

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**VICTOR MANOEL MATIAS ROMÃO
VINÍCIUS CÉSAR GOMES**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVAS PARA FINS
NÃO POTÁVEIS – CONSIDERAÇÕES SOBRE DIMENSIO-
NAMENTO E PROJETO – ESTUDO DE CASO: CENTRO
TECNOLÓGICO DA UNIEVANGÉLICA**

ANÁPOLIS / GO

2015

**VICTOR MANOEL MATIAS ROMÃO
VINÍCIUS CÉSAR GOMES**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVAS PARA FINS
NÃO POTÁVEIS – CONSIDERAÇÕES SOBRE DIMENSIO-
NAMENTO E PROJETO – ESTUDO DE CASO: CENTRO
TECNOLÓGICO DA UNIEVANGÉLICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR

ANÁPOLIS / GO: 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

ROMÃO, VICTOR MANOEL.
GOMES, VINÍCIUS CÉSAR.

Aproveitamento de Água de Chuvas para Fins Não Potáveis – Considerações sobre Dimensionamento e Projeto – Estudo de Caso: Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA.

135P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1. Aproveitamento | 2. Consumo |
| 3. Água de chuvas | 4. Recursos Hídricos |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ROMÃO, V.M.M; GOMES, V.C. Aproveitamento de Água de Chuvas para Fins Não Potáveis – Considerações sobre Dimensionamento e Projeto – Estudo de Caso: Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 135p. 2015.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Victor Manoel Matias Romão; Vinícius César Gomes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Aproveitamento de Água de Chuvas para Fins Não Potáveis – Considerações sobre Dimensionamento e Projeto – Estudo de Caso: Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2015

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

**VICTOR MANOEL MATIAS ROMÃO
VINÍCIUS CÉSAR GOMES**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVAS PARA FINS
NÃO POTÁVEIS – CONSIDERAÇÕES SOBRE
DIMENSIONAMENTO E PROJETO – ESTUDO DE CASO:
CENTRO TECNOLÓGICO DA UNIEVANGÉLICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGE-
NHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECES-
SÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**JOÃO SILVEIRA BELÉM JUNIOR, MESTRE (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**

**AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA T. SILVA, ESPECIALISTA (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**LEANDRO DANIEL PÓRFIRO, MESTRE (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 09 de NOVEMBRO de 2015.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Júlio César Gomes, minha mãe Maria José de Jesus Gomes, toda minha família, namorada e amigos dedico esta grande conquista, que ao longo destes 5 anos de graduação, estiveram em algum momento ao meu lado acreditando e incentivando esta trajetória concluída com sucesso.

Dedico este trabalho a minha família, em especial aos meus pais, irmã e namorada, Denilson Matias dos Santos, Maria Letícia, Maria Luiza Matias Romão e Karolyne Aguiar Cândida pelo apoio, pela força e pela compreensão durante estes anos de faculdade e aos meus amigos e professores por estarem ao meu lado todo este tempo.

AGRADECIMENTOS - VICTOR

Mais um dos meus sonhos de crescer na vida realizado. Agora vou em busca de novas conquistas proporcionando mudanças de expectativas e metas. Como Engenheiro Civil, sei o quanto é importante as pessoas ao longo dos nossos caminhos, não há profissionais capazes de levar sua vida de forma isolada e sim necessitam de apoio, e é por isto que agradeço a Deus e todos aqueles que me proporcionaram uma grande ajuda há vencer esta etapa, uma forma de encarar desafios, decepções e superações. Primeiramente agradeço a minha família que representa equilíbrio, me dá forças e sempre tenho o apoio para manter a cabeça erguida no que der e vier, pois sou muito grato. Pai, você meu exemplo de profissional, sempre me trazendo conselhos que me traz mais força e suas palavras me fazem buscar sempre mais! Mãe, seu aconchego, seu afