratórios são utilizadas apenas por um número reduzido de funcionários, isso explica o seu baixo consumo diário de água.

c) Estimativa de Consumo de Água em Atividades de Uso Coletivo

As atividades de uso coletivo incluem o consumo de água referente à limpeza do prédio, irrigação de jardins e tarefas relacionadas à lanchonete. Para a estimativa do consumo médio diário de água em limpeza, foram entrevistados alguns serventes que informaram como é o processo de limpeza na universidade. São 16 funcionários divididos em três turnos, os quais limpam os banheiros antes do horário de aula. O sábado é o dia escolhido da semana em que todos os funcionários ficam reunidos para realizar a limpeza geral da universidade.

O valor de consumo médio diário de água na limpeza é calculado a partir da Equação 11, a qual faz o somatório do consumo de todos os dias letivos da semana. O consumo médio diário para a limpeza está demonstrado na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Consumo médio diário de água em limpeza.

	Funcionários	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros)	Consumo (L/dia)
Segunda à sexta	16	0,5	7	280
Sábado	16	4	7	448
Consumo Médio Diário				121,33

Fonte: Elaborado pelo autor.

A irrigação é uma das atividades de maior consumo de água potável na universidade. O consumo de água na área interna é superior à área externa devido à extensão do gramado. Além disso, a irrigação é realizada por meio de irrigadores e mangueira, a depender do local. O resultado estimado do consumo total é muito semelhante ao registrado no sábado da semana em que ocorreu a medição das leituras diárias do hidrômetro, apresentado na Tabela 4.2, de 7.360 litros, em que no presente dia foi registrada a utilização de água somente na irrigação de jardins e limpeza geral dos prédios, visto que não estava havendo aula nem trabalho pelos demais funcionários.

Como a irrigação é uma atividade que é realizada três vezes durante a semana e não diariamente, seu resultado sofre uma correção de fracionamento, como explicado no item 3.3.4b. A Tabela 4.11 apresenta o consumo referente à irrigação de jardins.

Tabela 4.11 – Consumo médio diário de água em irrigação de jardins.

Local	Área (m ²)	Consumo por área (litros/m ²)	Vazão (litros/s)	Tempo (s)	Consumo (litros/dia)
Área Interna	979,05	5	-	-	4895,25
Área Externa	-	-	0,20	9000	1822,09
Consumo Total					6717,34
Correção de Consumo Total					4380,87

Fonte: Elaborado pelo autor.

As atividades da lanchonete tiveram seu consumo de água estimado a partir das entrevistas realizadas às três cozinheiras, neste estudo levou-se somente em consideração os funcionários que consomem água em suas atividades. As cozinheiras informaram que o consumo de água para preparação de alimentos é mínimo, uma vez que trazem a maioria dos alimentos já prontos para a venda, neste caso o consumo fica restrito à preparação de sucos, cafés, saladas de frutas, hambúrgueres e refeições de menor porte. As Tabelas 4.12 a 4.14 apresentam os valores referentes ao consumo médio diário de água em atividades da lanchonete, em que há utilização da torneira de pia da cozinha.

Tabela 4.12 – Consumo médio diário de água da lanchonete em lavagem de alimentos.

Atividade	Funcionários	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
Lavação de alimentos	Cozinheiro 01	1	300	0,09	27,0
	Cozinheiro 02	2	120	0,09	21,6
	Cozinheiro 03	1	120	0,09	10,8
Consumo Total					59,4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.13 – Consumo médio diário de água da lanchonete em preparo de alimentos.

Atividade	Funcionários	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
Preparo de alimentos	Cozinheiro 01	0	0	0,09	0,0
	Cozinheiro 02	1	140	0,09	12,6
	Cozinheiro 03	1	180	0,09	16,2
Consumo Total					28,8

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.14 – Consumo médio diário de água da lanchonete em lavação de louças.

Atividade	Funcionários	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
Lavação de louças	Cozinheiro 01	1	180	0,09	16,2
	Cozinheiro 02	1	360	0,09	32,4
	Cozinheiro 03	1	60	0,09	5,4
Consumo Total					54,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resumo e somatório do consumo de água de todas as atividades da lanchonete estão apresentadas na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 – Somatório do consumo médio diário de água nas atividades da lanchonete

Atividade	Consumo (litros/dia)
Lavação de alimentos	59,4
Preparo de alimentos	28,8
Lavação de louças	54,0
Consumo Total	142,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo de água em chuveiros em banhos foi estimado a partir do número de usuários que responderam os questionários, visto que a grande maioria não utiliza os chuveiros da universidade. A Tabela 4.16 apresenta o consumo médio diário de água em banhos.

Tabela 4.16 – Consumo médio diário de água em banhos.

Usuário	Frequência (vezes/dia)	Tempo (s)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
Aluno 01	0,2	300	0,16	9,41
Aluno 02	0,2	360	0,16	11,30
Funcionário 01	0,4	120	0,16	7,53
Funcionário 02	1	80	0,16	12,80
Consumo Total				41,04

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resumo e somatório do consumo de água de todas as atividades de uso coletivo estão apresentados na Tabela 4.17. Pode ser observado que a irrigação é a atividade com maior utilização de água potável nesta categoria.

Tabela 4.17 – Consumo total médio diário de água em atividades de uso coletivo.

Atividade	Consumo (litros/dia)
Torneira do tanque (Limpeza)	121,33
Torneira de pia (Cozinha)	142,20
Irrigação	4380,87
Chuveiro	41,04
Consumo Total	4685,44

Fonte: Elaborado pelo autor.

d) Estimativa do Consumo Total Diário e Mensal de Água

A estimativa de consumo total diário e mensal foi calculada a partir dos valores fornecidos pelo somatório dos consumos de dispositivos e atividades de uso individual e coletivo.

Para isso, foi adotado um valor de 23 dias úteis por mês para cálculo do consumo de água mensal. Os consumos totais diário e mensal de água estimados de todos os dispositivos e atividades estão apresentados na Tabela 4.18, a qual faz um resumo dos valores explicitados, onde estimou-se que o consumo total diário é de 20,58 m³/dia e o mensal é de 473,37 m³/mês.

Tabela 4.18 – Consumo total diário e total mensal de água por dispositivos e atividades.

Dispositivo ou Atividade	Consumo (L/dia)	Consumo (L/mês)
Torneira do lavatório	7204,30	165698,82
Bebedouro Elétrico	1295,52	29796,85
Bacia Sanitária	7386,75	169895,18
Torneira do tanque (Lab.)	25,11	577,52
Torneira do tanque (Limpeza)	97,39	2240,00
Torneira de pia (Cozinha)	142,20	3270,60
Mictório	8,00	184,00
Chuveiro	41,04	943,92
Irrigação	4380,87	100760,09
Total	20581,17	473366,98

Fonte: Elaborado pelo autor.

Calculados os consumos totais diários de água dos dispositivos da UFAL/Campus Sertão, o seguinte passo foi identificar, em percentagem, os usos finais de cada atividade em relação ao total. O Gráfico 4.3 apresenta os usos finais de água estimados.

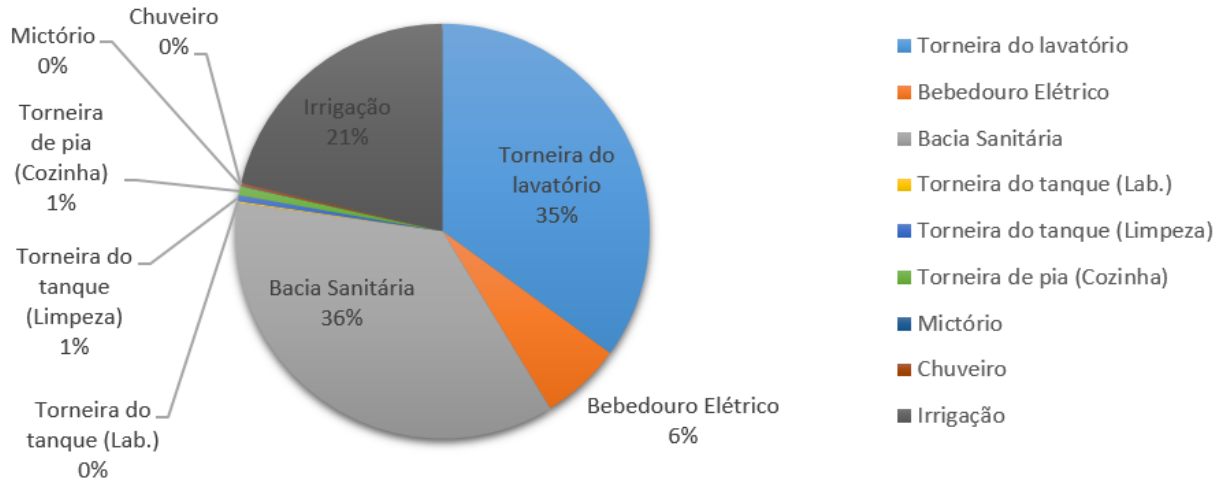


Gráfico 4.3 – Porcentagem dos usos finais de água estimados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seu estudo na mesma instituição de ensino, Coelho (2016) estimou, através de dados obtidos, uma demanda diária de 23 m³/dia e mensal de 460 m³/mês, levando em conta que foi adotado um número de 20 dias úteis no mês. Esta diferença entre os resultados é explicada pelas diferentes metodologias utilizadas durante as pesquisas.

Além disso, verifica-se no gráfico que de todas as atividades apresentadas, incluindo as individuais e coletivas, as descargas das bacias sanitárias, torneiras de laboratório e irrigação possuem maior impacto no consumo de água na universidade.

O consumo de água pelas bacias sanitárias apresenta o valor mais significativo, pois além de serem bastante utilizadas pelos usuários, apresenta um consumo de 5 litros de água por descarga, o que acaba gerando um consumo expressivo em relação às outras atividades/dispositivos.

As torneiras dos laboratórios são utilizadas com grande frequência. Além disso, possuem válvulas simples que permitem gerar um amplo desperdício de água, caso não sejam utilizadas de forma consciente. Uma alternativa para economia neste caso,

seria a troca destas por torneiras com mecanismo hidromecânico e fechamento automático temporizado, ou mesmo, a utilização de aeradores, o que iria reduzir consideravelmente o consumo.

Por fim, a irrigação possui sua parcela expressiva devido à grande extensão de gramado e o número de plantas e árvores existentes na instituição, o que exige uma alimentação frequente de água.

Comparando os consumos totais mensais estimados apresentados na Tabela 4.18 e o valor de consumo fornecido pela CASAL, para o mês de julho/2016 (419,17 m³), é notada uma diferença considerável. A Tabela 4.19 mostra um comparativo entre os valores, que devido às discrepâncias, serão realizados ajustes a partir do método da análise de sensibilidade, presente no item 4.3.4.

Tabela 4.19 – Consumo total diário mensal de água estimado e real.

Consumo	Diário	Mensal
Estimado	20581	473367
Real	18225	419170
Diferença (litros)	2356	54197
Diferença	12,93%	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A diferença dos consumos real e estimado é de 12,93%, uma diferença de 54.197 litros/mês. Uma diferença baixa em relação ao consumo total, mesmo com as diferenças referentes às possíveis respostas duvidosas apresentadas nos questionários.

4.2.5. Análise de Sensibilidade

Foram escolhidos os dispositivos que possuíam os maiores consumos, onde foi possível confirmar a grande influência deles sobre o consumo real de água. A frequência ou tempo de uso das torneiras de lavatório, bebedouros elétricos, bacias sanitárias e irrigação sofreu variações de -30% a 30%, em intervalos de 10%, mostrando o impacto causado no consumo final (Gráfico 4.4).

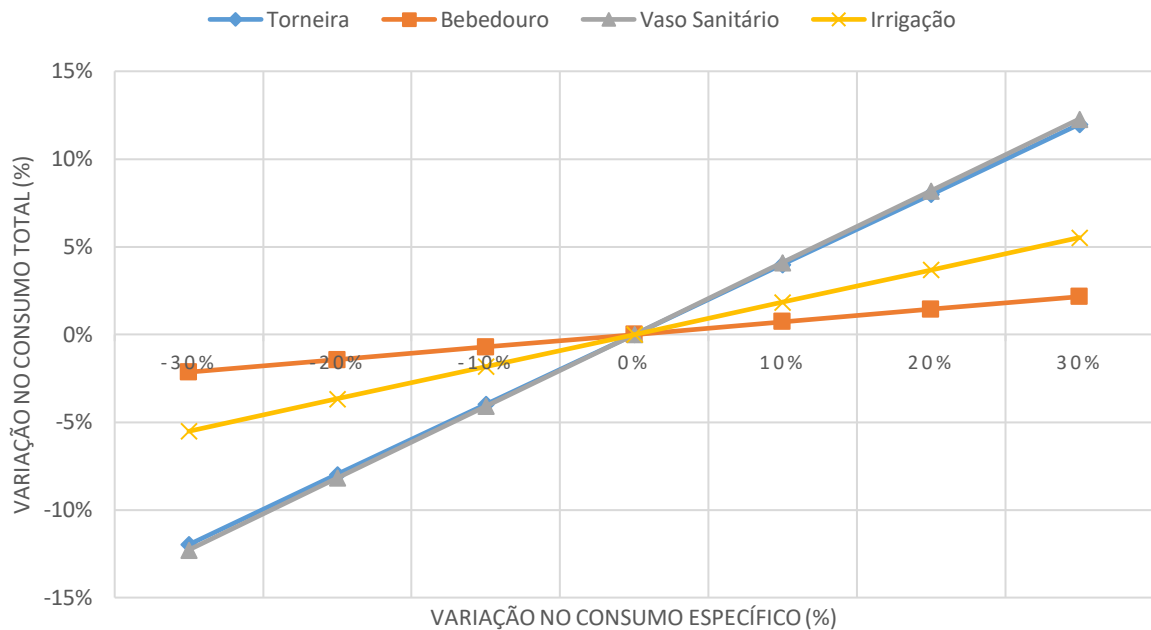


Gráfico 4.4 – Análise de sensibilidade aplicada a dispositivos sanitários.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A bacia sanitária foi o dispositivo com maior variação, gerando um erro de 12,3% sobre o consumo final de água, quando exercida uma variação de 30% sobre esta. Enquanto torneira dos lavatórios, com a mesma variação, geraria um erro de 12,0% sobre o consumo final. A irrigação é a terceira atividade que sofre maior erro quanto à variação nas respostas dos questionários, chegando a diferenciar 5,5%, em uma variação de 30%, quanto ao consumo final de água. O bebedouro, apesar de frequentemente utilizado, apresenta uma vazão de água muito baixa, o que explica o seu erro percentual de apenas 2,15% sobre o total.

4.2.6. Usos Finais de Água Corrigidos

A diferença entre o consumo estimado e o consumo medido pela CASAL foi atribuída proporcionalmente aos dois dispositivos de maior sensibilidade por possuírem variação mais significativa. Entre eles: a bacia sanitária e a torneira de lavatórios. A diferença entre os consumos para esses dispositivos totaliza 2.356 litros/dia, dos quais cerca de 50% pertencem à bacia sanitária e à torneira do lavatório individualmente, conforme apresentado na Tabela 4.20.

Tabela 4.20 – Influência sobre a diferença de consumo estimado e real.

Aparelhos	Influência	Consumo Descont. (L)
Bacia Sanitária	49,33%	1162,35
Torneira do lavatório	50,67%	1194,04

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dispositivos e atividades que podem ter a fonte de água substituída pela água não potável são a descarga da bacia sanitária, torneira do tanque de limpeza, mictório e irrigação, os quais estão marcados com asterisco. Após a realização das correções necessárias, os valores de usos finais de água estão apresentados na Tabela 4.21 Assim como o valor respectivo para o consumo total do uso de água não potável.

Tabela 4.21 – Correção do consumo total diário e total mensal de água por dispositivos e atividades.

Aparelho ou Atividade	Consumo (L/dia)	Consumo (L/mês)
Torneira do lavatório	6041,38	138951,81
Bebedouro Elétrico	1295,52	29796,85
Bacia Sanitária*	6206,07	142739,65
Torneira do tanque (Lab.)	25,11	577,52
Torneira do tanque (Limpeza)*	97,39	2240,00
Torneira de pia (Cozinha)	142,20	3270,60
Mictório*	8,00	184,00
Chuveiro	41,04	943,87
Irrigação*	4380,87	100760,09
Total	18237,58	419464,40
*Total não potável	10692,34	245923,74
Percentual do total não potável	58,63%	

Fonte: Elaborado pelo autor.

O sistema de aproveitamento pluvial inicialmente planeja atender toda a demanda de água não potável do bloco administrativo e de salas de aula, incluindo todos os dispositivos e atividades em que isso for permitido, totalizando 10.692 litros/dia. Porém, caso não seja possível, principalmente devido à baixa precipitação da região e alta demanda de água da universidade, pode ser necessário baixar a demanda para algumas atividades que serão atendidas. O Gráfico 4.5 apresenta os usos finais de água estimados de cada dispositivo e atividade após a correção.

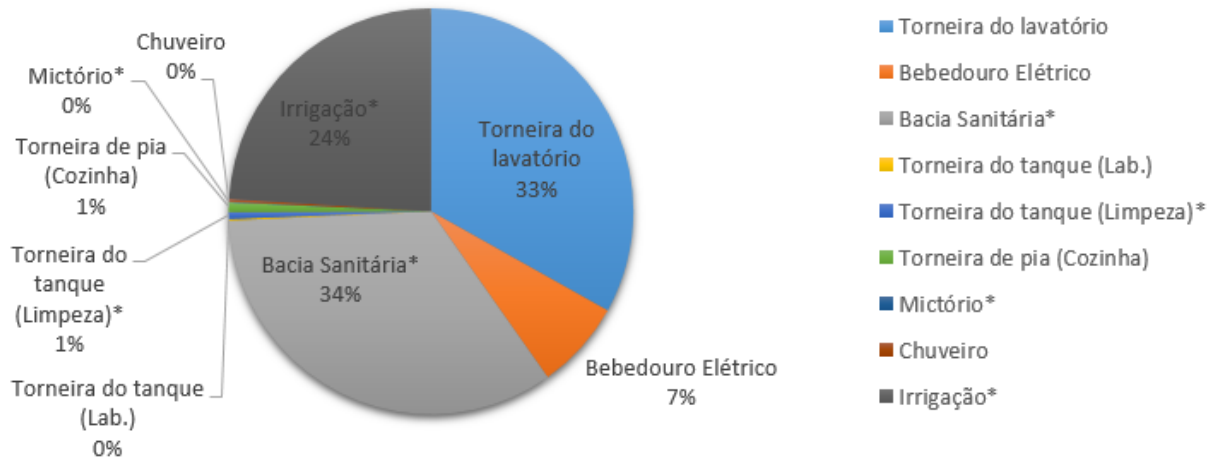


Gráfico 4.5 – Porcentagem da correção dos usos finais de água estimados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode ser observado que, após a correção dos usos finais, as respectivas porcentagens dos dispositivos tiveram pequenas mudanças. A irrigação passa de 21 a 24%, enquanto o consumo do bebedouro teve um aumento mais discreto. Os valores de consumo das descargas das bacias sanitárias e torneiras de lavatório tiveram um pequeno decréscimo esperado. As demais atividades e dispositivos permaneceram intactos.

Isto acontece devido à grande diferença de consumo destes dispositivos e atividades sobre as demais justificada por serem diretamente utilizadas pela grande população de usuários da universidade, com exceção da atividade de irrigação a qual justifica-se pela grande extensão de jardins.

4.3. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS

4.3.1. Reservatório Inferior

O dimensionamento do volume do reservatório inferior de água pluvial, como mencionado no item 3.4.1, foi obtido por meio do algoritmo de cálculo desenvolvido no ambiente MATLAB, realizada através de uma série de iterações ao inserir as variáveis de entrada já dimensionadas. Os dados utilizados são os dados consistidos de precipitações diárias do município de Delmiro Gouveia dos anos de 1980 a 2006, fornecidos pela plataforma *Hidroweb* no site da ANA. Foram utilizados estes dados devido a falhas de medição presentes em alguns meses anteriores a este período.

A área de cobertura é composta por três prédios no bloco de estudo e possui área igual a 5.598,28 m². O coeficiente de perdas adotado é de 0,90. Para dimensionamento do reservatório inferior é requisitado que possua um valor de falha inferior a 10,0%, ou seja, que apenas a décima parte do período de utilização possua falha total ou parcial.

Tabela 4.22 – Variáveis necessárias para utilização de algoritmo de cálculo.

Variáveis de cálculo	
Área de cobertura (m ²)	5598,28
Demanda diária de água não potável (m ³)	10,69
Coeficiente de perdas	0,90
Período de precipitação	1980 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 4.6 apresenta o resultado da porcentagem de falha de abastecimento de água em função do volume do reservatório. Como pode ser observado, em virtude da alta demanda de água da universidade, não é possível atender ao consumo completo de água não potável de 10,02 m³/dia, visto que por maior que seja o volume suportado pelo reservatório a porcentagem de falha se estabiliza em 40%.

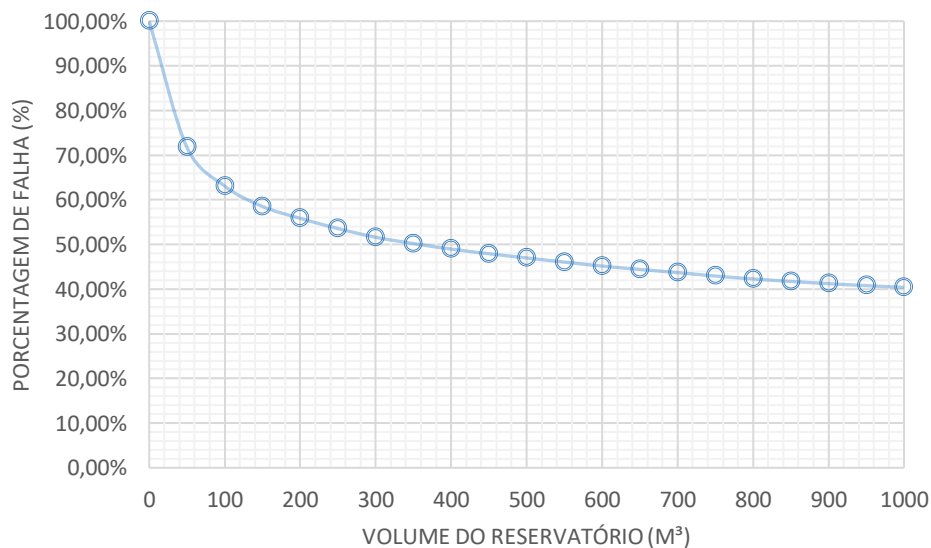


Gráfico 4.6 – Resultados de dimensionamento de reservatório para demanda total de água não potável utilizando-se o algoritmo de cálculo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste caso, a solução adotada foi diminuir a demanda diária de água para apenas uma atividade a ser atendida com água não potável: a irrigação. Esta atividade foi escolhida devido à facilidade de implantação em relação aos demais dispositivos, além de não necessitar de alto grau de filtração da água não potável para sua utilização.

O Gráfico 4.7 apresenta o resultado da porcentagem de falha de abastecimento de água em função do volume do reservatório, a partir do novo valor de demanda igual a 6,72 m³/dia, referente somente à atividade de irrigação. É importante notar que este é o valor bruto, sem correções, como descrito na Tabela 4.11, devido ao algoritmo exigir a demanda diária sem diferenciar dias úteis. Além disso, a atividade de irrigação ocorre a cada 2 dias, independente do período de aulas.

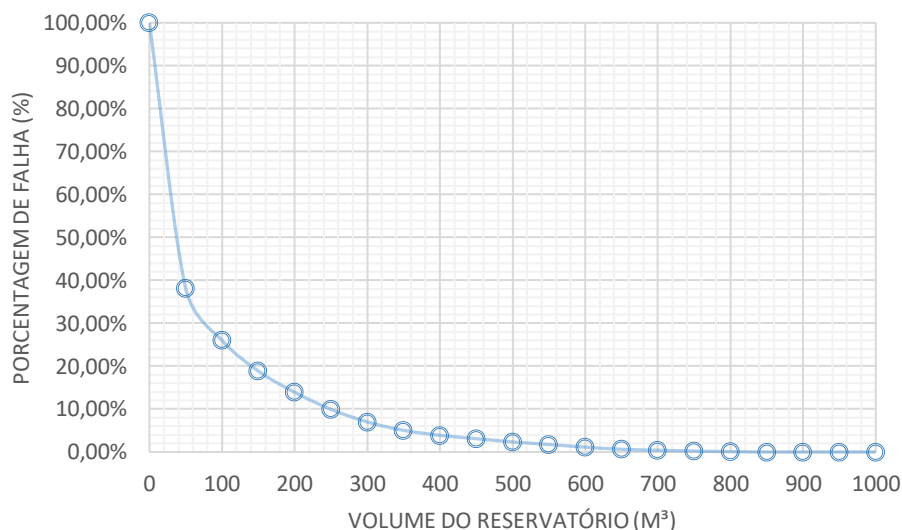


Gráfico 4.7 – Resultados de dimensionamento de reservatório para atividade de irrigação utilizando-se o algoritmo de cálculo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apresentados no gráfico acima mostram que um reservatório de volume igual a 242 m³ atende ao requisito de falha de 10% pretendido neste estudo, de forma a obter economia construtiva. Caso fosse pretendido atender a demanda diária com eficiência total, somente seria possível com um volume de reservatório na ordem de 830 m³, o que aumentaria bastante o custo da implantação do projeto por um incremento baixo de potencial, tendendo a torná-lo inviável economicamente.

Somente a nível de comparação, Coelho (2016), num estudo realizado anteriormente na mesma instituição de ensino, ao utilizar a água pluvial para atender a demanda completa de água não potável da universidade, estimou um reservatório inferior com volume igual a 435,4 m³.

Deste modo, optou-se pela construção de um reservatório inferior enterrado com dimensão igual a 11 x 11 x 2 m, totalizando um volume de 242 m³. A profundidade de 2,0 m foi adotada de modo a não sofrer excessivas tensões de empuxo. A simulação do nível de água pluvial do reservatório inferior no final de cada mês durante um período de 27 anos está apresentada no Gráfico 4.8.

A partir da análise dos resultados obtidos no gráfico percebe-se que o reservatório tem o seu ápice de volume no período dos meses de maio a agosto, enquanto que por volta do mês de dezembro ele enfrenta seu nível mais baixo em função do menor nível de chuvas dos meses que o antecedem. É possível também observar a influência causada por anos mais secos e chuvosos no regime de chuvas e seu impacto no volume de água pluvial. O reservatório somente terá seu abastecimento de água pluvial comprometido nos dias em que seu volume chega a 0%, o que pode ser observado em apenas 10% dos dias referentes ao período total, como o planejado.

É importante notar que no período em que não houver abastecimento, o sistema de abastecimento do reservatório substitui automaticamente o fornecimento de água pluvial pelo de água potável, através do sistema automático de realimentação implantado, para que não haja interrupção da atividade de irrigação.

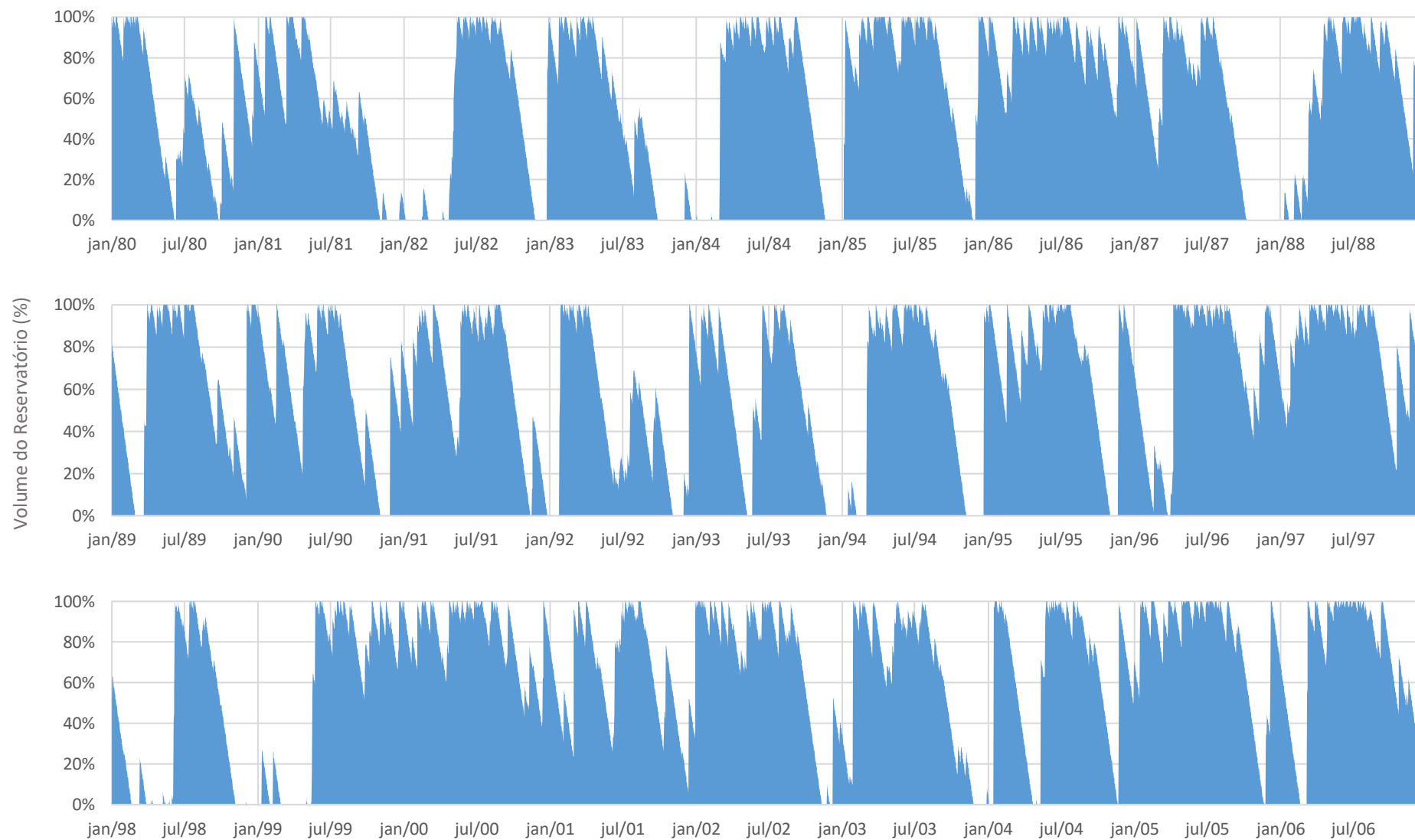


Gráfico 4.8 – Simulação do nível diário do reservatório inferior.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2. Reservatório Superior

O reservatório superior deve atender a demanda diária de água para os dias de irrigação de 6,72 m³/dia, valor atribuído aos dias em que efetivamente acontece a atividade, lembrando que o valor anterior é uma média diária, visto que acontece a cada dois dias. Deste modo, optou-se por adotar um reservatório superior de fibra de vidro – devido ao custo, resistência e facilidade de instalação – com um volume de 5 m³. Para isto, por menor que o volume adotado seja menor que a demanda diária, deverá haver um bombeamento contínuo de água não potável enquanto ocorre a atividade de irrigação, visto que as bombas possuem uma vazão de 3,72 m³/hora, logo não deve ser comprometido o abastecimento.

4.3.3. Calhas e Condutores

A cobertura da instituição é composta por amplas superfícies com capacidade de captação de água pluvial. Deste modo, foi verificada a existência de um sistema de drenagem e condução de água da chuva já existente na universidade. Foi observada a ausência destes elementos condutores, ainda que estivessem presentes no projeto original, devido a mudanças ocorridas durante a etapa de construção. Assim, o sistema de drenagem foi dimensionado realizando a divisão da cobertura em superfícies, a partir das quedas d'água, conforme apresentado abaixo.

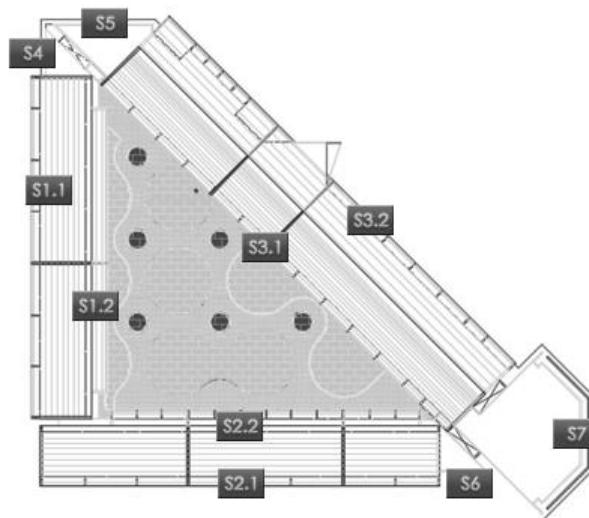


Figura 4.2 – Divisão de superfícies de cobertura da universidade.

Nota: Adaptado de repertório digital da UFAL.

a) Calhas

Para dimensionar as calhas da edificação, é necessário obter o valor de intensidade de chuva máxima, para um tempo de retorno de 25 anos, valor adotado para que não haja extravasamento. Os valores da média e do desvio padrão das precipitações máximas anuais (ANEXO D) do município de Delmiro Gouveia e dos parâmetros de distribuição estão apresentados abaixo, conforme explica o item 3.4.3a.

Tabela 4.23 – Valores dos parâmetros utilizados na distribuição de Gumbel.

Média (mm)	Desvio padrão	Alfa	Beta
62,8	26,55	0,048	50,818

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, obteve-se os resultados das chuvas diárias para diferentes períodos de retorno (Tabela 4.24).

Tabela 4.24 – Chuvas diárias com diferentes períodos de retorno.

Tempo de Retorno (anos)	X_T (mm)
2	58,4
5	81,9
10	97,4
20	112,3
25	117,0
50	131,6
100	146,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados da tabela anterior, em que X_T equivale à precipitação de chuva com duração de 1 dia, estimou-se a altura das precipitações com diferentes valores de duração. Os resultados estão expostos na tabela abaixo.

Tabela 4.25 – Altura de chuva (mm) estimada com base nas relações entre durações.

Altura de chuva estimada (mm) para T= 25 anos				
1 dia	24h	1h	30 min	5 min
117	133,4	56	41,5	14,1

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor de intensidade de chuva para um tempo de retorno de 25 anos, com uma intensidade de 5 minutos é de 169,2 mm/h. Deste modo, a vazão de projeto de acordo com a área de telhado pôde ser obtida e calculadas as suas dimensões. O material adotado para construção das calhas é o alumínio.

Tabela 4.26 – Dimensionamento das calhas.

Área de Contribuição	A (m ²)	Q (L/min)	b (m)	h (m)
Superfície 1.1	861,14	2428,41	0,25	0,20
Superfície 1.2	313,92	885,25	0,15	0,15
Superfície 2.1	1009,32	2846,28	0,25	0,20
Superfície 2.2	441,16	1244,07	0,20	0,15
Superfície 3.1	1187,51	3348,78	0,25	0,20
Superfície 3.2	1066,48	3007,47	0,25	0,20
Superfície 4	75,50	212,91	-	-
Superfície 5	172,71	487,04	-	-
Superfície 6	51,15	144,24	-	-
Superfície 7	419,39	1182,68	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para facilidade de instalação, as calhas devem possuir as mesmas dimensões, logo o valor adotado é a da maior dimensão, correspondente a 25 x 20 cm. Além disso, como as superfícies 4 a 7 são compostas por lajes, estas podem utilizar os ralos de escoamento já instalados.

b) Condutores verticais

A quantidade de condutores verticais segue as orientações impostas no projeto arquitetônico original da universidade (ANEXO E), as quais possuem as quantidades por superfície apresentadas na Tabela 4.27. As dimensões calculadas dos condutores verticais – fabricados em PVC – apresentaram-se menores que os do projeto apresentado pela universidade, o que se acredita que foram superestimados.

c) Condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais – fabricados em PVC – apresentou-se maior que o especificado em projeto (ANEXO E), o que se acredita que foram subdimensionados. A Tabela 4.28 apresenta os dados calculados.

d) Caixas de areia

Adotou-se uma caixa de areia, em alvenaria construída *in loco*, na transição de cada condutor vertical com condutor horizontal. As dimensões estão especificadas no ANEXO G deste trabalho.

Tabela 4.27 – Dimensionamento dos condutores verticais.

Área de Contribuição	A (m ²)	Q (L/min)	Quantidade	D (mm)
Superfície 1.1	861,14	2428,41	4	100
Superfície 1.2	313,92	885,25	2	70
Superfície 2.1	1009,32	2846,28	3	150
Superfície 2.2	441,16	1244,07	2	80
Superfície 3.1	1187,51	3348,78	4	150
Superfície 3.2	1066,48	3007,47	4	150
Superfície 4	75,50	212,91	1	70
Superfície 5	172,71	487,04	1	70
Superfície 6	51,15	144,24	1	70
Superfície 7	419,39	1182,68	6	80

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.28 – Dimensionamento dos condutores horizontais.

Área de Contribuição	A (m ²)	Q (L/min)	D (mm)
Superfície 1.1	861,14	2428,41	150
Superfície 1.2	313,92	885,25	125
Superfície 2.1	1009,32	2846,28	200
Superfície 2.2	441,16	1244,07	200
Superfície 3.1	1187,51	3348,78	200
Superfície 3.2	1066,48	3007,47	200
Superfície 4	75,50	212,91	125
Superfície 5	172,71	487,04	150
Superfície 6	51,15	144,24	100
Superfície 7	419,39	1182,68	150

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.4. Estação Elevatória

Para a estação elevatória, foram adotadas duas moto-bombas em paralelo, para que não haja interrupção do sistema caso haja falha no funcionamento de alguma, como especifica a NBR 10844 (ABNT, 1989). Foi adotada uma localização para o reservatório de águas pluviais vizinha ao reservatório de água potável, atrás do bloco

de estudos da universidade. Como o foco do sistema é atender a atividade de irrigação, o reservatório pode ficar a apenas um metro do solo, sem comprometer pressão de água necessária para atender o sistema.

A potência adequada delas foi dimensionada a partir do simulador presente no site da Franklin Electric. Deste modo, foram adotados os seguintes valores de variáveis de entrada (Tabela 4.29), lembrando que o material adotado para a tubulação é de PVC:

Tabela 4.29 – Dados de dimensionamento da estação elevatória.

		Dados	Valor	Unidade
		Vazão Requerida	3,0	m ³ /hora
Sucção	Altura		2,0	m
	Diâmetro		50	mm
	Comprimento da Tubulação		5,0	m
	Comprimento Equivalente das Conexões		19,9	m
Recalque	Altura		4,00	m
	Diâmetro		40	mm
	Comprimento da Tubulação		250,0	m
	Comprimento Equivalente das Conexões		5,3	m

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, foi verificado que a potência do par de moto-bombas deve ser de 0,5 CV com uma vazão de respectiva de 1,86 metros³/hora para cada, totalizando uma vazão de 3,72 metros³/hora de água não potável fornecida. A estação elevatória deverá funcionar por cerca de 1 hora e 56 minutos diários para suprir a demanda de 6,72m³ por dia de irrigação, com um funcionamento estipulado de 15 dias no mês.

4.4. ANÁLISE ECONÔMICA

Conforme explicado no capítulo anterior, a análise econômica determina os custos totais relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, levando em conta os custos com materiais, equipamentos e energia elétrica, além da economia gerada pela substituição de água potável por água pluvial.

O consumo com energia elétrica da estação elevatória foi estipulado com base no tempo de funcionamento diário. Para a determinação do custo foi obtida junto a

Eletrobrás a tarifa praticada. Aplicando estes valores na Equação 27, foi obtido um custo mensal irrisório de R\$ 5,30.

O reservatório superior adotado possui o material de revestimento constituído de fibra de vidro com capacidade volumétrica de 5.000 litros, apoiado a um metro do solo, devido ao custo e facilidade de instalação. O custo total de implantação é baseado num estudo realizado por Tomaz (2010) com um reservatório de dimensões semelhantes. Seus resultados estão especificados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 – Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Item	Descrição	Referência	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
RESERVATÓRIO INFERIOR						
1	LIMPEZA MANUAL DO TERRENO	SINAPI	121	m ²	2,74	331,54
2	LOCAÇÃO CONVENCIONAL DE OBRA	SINAPI	188	m ²	3,23	607,24
4	ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE	SINAPI	242	m ³	18,73	4532,66
5	LASTRO DE BRITA	SINAPI	15,84	m ³	87,56	1386,95
6	CONTRAPISO / LASTRO DE CONCRETO NÃO-ESTRUTURAL	SINAPI	15,84	m ²	24,45	387,29
7	CONCRETO USINADO BOMBEADO FCK=15MPA	SINAPI	79,8	m ³	307,67	24552,07
8	ARMADURA DE AÇO CA-50	SINAPI	5600	kg	7,53	42168,00
9	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA	SINAPI	94	m ²	24,09	2264,46
10	TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO	SINAPI	1	un	379,69	379,69
11	ASSENTAMENTO DE TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO	SINAPI	1	un	60,4	60,40
12	FORNECIMENTO/INSTALAÇÃO LONA PLÁSTICA PRETA, PARA IMPERMEABILIZAÇÃO	SINAPI	253	m ²	4,46	1128,38
RESERVATÓRIO SUPERIOR						
13	CAIXA D'ÁGUA FIBRA VIDRO 5.000 LITROS - FORTLEV-TORRES	ORSE	1	un	1248,36	1248,36
ELEMENTOS COMPLEMENTARES						
14	CONJUNTO FLUTUANTE 1" ACQUASAVE	E-GREENS	1	un	443,90	443,90
15	SIFÃO LADRÃO 100MM ACQUASAVE	E-GREENS	1	un	190,00	190,00
16	FREIO D'ÁGUA	E-GREENS	1	un	115,00	115,00
17	SISTEMA AUTOMÁTICO DE REALIMENTAÇÃO RAIN GREEN 3/4" (ACQUASAVE/3P TECHNIK)	E-GREENS	1	un	478,50	478,50
18	BOMBA D'ÁGUA CENTRÍFUGA SCHNEIDER BC-98, 1/2CV	CAMARGO	2	un	427,00	854,00
19	CAIXA DE AREIA 60X60X60CM EM ALVENARIA - EXECUÇÃO	SINAPI	28	un	124,92	3497,76
20	TELA	ORSE	161	m ²	12,94	2083,34
21	CALHA QUADRADA GALVANIZADA CORTE 65, COMPRIM. 5M E ESPESSURA 0,50MM	TELHATON	90	un	160,00	14400,00
22	TUBULAÇÃO, CONEXÕES E FILTROS	TOMAZ	---	---	10%	7904,70
23	ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SINAPI	10	h	17,46	174,60
CUSTO TOTAL						R\$ 109.188,84

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os maiores custos apresentados pela planilha orçamentária são relativos ao material necessário para construção do reservatório inferior, composto por concreto e aço. Além disso, as calhas de alumínio tiveram um valor bastante significativo. Isto pode ser explicado pela ausência deste elemento pré-fabricado com as dimensões exigidas dentro do mercado, o que exigiu realizar um orçamento com uma empresa especializada na fabricação de calhas com dimensões especiais.

A economia mensal obtida com a adição do sistema de aproveitamento de águas pluviais, obtida pela Equação 28, resultou numa média de R\$ 1.914,14 por mês. É importante ressaltar que a primeira faixa de consumo (até 100m³) cobrada pela CASAL é referente ao número de dez economias contratadas pela universidade, caso contrário a faixa de consumo seria fixado em apenas até 10m³.

O período de retorno do investimento foi calculado através do método do *payback* descontado, presente na Equação 29. Um resumo dos valores de consumo, custos e a economia gerada através da implantação do sistema estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.31 – Resumo dos valores oriundos do investimento em um sistema de aproveitamento de água pluvial.

	Dados	Valor	Unidade
Cons.	Atual consumo mensal de água potável	419,17	m ³ /mês
	Novo consumo mensal de água potável	318,37	m ³ /mês
Custos	Atual custo mensal de água potável	6.800,78	R\$/mês
	Novo custo mensal de água potável	4.886,64	R\$/mês
	Custo de energia gerado pelo sistema	5,30	R\$/mês
	Custo de implantação do sistema	109.194,14	R\$
Econ.	Potencial de economia de água potável	23,99	%
	Economia mensal gerada	1.914,14	R\$/mês
	Período de retorno do investimento	4,91	anos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na Tabela 4.31, a economia gerada mensalmente através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é de R\$ 1.914,14, um valor considerável, levando-se em conta o custo total mensal de água potável. O período de retorno do investimento é de 4,91 anos, o equivalente a 4 anos e 11 meses.

5. CONCLUSÃO

5.1. CONCLUSÕES GERAIS

A primeira etapa do estudo foi realizar um levantamento do consumo de água pelos usuários e dispositivos sanitários, obter dados de precipitação do município, analisar plantas e faturas de água fornecidas pela universidade e, além disso, desenvolver um algoritmo de cálculo para dimensionamento do reservatório

A partir dos dados obtidos de entrevistas com os usuários, foi possível estimar o perfil de consumo da universidade, a partir dos valores de frequência e tempo de uso dos dispositivos sanitários. Após a correção de valor de consumo através da análise de sensibilidade, foi possível realizar a estimativa usos finais de água, inclusive do consumo de água não potável, correspondente a 58,63%, dos quais cerca de 23,99% correspondem a irrigação.

Foi possível verificar um consumo diário *per capita* de 10,96 litros/dia/pessoa na universidade, um valor considerado baixo, mas dentro do intervalo de consumo para esta categoria de edificação.

A demanda de água encontrada foi então ajustada a partir dos resultados obtidos pelo algoritmo de dimensionamento, no qual foi possível verificar a necessidade de reduzir a demanda devido a indisponibilidade de recursos hídricos para abastecer toda a demanda não potável. Deste modo, foi possível então estimar o volume de 242 m³ para o reservatório inferior, o qual funciona com uma eficiência de noventa por cento. O volume do reservatório superior ficou fixado em 5m³.

O passo seguinte foi dimensionar os elementos condutores de água proveniente das chuvas e realizar a análise econômica de implantação do sistema.

Com a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial haverá uma redução de aproximadamente 100,8 m³ mensais no consumo de água potável, o que gera uma economia monetária de aproximadamente R\$ 1.914,14 por mês.

Através deste estudo, foi possível verificar que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na universidade mostrou-se tecnicamente e economicamente viável, visto que o custo total de implantação foi orçado em

R\$ 109.188,84, apresentando um tempo de retorno do investimento de 4 anos e 11 meses.

5.2. LIMITAÇÕES ENCONTRADAS

Durante o período de levantamento de dados, foram encontradas algumas limitações que impossibilitaram a obtenção de dados mais precisos. As principais dificuldades foram:

- Indisponibilidade da leitura do hidrômetro durante o levantamento de dados, até o mês de junho de 2016;
- Incerteza quanto ao período, levando em conta o histórico apresentado pela CASAL, em que o hidrômetro esteve com o seu funcionamento normalizado;
- Construção do campus relativamente recente, o que limitou a utilização de dados de consumo de água;
- Extravasamentos ocasionais de água após rompimento de tubulação, que influenciam no consumo de água potável;
- Consumo de água modificados devido às paralizações ocasionadas pelas greves/obras;
- Ausência de equipamento próprio para realizar levantamento de vazão nas bacias sanitárias e mictórios;
- Incertezas nas respostas dos entrevistados.

5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para estudos de trabalhos semelhantes e obtenção de dados mais precisos, são sugeridas as seguintes considerações:

- Utilizar equipamentos próprios para medição de vazão nos dispositivos;
- Realizar análises de detecção quanto a existência de vazamentos;
- Obter amostras mais representativas da população total, de forma a gerar resultados mais precisos.

REFERÊNCIAS

ABDULLA F.A.; AL-SHAREEF, A.W. **Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan**. Desalination, 2009; 243 (1-3): 195-207.

AGENDA 21. Secretaria do Meio Ambiente do Rio de Janeiro, 1994. Disponível em: < <http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

Ambiente Consciente. 2010. Disponível em: < https://ambienteconsciente.files.wordpress.com/2010/08/agua_de_chuva_casa1.jpg>. Acesso em: 31 ago. 2016.

ANA – Agência Nacional de Águas. 2009. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>> Acesso em 18 ago. 2016.

ARAGAO, Ricardo de et al. **Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2013, vol.17, n.3, pp.243-252. ISSN 1415-4366. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000300001>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

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

_____. **ABNT NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **ABNT NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **ABNT NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 1994.

BACK, A. J. **Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, p.170-175, 2009.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. 340 p.

BOTELHO, M. **Detalhe caixa de areia para águas pluviais**. 2011. Disponível em: < <https://nankimprojetos.blogspot.com.br/2011/11/detalhe-caixa-de-areia-para-aguas.html>>. Acesso em: 18 set. 2016.

CARVALHO, J. L. L.; OLIVEIRA, L. G. N.; MENDONÇA, L. C., ARAGÃO, R. **Viabilidade Técnica E Econômica Para O Aproveitamento De Água De Chuva Na Universidade Federal De Sergipe - Campus De São Cristóvão**. São Cristóvão: UFS/ Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, 2011.

CARVALHO, R. S. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais**. 2010. Disponível em: < <http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/34378>>. Acesso em: 3 ago. 2016.

CARVALHO JUNIOR, Roberto de. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 5ª ed. rev. atual. ampl. São Paulo: Editora Blucher, 2012, 267 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986, 466p.

CLIMATE DATA. Clima: Delmiro Gouveia. Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/location/42941/>>. Acesso em: 3 jul. 2016.

COELHO, S. G. **Análise quantitativa da água da chuva para fins não potáveis na unidade da UFAL - Campus do Sertão**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, 2016, 66p.

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S.; ROSSKOFF, J.L.C. **Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.46-54, 2010.

FAO WATER. **Water Scarcity**. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/topics_scarcity.html>. Acesso em: 28 ago. 2016.

FIESP. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. 2005. Disponível em: < <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 3 set. 2016.

FONSECA, Yonara Daltro. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. p.11, 2010. Disponível em: <http://www.infnitaweb.com.br/albruni/artigos/a0303_CAR_AvallInvest.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016.

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a participação no Concurso Público do Edital Nº 026/DDP/2006. Florianópolis, 2006a. Disponível em: < <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23254.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2016.

GHISI, E. **Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil**. Building and Environment, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006b.

GHISI, E.; GUGEL, E. C.; CIVIL, Eng. **Instalações prediais de águas pluviais**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/AguaPluvial_EGhisi_atualizada.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2016.

GONÇALVES, R. F. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009 352p.

HESPAHOL, I. **Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.4, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v7n4.p75-95>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

História e-história. 2011. Disponível em: <<http://www.historiaehistoria.com.br/arquivos/mapa1-4-11.jpg>>. Acesso em: 5 jul. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Contagem Populacional**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&cod-mun=270240&idtema=16&search=||s%EDntese-das-informa%E7%F5es>>. Acesso em: 5 jul. 2016.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. **Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, v. 6, n. 1, p. 75-90, 2005.

LAGE, E. S. **Aproveitamento de Água Pluvial em Concessionárias de Veículos na Cidade de Belo Horizonte: potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica**. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/node/199>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

LEITE M. A., SANTOS G. O., FRANCO R. A. M., HERNANDEZ F. B. T., ZOCOLER J. L. **Análise de Parâmetros de Água de Chuva para Irrigação**. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/winotec2012/Mauricio/inovagri_meeeting_leite_agua.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2016.

LOPES, Gabriela Bernardi. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)**. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <<http://www.ppgec.feciv.ufu.br/node/319>>. Acesso em: 2 set. 2016.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações**. CLACS' 04 – I Conferencia Latino Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais..., 2004. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufff.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP1108d.pdf>. Acesso: 1 set. 2016.

MORRISON, J. et al. **Water Scarcity & Climate Change: Growing Risks for Businesses & Investors**. 2009. Ceres: Boston. Disponível em: <<https://www.ceres.org/resources/reports/water-scarcity-climate-change-risks-for-investors-2009>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

OLIVEIRA, L. G. **Estudo simplificado de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para o uso não-potável em edificações da Universidade Federal de Sergipe**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, SE, 2009.

PaloBrasil. 2015. Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/BC-t2XOKKe2/>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

PEDROSA, A. V.; NEVES, M. G. F.; REIS, L. G. M. **Regionalização de chuvas intensas em Alagoas**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12, 1997, Vitória/ES. Anais... São Paulo, ABRH, 4v, v.3, p.695-701.

PENA, R. F. A. **"Escassez de água no Brasil"**; Brasil Escola, 2016. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/escassez-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em: 20 set. 2016.

PETERS, Madelon Rebelo et al. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88951>>. Acesso em: 26 set. 2016.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Relatório do Desenvolvimento Humano**. 2006. Disponível em: < <http://www.undp.org/content/brazil/pt/home/library/relatorios-de-desenvolvimento-humano/relatorio-do-desenvolvimento-humano-20006.html>>. Acesso em: 22 set. 2016.

RAINDROPS. **Aproveitamento de água da chuva**. Curitiba, PR: Torre de Papel, 2002.

SANO, K.; MIURA, T. **Dual Water Supply System Using Reclaimed Wastewater in Fukuoka City**. Sewage Works in Japan, p. 96-100, 1990.

SOECO/MG. **Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

TAKAOKA. **Manual de Conservação de Água**. p. 9, 2015. Disponível em: <<http://www.takaoka.eng.br/download/ManualConservacaoDaAgua.pdf>>. Acesso em 31 ago. 2016.

THOMAS, T. H.; MARTINSON, D. B. **Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners**. Delft, Holanda: International Water and Sanitation Centre, 2007.

TOMAZ, P. **Economia de água**. p. 19. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003. 180p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: diretrizes básicas para um projeto**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA, v. 6, 2007. Disponível em: <http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Oceania, v. 1, n. 4, p. 5, 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2016.

TOMAZ, P. **Distribuição de Gumbel e Log-Pearson Tipo III**, cap. 151, 21 p. 2016.

TUCCI, C. E. M. **Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas – Versão 2.0**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007>. Acesso em: 2 set. 2016.

WATER Reuse Handbook. Public Building Commission of Chicago, p. 59-60, Chicago, 2011. Disponível em: <<http://www.pbcchicago.com/pdf/WaterReuse.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2016.

WATERFALL, P. H. **Harvesting rainwater for landscape use**. University of Arizona Cooperative. 2005. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>>. Acesso em: 1 set. 2016.

WERNECK, Guilherme Augusto Miguel. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006. 201 p. Dissertação de Mestrado.

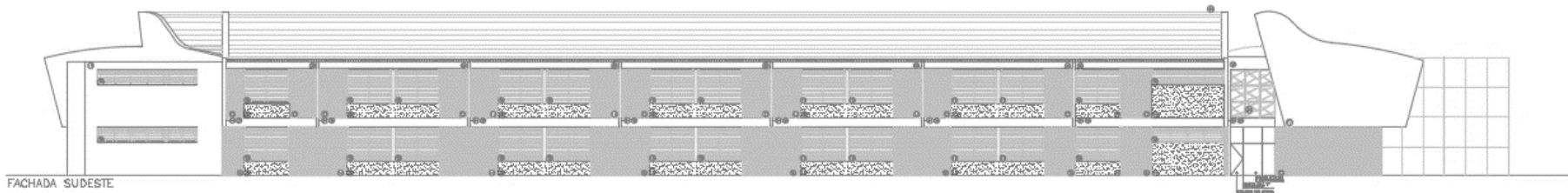
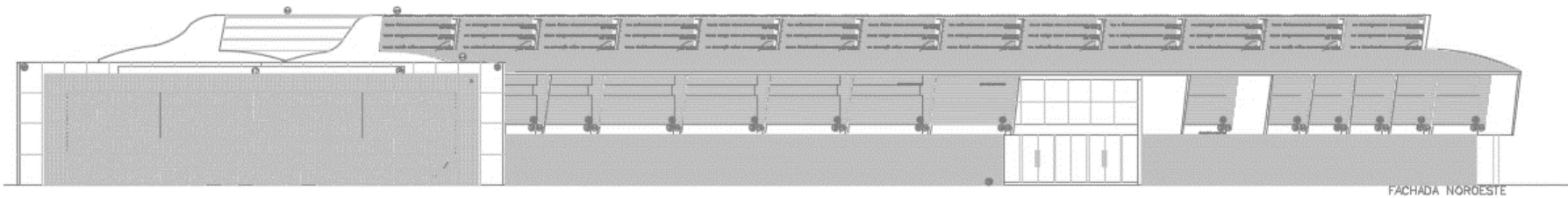
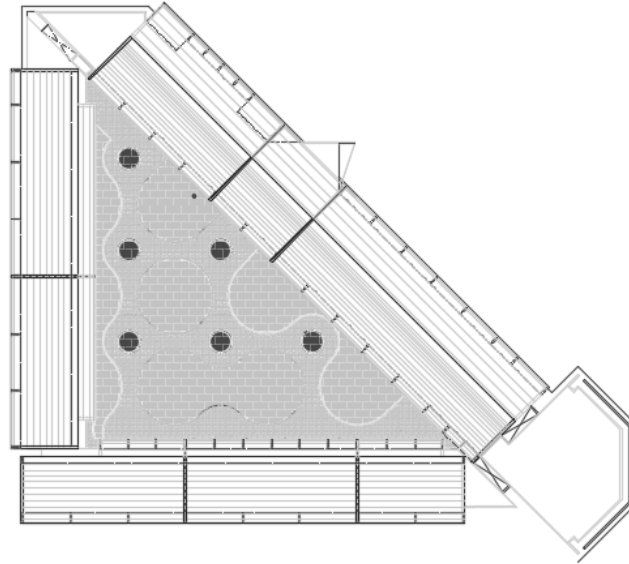
ANEXOS

ANEXO A – Resumos das faturas da CASAL de mar. 2010 a fev. 2016

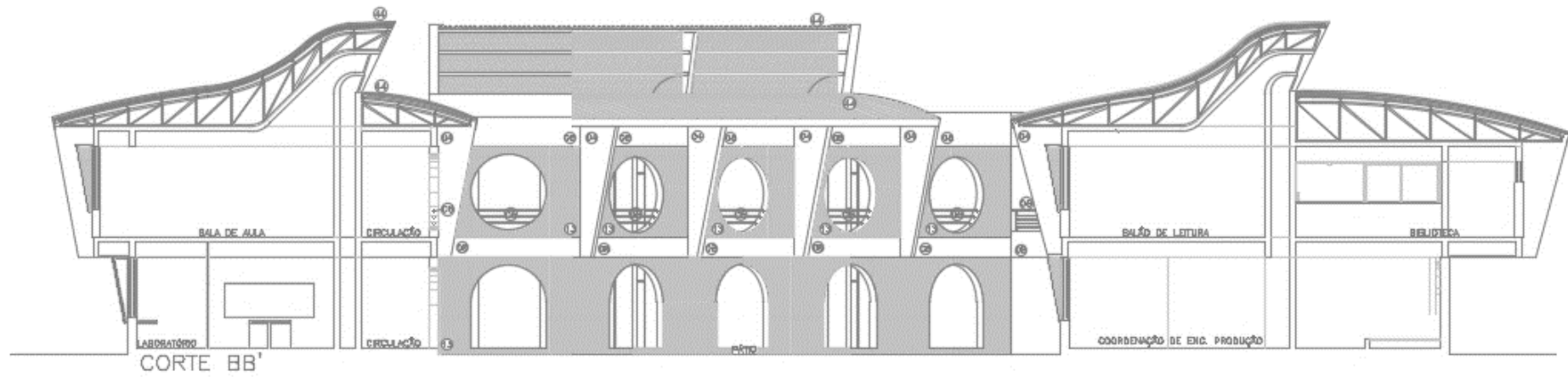
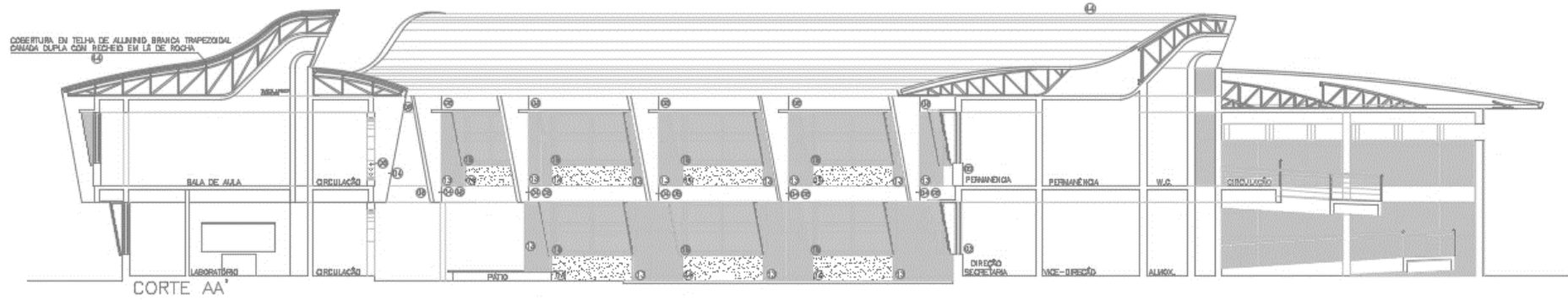
Mês / Ano	Consumo (m³)	Custo (R\$)
mar/10	6	58,80
abr/10	20	158,26
mai/10	0	204,09
jun/10	10	69,96
jul/10	10	51,22
ago/10	10	279,21
set/10	120	1.052,93
out/10	90	790,45
nov/10	120	778,37
dez/10	120	1.094,76
Média 2010	51	453,81
jan/11	120	1.058,36
fev/11	120	1.077,79
mar/11	120	1.170,64
abr/11	120	1.165,22
mai/11	208	2.014,02
jun/11	120	1.137,88
jul/11	126	1.277,20
ago/11	144	1.364,12
set/11	144	1.392,76
out/11	144	1.364,12
nov/11	140	740,34
dez/11	140	781,32
Média 2011	137	1211,98
jan/12	140	1.014,89
fev/12	140	740,34
mar/12	140	808,25
abr/12	140	808,25
mai/12	140	808,25
jun/12	140	808,25
jul/12	140	808,25
ago/12	140	808,25
set/12	140	808,25
out/12	140	808,25
nov/12	140	808,25
dez/12	140	808,25
Média 2012	140	819,81
jan/13	140	808,25
fev/13	140	915,09

mar/13	757	7.306,95
abr/13	240	1.998,38
mai/13	310	2.809,11
jun/13	210	1.938,54
jul/13	320	2.889,81
ago/13	410	3.944,42
set/13	450	4.340,06
out/13	590	6.015,55
nov/13	330	3.141,71
dez/13	380	3.559,16
Média 2013	356	3305,59
jan/14	650	7.067,06
fev/14	300	2.666,70
mar/14	300	2.666,70
abr/14	490	4.786,29
mai/14	450	4.340,06
jun/14	740	7.575,23
jul/14	405	4.913,75
ago/14	590	6.511,78
set/14	420	4.417,75
out/14	660	7.453,12
nov/14	470	5.033,04
dez/14	540	6.397,92
Média 2014	501	5319,12
jan/15	289	2.805,70
fev/15	120	726,03
mar/15	480	5.605,40
abr/15	230	2.738,74
mai/15	270	2.607,15
jun/15	110	602,97
jul/15	100	956,16
ago/15	100	746,95
set/15	110	769,22
out/15	150	1.397,64
nov/15	140	1.670,13
dez/15	150	870,14
Média 2015	187	1791,35
jan/16	120	926,33
fev/16	100	658,69
Média 2016	110	792,51

ANEXO B – Plantas de Cobertura e Fachadas - UFAL/Campus Sertão



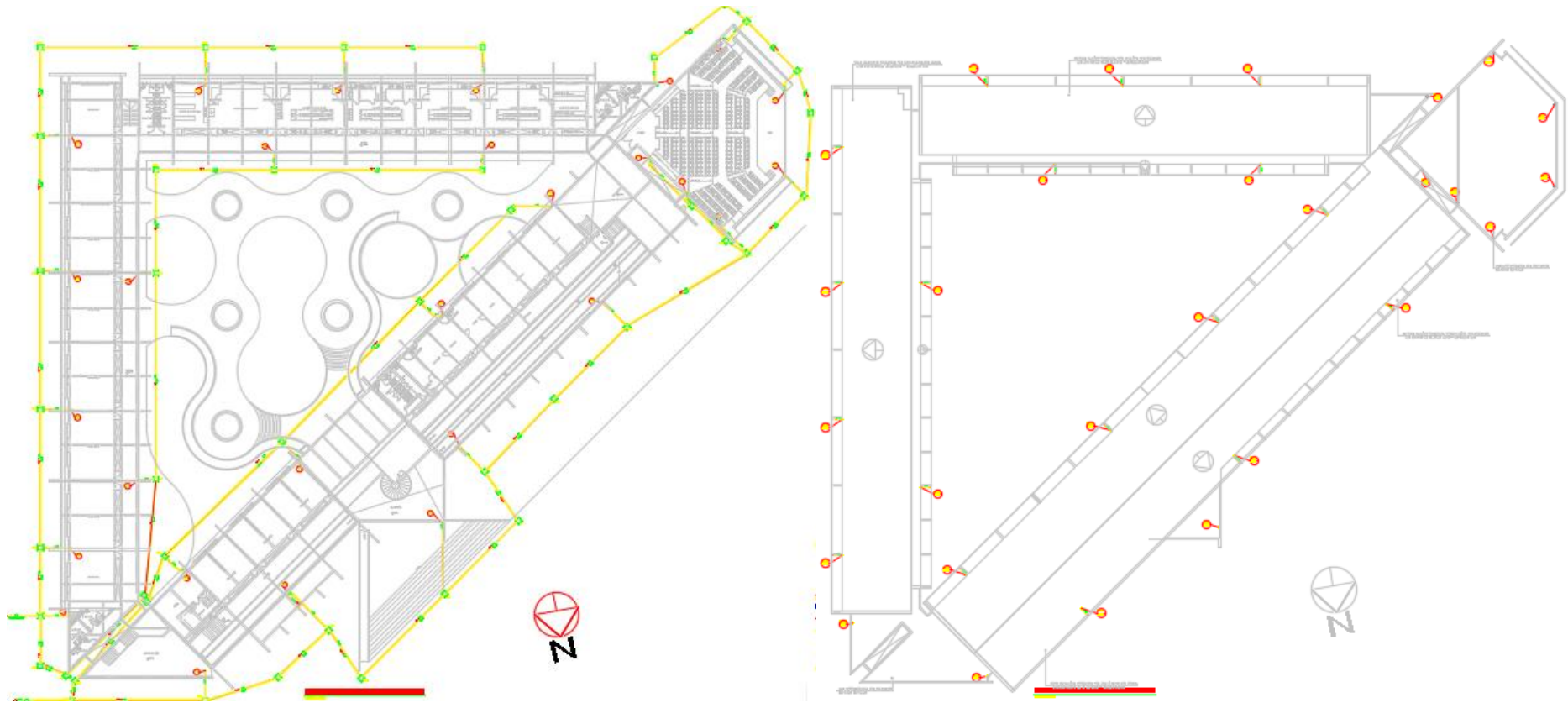
ANEXO C – Cortes - UFAL/CAMPUS SERTÃO



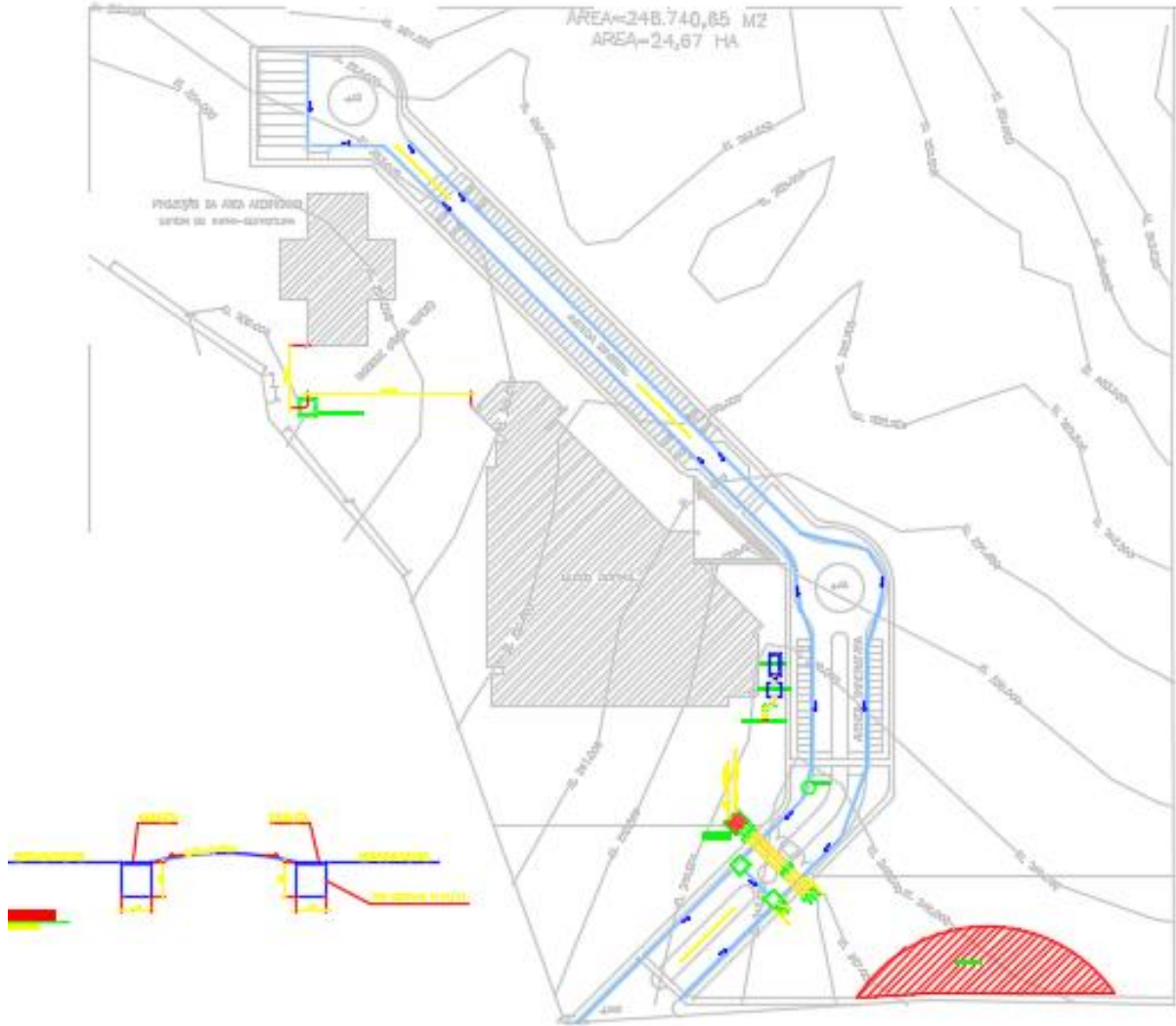
ANEXO D – Precipitações Máximas Mensais para Delmiro Gouveia-AL

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

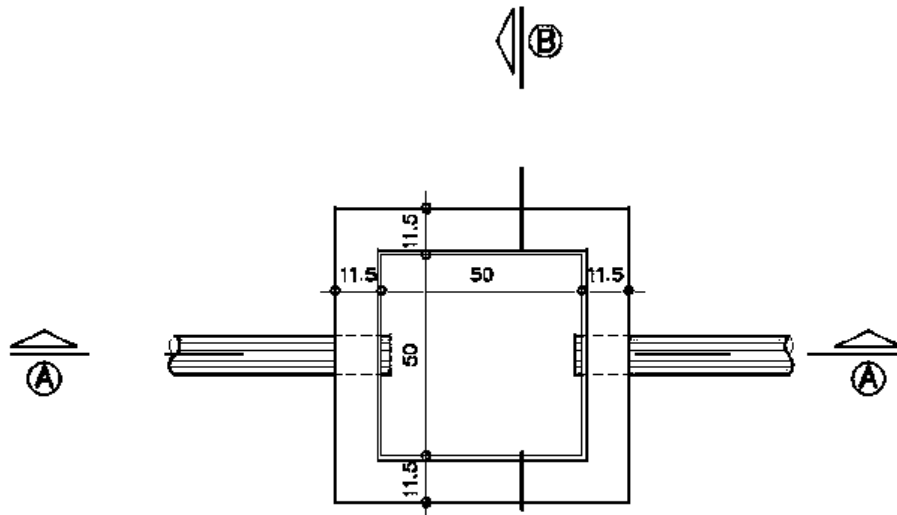
ANEXO E – Esquema Geral de Águas Pluviais



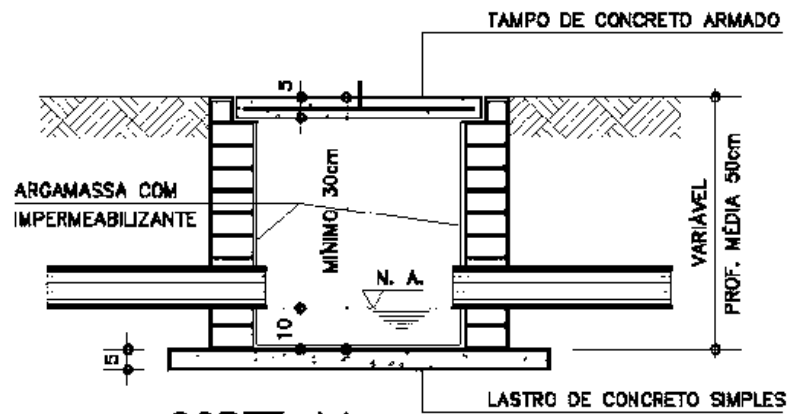
ANEXO F – Implantação Geral de Águas Pluviais



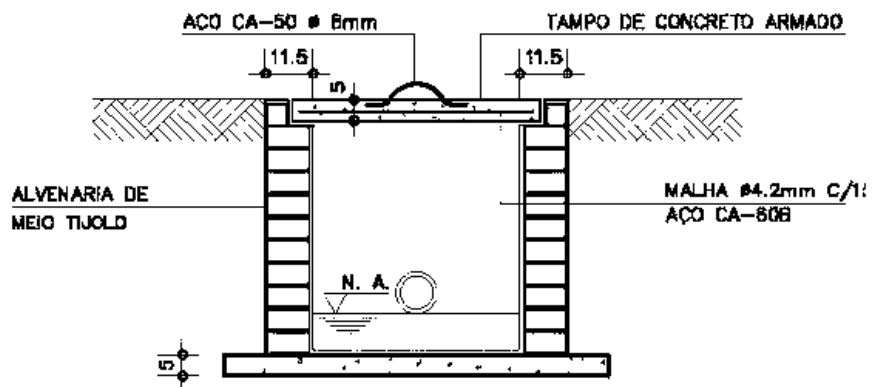
ANEXO G – Planta e cortes de caixa de areia



PLANTA
ESC. 1:20



CORTE AA
ESC. 1:20



CORTE BB
ESC. 1:20

Fonte: Botelho, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionários utilizados nas entrevistas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Alunos)

Curso: _____ Sexo: _____
 Turno/Carga Horária: _____ Idade: _____

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: _____
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: _____
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: _____
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? _____
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: _____

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Professores)
--

Função: _____ Sexo: _____
 Turno/Carga Horária: _____ Idade: _____

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: _____
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: _____
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: _____
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? _____
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: _____

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Funcionários)

Função: _____ **Sexo:** _____
Turno/Carga Horária: _____ **Idade:** _____

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: _____
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: _____
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: _____
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? _____
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: _____

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
Estudo de Consumo de Água na UFAL/Campus do Sertão (Funcionários Cozinha)

Função: _____ **Sexo:** _____
Turno/Carga Horária: _____ **Idade:** _____

- 1) Número de vezes por dia em média, que você utiliza as *torneiras do banheiro* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) de utilização a cada vez que usa as torneiras: _____
- 2) Número de vezes por dia em média, que utiliza água dos *bebedouros* da UFAL: _____
 Estime um tempo (em segundos) a cada vez que utiliza os bebedouros: _____
- 3) Número de vezes por dia em média, que utiliza a *descarga dos vasos sanitários* da UFAL: _____
- 4) Utiliza algum *outro ponto de consumo de água* no prédio da UFAL? Qual? _____
 Estimativa do tempo (em segundos) de utilização: _____
- 5) Quanto tempo por dia, em média, a torneira da pia fica aberta para lavar alimentos? _____
- 6) Quantos litros de água por dia se gasta, em média, para cozinhar? _____
- 7) Quanto tempo por dia, em média, a torneira da pia fica aberta para lavar louças? _____

APÊNDICE B – Algoritmo desenvolvido para estimativa de volume de reservatório

```

clear all;
clc;

% Detalhamento dos Dados de Entrada:

% C = Coeficiente de escoamento: 0,9;
% P = Precipitação diária: variável (mm);
% A = Área de captação (m2);

% Q(t) = Volume de chuva aproveitável no tempo t;
% S(t) = Volume de água armazenado no reservatório no tempo t;

% Falha = Dias de déficit;
% Extravasa = Dias em que há extravasamento;
% n = Número total de dias;

% Cabeçalho

disp ('Tema TCC: Viabilidade Técnica-Econômica da Montagem de um Sistema de
Aproveitamento de Água Pluvial na UFAL - Campus Sertão')
disp (' ')
disp ('Objeto de Estudo: Universidade Federal de Alagoas - Campus Sertão')
disp ('Cidade: Delmiro Gouveia - AL')
disp (' ')
disp ('Aluno: Almir César de Alcântara Júnior, 11112110')
disp ('Orientador: Thiago Pereira')
disp ('Curso: Engenharia Civil')
disp (' ')
disp ('Algoritmo desenvolvido para cálculo do grau de falha de um sistema
de aproveitamento pluvial, de forma a obter o volume do reservatório com
melhor aproveitamento. Será realizada simulação de 27 anos, com base em da-
dos consistidos apresentados pelo HidroWeb, de 1980 a 2006.')
disp (' ')
disp ('-- ALGORITMO --')
disp (' ')

% Dados de Entrada

C = 0.9;
Falha = 0;
Extravasa = 0;
P = [vetor_precipitacao];
n = length(P);

A = input ('1. Digite a área de captação do objeto de estudo (m2): ');
disp (' ')
Smax = input ('2. Digite o volume total do reservatório (m3): ');
D = input ('3. Digite a demanda diária total (m3): ');
disp (' ');

% Nota: O reservatório está cheio no inicio da contagem do tempo "t"

for t = 1:n

```

```

Q = C * P(t)/1000 * A;

if Q >= Smax % Correção caso reservatório seja menor que volume de
chuva
    Q = Smax;
end

if t == 1 % Se for o 1º dia
    S(1) = Smax + Q - D;
else % A partir do 2º dia
    if mod(t,2) == 1 % Se o dia for ímpar
        S(t) = S(t-1) + Q - D;
    else %Se o dia for par
        S(t) = S(t-1) + Q;
    end
end

% Correção caso haja extravasamento, segue:
if S(t) > Smax
    S(t) = Smax;
    Extravasa = Extravasa + 1;
% Correção caso o volume restante do reserv. seja menor que 0, segue:
elseif S(t) <= 0
    S(t) = 0;
    Falha = Falha + 1;
else
    S(t) = S(t);
end

if (mod(t,1)==0)
    disp('-----');
    disp(' ');
    fprintf('Dados relativos ao fim do %gº mês (%g dias):\n', t/30,
t);
    disp(' ');
    fprintf('Volume atual do reservatório: %g m³.\n', S(t));
    fprintf('Déficit acumulado em %g dias.\n', Falha);
    fprintf('Extravasamento acumulado em %g dias.\n', Extravasa);
    disp(' ');
    x = 1:t/1;
    y(t/1) = S(t);
end

end

% Relatório Final

disp('-----');
disp(' ');
disp('RELATÓRIO FINAL');
disp(' ');
fprintf('Simulação finalizada para 27 anos (%g dias). Foram obtidos os se-
quintes resultados:\n', n);
disp(' ');
fprintf('Ocorreu falha em: %g dias.\n', Falha);
fprintf('Ocorreu extravasamento em: %g dias.\n', Extravasa);
disp(' ');
fprintf('Porcentagem de falha: %g por cento.\n', Falha/n*100);
fprintf('Porcentagem de extravasamento: %g por cento.\n', Extra-
vasa/n*100);

```

```
% Gráfico

bar(x,y)
title('Gráfico - Volume do Reservatório em função do Mês')
xlabel('Nº do respectivo mês') % eixo horizontal
ylabel('Volume do Reservatório (em m³)') % eixo vertical
legend('Volume (m³)')
```

**APÊNDICE C – Valores de frequência, de tempo de uso e de consumo de água
por dispositivos para cada categoria de usuário**

Torneira de lavatório – Alunos (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	2	10	0,14	2,84
2	1	5	0,14	0,71
3	2	30	0,14	8,53
4	2	30	0,14	8,53
5	1	5	0,14	0,71
6	1	6	0,14	0,85
7	2	5	0,14	1,42
8	1	10	0,14	1,42
9	2	10	0,14	2,84
10	1	5	0,14	0,71
11	2	15	0,14	4,27
12	1	20	0,14	2,84
13	2	20	0,14	5,69
14	2	10	0,14	2,84
15	3	10	0,14	0,00
16	1	6	0,14	0,85
17	3	5	0,14	2,13
18	3	60	0,14	25,60
19	2	10	0,14	2,84
20	3	15	0,14	6,40
21	1	7	0,14	1,00
22	2	15	0,14	4,27
23	2	5	0,14	1,42
24	3	10	0,14	4,27
25	1	10	0,14	1,42
26	1	30	0,14	4,27
27	1	8	0,14	1,14
28	3	20	0,14	8,53
29	3	10	0,14	4,27
30	1	30	0,14	4,27
31	1	10	0,14	1,42
32	1	30	0,14	4,27
33	2	10	0,14	2,84
34	3	30	0,14	12,80
35	3	10	0,14	4,27
36	1	8	0,14	1,14
37	1	10	0,14	1,42
38	1	10	0,14	1,42
39	2	10	0,14	2,84
40	2	10	0,14	2,84

41	1	3	0,14	0,43
42	1	10	0,14	1,42
43	1	6	0,14	0,85
44	3	30	0,14	12,80
45	1	50	0,14	7,11
46	2	10	0,14	2,84
47	2	10	0,14	2,84
48	0,5	45	0,14	3,20
49	1	5	0,14	0,71
50	1	20	0,14	2,84
51	3	5	0,14	2,13
52	1,5	35	0,14	7,47
53	2	10	0,14	2,84
54	4	10	0,14	5,69
55	2	7	0,14	1,99
56	2	7	0,14	1,99
57	1	3	0,14	0,43
58	3	10	0,14	4,27
59	1,5	10	0,14	2,13
60	2	5	0,14	1,42
61	2	10	0,14	2,84
62	1	10	0,14	1,42
63	4	90	0,14	51,20
64	1	10	0,14	1,42
65	4	10	0,14	5,69
66	2	30	0,14	8,53
67	1	5	0,14	0,71
68	1	15	0,14	2,13
69	1	15	0,14	2,13
70	2	10	0,14	2,84
71	2	15	0,14	4,27
72	1	15	0,14	2,13
73	4	30	0,14	17,07
74	1	10	0,14	1,42
75	1	20	0,14	2,84
76	2	10	0,14	2,84
77	3	3	0,14	1,28
78	2	30	0,14	8,53
79	1	5	0,14	0,71
80	2	15	0,14	4,27
81	2	30	0,14	8,53
82	2	20	0,14	5,69
83	1	20	0,14	2,84
84	3	10	0,14	4,27
85	3	5	0,14	2,13
86	1	6	0,14	0,85
87	1	10	0,14	1,42
Média	1,82	15,23	0,14	4,23
Desvio Padrão	0,88	13,65	0,00	6,38

Bebedouro - Alunos (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	8	5	0,02	0,91
2	0	0	0,02	0,00
3	5	15	0,02	1,70
4	2	20	0,02	0,91
5	2	3	0,02	0,14
6	3	6	0,02	0,41
7	2	5	0,02	0,23
8	3	60	0,02	4,07
9	1	7	0,02	0,16
10	0	0	0,02	0,00
11	0	0	0,02	0,00
12	2	15	0,02	0,68
13	2	10	0,02	0,45
14	5	10	0,02	1,13
15	0	0	0,02	0,00
16	2	15	0,02	0,68
17	2	7	0,02	0,32
18	2	60	0,02	2,72
19	7	25	0,02	3,96
20	9	15	0,02	3,05
21	3	10	0,02	0,68
22	3	10	0,02	0,68
23	4	6	0,02	0,54
24	3	10	0,02	0,68
25	1	10	0,02	0,23
26	1	50	0,02	1,13
27	1	5	0,02	0,11
28	2	15	0,02	0,68
29	5	20	0,02	2,26
30	1	60	0,02	1,36
31	0	0	0,02	0,00
32	1	10	0,02	0,23
33	1	10	0,02	0,23
34	5	20	0,02	2,26
35	3	10	0,02	0,68
36	3	10	0,02	0,68
37	5	10	0,02	1,13
38	1	5	0,02	0,11
39	1	5	0,02	0,11
40	1	20	0,02	0,45
41	0	0	0,02	0,00
42	0	0	0,02	0,00
43	1	8	0,02	0,18
44	5	60	0,02	6,79
45	2	20	0,02	0,91

46	7	25	0,02	3,96
47	3	15	0,02	1,02
48	0,3	0,3	0,02	0,00
49	3	13	0,02	0,88
50	2,5	10	0,02	0,57
51	2	15	0,02	0,68
52	2	7,5	0,02	0,34
53	5	10	0,02	1,13
54	6	5	0,02	0,68
55	2	7	0,02	0,32
56	2	5	0,02	0,23
57	4	5	0,02	0,45
58	4	8	0,02	0,72
59	1	20	0,02	0,45
60	5	10	0,02	1,13
61	4	11	0,02	1,00
62	3	4	0,02	0,27
63	3	60	0,02	4,07
64	3	5	0,02	0,34
65	3	15	0,02	1,02
66	1	15	0,02	0,34
67	2	10	0,02	0,45
68	0	0	0,02	0,00
69	2	20	0,02	0,91
70	2	15	0,02	0,68
71	4	15	0,02	1,36
72	2	20	0,02	0,91
73	2	40	0,02	1,81
74	2	30	0,02	1,36
75	1	20	0,02	0,45
76	2	20	0,02	0,91
77	0	0	0,02	0,00
78	5	200	0,02	22,63
79	4	15	0,02	1,36
80	3	30	0,02	2,04
81	2	50	0,02	2,26
82	1	35	0,02	0,79
83	2	10	0,02	0,45
84	4	30	0,02	2,72
85	5	7	0,02	0,79
86	0,2	10	0,02	0,05
87	0	0	0,02	0,00
Média	2,54	17,30	0,02	1,21
Desvio Padrão	1,93	24,86	0,00	2,59

Bacia Sanitária - Alunos (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros/descarga)	Consumo (litros/dia)
1	1	5,00	5,00
2	1	5,00	5,00
3	1	5,00	5,00
4	2	5,00	10,00
5	1	5,00	5,00
6	1	5,00	5,00
7	2	5,00	10,00
8	1	5,00	5,00
9	1	5,00	5,00
10	0	5,00	0,00
11	2	5,00	10,00
12	1	5,00	5,00
13	1	5,00	5,00
14	1	5,00	5,00
15	0	5,00	0,00
16	1	5,00	5,00
17	1	5,00	5,00
18	3	5,00	15,00
19	2	5,00	10,00
20	3	5,00	15,00
21	0	5,00	0,00
22	1	5,00	5,00
23	1	5,00	5,00
24	1	5,00	5,00
25	1	5,00	5,00
26	1	5,00	5,00
27	1	5,00	5,00
28	1	5,00	5,00
29	0	5,00	0,00
30	0	5,00	0,00
31	1	5,00	5,00
32	1	5,00	5,00
33	1	5,00	5,00
34	2	5,00	10,00
35	0	5,00	0,00
36	0	5,00	0,00
37	2	5,00	10,00
38	1	5,00	5,00
39	1	5,00	5,00
40	0	5,00	0,00
41	2	5,00	10,00
42	1	5,00	5,00
43	1	5,00	5,00
44	3	5,00	15,00
45	0	5,00	0,00

46	2	5,00	10,00
47	0	5,00	0,00
48	0,3	5,00	1,50
49	1	5,00	5,00
50	0	5,00	0,00
51	1	5,00	5,00
52	2	5,00	10,00
53	1	5,00	5,00
54	2	5,00	10,00
55	2	5,00	10,00
56	2	5,00	10,00
57	1	5,00	5,00
58	2	5,00	10,00
59	0	5,00	0,00
60	2	5,00	10,00
61	2	5,00	10,00
62	0	5,00	0,00
63	2	5,00	10,00
64	1	5,00	5,00
65	2	5,00	10,00
66	0	5,00	0,00
67	1	5,00	5,00
68	0	5,00	0,00
69	1	5,00	5,00
70	2	5,00	10,00
71	0	5,00	0,00
72	1	5,00	5,00
73	0	5,00	0,00
74	1	5,00	5,00
75	1	5,00	5,00
76	1	5,00	5,00
77	3	5,00	15,00
78	1	5,00	5,00
79	2	5,00	10,00
80	2	5,00	10,00
81	1	5,00	5,00
82	2	5,00	10,00
83	0	5,00	0,00
84	1	5,00	5,00
85	0,1	5,00	0,50
86	1	5,00	5,00
87	1	5,00	5,00
Média	1,11	5,00	5,54
Desvio Padrão	0,80	0,0	4,01

Torneira de lavatório – Alunos (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	2	10	0,14	2,84
2	2	20	0,14	5,69
3	4	7	0,14	3,98
4	4	7	0,14	3,98
5	2	60	0,14	17,07
6	3	20	0,14	8,53
7	2	5	0,14	1,42
8	2	10	0,14	2,84
9	1	10	0,14	1,42
10	3	20	0,14	8,53
11	3	5	0,14	2,13
12	4	5	0,14	2,84
13	2	10	0,14	2,84
14	2	3	0,14	0,85
15	1	5	0,14	0,71
16	2	5	0,14	1,42
17	2	5	0,14	1,42
18	1	5	0,14	0,71
19	3	10	0,14	4,27
20	3	8	0,14	3,41
21	4	5	0,14	2,84
22	1	10	0,14	1,42
23	1	5	0,14	0,71
24	0	0	0,14	0,00
25	2	6	0,14	1,71
26	2	30	0,14	8,53
27	0,3	10	0,14	0,43
28	1,5	30	0,14	6,40
29	2	6	0,14	1,71
30	6	180	0,14	153,60
31	3	6	0,14	2,56
32	3	10	0,14	4,27
33	2	15	0,14	4,27
34	2	5	0,14	1,42
35	1	2	0,14	0,28
36	3	10	0,14	4,27
37	2,5	30	0,14	10,67
38	2	5	0,14	1,42
39	4	20	0,14	11,38
40	3	20	0,14	8,53
41	1	2	0,14	0,28
42	2	10	0,14	2,84
43	2	5	0,14	1,42
44	3	10	0,14	4,27
45	3	5	0,14	2,13

46	2	20	0,14	5,69
47	1	20	0,14	2,84
48	4	5	0,14	2,84
49	2	5	0,14	1,42
50	2	3	0,14	0,85
51	3	40	0,14	17,07
52	2	15	0,14	4,27
53	2	20	0,14	5,69
54	2	5	0,14	1,42
55	1	10	0,14	1,42
56	1	10	0,14	1,42
57	2	15	0,14	4,27
58	3	10	0,14	4,27
59	1	10	0,14	1,42
60	2	4	0,14	1,14
61	2	10	0,14	2,84
62	2	10	0,14	2,84
63	3	10	0,14	4,27
64	4	5	0,14	2,84
65	3	15	0,14	6,40
66	2	10	0,14	2,84
67	2	40	0,14	11,38
68	0	0	0,14	0,00
69	2	5	0,14	1,42
70	5	30	0,14	21,33
71	2	30	0,14	8,53
Média	2,27	14,42	0,14	6,13
Desvio Padrão	1,10	22,58	0,00	18,22

Bebedouro - Alunos (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	0	0	0,02	0,00
2	1	10	0,02	0,23
3	2	10	0,02	0,45
4	2	5	0,02	0,23
5	6	30	0,02	4,07
6	4	20	0,02	1,81
7	4	4	0,02	0,36
8	4	5	0,02	0,45
9	3	55	0,02	3,73
10	5	30	0,02	3,39
11	0	0	0,02	0,00
12	1	10	0,02	0,23
13	3	15	0,02	1,02

14	4	5	0,02	0,45
15	3	5	0,02	0,34
16	2	5	0,02	0,23
17	2	15	0,02	0,68
18	1	8	0,02	0,18
19	3	10	0,02	0,68
20	3	3	0,02	0,20
21	2	15	0,02	0,68
22	1	10	0,02	0,23
23	2	8	0,02	0,36
24	1,5	6	0,02	0,20
25	1	12	0,02	0,27
26	0	0	0,02	0,00
27	0	0	0,02	0,00
28	0	0	0,02	0,00
29	3	5	0,02	0,34
30	0	0	0,02	0,00
31	6	60	0,02	8,15
32	0	0	0,02	0,00
33	4	10	0,02	0,91
34	1	5	0,02	0,11
35	2	3	0,02	0,14
36	5	7	0,02	0,79
37	4	20	0,02	1,81
38	3	6	0,02	0,41
39	3	20	0,02	1,36
40	2	10	0,02	0,45
41	3	30	0,02	2,04
42	5	1,5	0,02	0,17
43	2	5	0,02	0,23
44	4	5	0,02	0,45
45	2	15	0,02	0,68
46	4	15	0,02	1,36
47	0	0	0,02	0,00
48	2	10	0,02	0,45
49	4	10	0,02	0,91
50	4	10	0,02	0,91
51	4	20	0,02	1,81
52	1	30	0,02	0,68
53	3	10	0,02	0,68
54	0	0	0,02	0,00
55	3	10	0,02	0,68
56	2	10	0,02	0,45
57	2	30	0,02	1,36
58	0	0	0,02	0,00

59	0	0	0,02	0,00
60	1	5	0,02	0,11
61	0	0	0,02	0,00
62	0	0	0,02	0,00
63	3	15	0,02	1,02
64	2	3	0,02	0,14
65	4	10	0,02	0,91
66	1	5	0,02	0,11
67	5	30	0,02	3,39
68	1	5	0,02	0,11
69	4	10	0,02	0,91
70	0	0	0,02	0,00
71	4	15	0,02	1,36
Média	2,30	10,58	0,02	0,79
Desvio Padrão	1,67	11,64	0,00	1,25

Bacia Sanitária - Alunos (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros/descarga)	Consumo (litros/dia)
1	1	5,00	5,00
2	2	5,00	10,00
3	3	5,00	15,00
4	3	5,00	15,00
5	0	5,00	0,00
6	0	5,00	0,00
7	1	5,00	5,00
8	1	5,00	5,00
9	2	5,00	10,00
10	3	5,00	15,00
11	4	5,00	20,00
12	1	5,00	5,00
13	1	5,00	5,00
14	2	5,00	10,00
15	1	5,00	5,00
16	1	5,00	5,00
17	1	5,00	5,00
18	2	5,00	10,00
19	1	5,00	5,00
20	1	5,00	5,00
21	1	5,00	5,00
22	0	5,00	0,00
23	1	5,00	5,00
24	0	5,00	0,00
25	1	5,00	5,00

26	2	5,00	10,00
27	0	5,00	0,00
28	1,5	5,00	7,50
29	1	5,00	5,00
30	6	5,00	30,00
31	3	5,00	15,00
32	1	5,00	5,00
33	2	5,00	10,00
34	1	5,00	5,00
35	1	5,00	5,00
36	2	5,00	10,00
37	1	5,00	5,00
38	2	5,00	10,00
39	3	5,00	15,00
40	1	5,00	5,00
41	1	5,00	5,00
42	2	5,00	10,00
43	2	5,00	10,00
44	2	5,00	10,00
45	2	5,00	10,00
46	2	5,00	10,00
47	0,1	5,00	0,50
48	1	5,00	5,00
49	2	5,00	10,00
50	2	5,00	10,00
51	4	5,00	20,00
52	2	5,00	10,00
53	2	5,00	10,00
54	2	5,00	10,00
55	1	5,00	5,00
56	1	5,00	5,00
57	2	5,00	10,00
58	2	5,00	10,00
59	1	5,00	5,00
60	1	5,00	5,00
61	1	5,00	5,00
62	2	5,00	10,00
63	3	5,00	15,00
64	2	5,00	10,00
65	2	5,00	10,00
66	2	5,00	10,00
67	2	5,00	10,00
68	0	5,00	0,00
69	3	5,00	15,00
70	3	5,00	15,00
71	3	5,00	15,00
Média	1,67	5,00	8,35
Desvio Padrão	1,06	0,00	5,32

Torneira de lavatório – Professores (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	3,5	30	0,14	14,93
2	3	5	0,14	2,13
3	6	10	0,14	8,53
4	5	30	0,14	21,33
5	3	15	0,14	6,40
6	5	10	0,14	7,11
7	4	10	0,14	5,69
8	4	15	0,14	8,53
Média	4,19	15,63	0,14	9,33
Desvio Padrão	1,07	9,43	0,00	6,04

Bebedouro - Professores (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	2	30	0,02	1,36
2	3	5	0,02	0,34
3	1	5	0,02	0,11
4	0	0	0,02	0,00
5	1	10	0,02	0,23
6	6	19	0,02	2,58
7	0	0	0,02	0,00
8	0	0	0,02	0,00
Média	1,63	8,63	0,02	0,58
Desvio Padrão	2,07	10,80	0,00	0,93

Bacia Sanitária - Professores (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros/descarga)	Consumo (litros/dia)
1	2	5,00	10,00
2	2	5,00	10,00
3	1	5,00	5,00
4	1	5,00	5,00
5	3	5,00	15,00
6	5	5,00	25,00
7	2	5,00	10,00
8	4	5,00	20,00
Média	2,50	5,00	12,50
Desvio Padrão	1,41	0,00	7,07

Torneira de lavatório – Professores (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	2	10	0,14	2,84
2	3	30	0,14	12,80
3	4	20	0,14	11,38
4	4	20	0,14	11,38
5	4	10	0,14	5,69
Média	3,40	18,00	0,14	8,82
Desvio Padrão	0,89	8,37	0,00	4,31

Bebedouro - Professores (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	5	5	0,02	0,57
2	3	60	0,02	4,07
3	0	0	0,02	0,00
4	0	0	0,02	0,00
5	0	0	0,02	0,00
Média	1,60	13,00	0,02	0,93
Desvio Padrão	2,30	26,36	0,00	1,78

Bacia Sanitária - Professores (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros/descarga)	Consumo (litros/dia)
1	2	5,00	10,00
2	3	5,00	15,00
3	2	5,00	10,00
4	3	5,00	15,00
5	3	5,00	15,00
Média	2,60	5,00	13,00
Desvio Padrão	0,55	0,00	2,74

Torneira de lavatório – Funcionários (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	4	30	0,14	17,07
2	2	4	0,14	1,14
3	2	20	0,14	5,69
4	3	10	0,14	4,27
5	2	10	0,14	2,84
6	2	5	0,14	1,42
7	4	30	0,14	17,07
8	6	30	0,14	25,60
9	2	15	0,14	4,27
10	4	15	0,14	8,53
Média	3,10	16,90	0,14	8,79
Desvio Padrão	1,37	10,19	0,00	8,29

Bebedouro - Funcionários (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	2	30	0,02	1,36
2	10	5	0,02	1,13
3	3	15	0,02	1,02
4	0	0	0,02	0,00
5	0	0	0,02	0,00
6	0	0	0,02	0,00
7	8	20	0,02	3,62
8	4	60	0,02	5,43
9	3	20	0,02	1,36
10	0	0	0,02	0,00
Média	3,00	15,00	0,02	1,39
Desvio Padrão	3,53	19,15	0,00	1,80

Bacia Sanitária - Funcionários (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros/descarga)	Consumo (litros/dia)
1	2	5,00	10,00
2	2	5,00	10,00
3	2	5,00	10,00
4	2	5,00	10,00
5	1	5,00	5,00
6	1	5,00	5,00
7	4	5,00	20,00
8	4	5,00	20,00

9	1	5,00	5,00
10	2	5,00	10,00
Média	2,10	5,00	10,50
Desvio Padrão	1,10	0,00	5,50

Tanque de Laboratório - Funcionários (Masculino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	0	0	0,11	0,00
2	0	0	0,11	0,00
3	0	0	0,11	0,00
4	0	0	0,11	0,00
5	0	0	0,11	0,00
6	0	0	0,11	0,00
7	0	0	0,11	0,00
8	0,05	300	0,11	1,68
9	0,04	600	0,11	2,69
10	0,00	0	0,11	0,00
Média	0,01	90,00	0,11	0,44
Desvio Padrão	0,02	202,48	0,00	0,95

Torneira de lavatório – Funcionários (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	2	7,5	0,14	2,13
2	4	10	0,14	5,69
3	3	10	0,14	4,27
4	2	8	0,14	2,28
5	1	5	0,14	0,71
6	5	5	0,14	3,56
7	3	10	0,14	4,27
Média	2,86	7,93	0,14	3,27
Desvio Padrão	1,35	2,24	0,00	1,67

Bebedouro - Funcionários (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	0	0	0,02	0,00
2	0	0	0,02	0,00
3	2	5	0,02	0,23
4	3	15	0,02	1,02
5	0	0	0,02	0,00
6	2	60	0,02	2,72
7	2	30	0,02	1,36
Média	1,29	15,71	0,02	0,76
Desvio Padrão	1,25	22,44	0,00	1,02

Bacia Sanitária - Funcionários (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Volume (litros/descarga)	Consumo (litros/dia)
1	2	5,00	10,00
2	4	5,00	20,00
3	2	5,00	10,00
4	1	5,00	5,00
5	1	5,00	5,00
6	1	5,00	5,00
7	1	5,00	5,00
Média	1,71	5,00	8,57
Desvio Padrão	1,11	0,00	5,56

Tanque de Laboratório - Funcionários (Feminino)

Número	Frequência (vezes/dia)	Tempo (segundos/vez)	Vazão (litros/s)	Consumo (litros/dia)
1	0	60	0,11	2,69
2	0	0	0,11	0,00
3	0	0	0,11	0,00
4	0	0	0,11	0,00
5	0	0	0,11	0,00
6	0	0	0,11	0,00
7	0	0	0,11	0,00
Média	0,06	8,57	0,11	0,38
<i>Desvio Padrão</i>	<i>0,15</i>	<i>22,68</i>	<i>0,00</i>	<i>1,02</i>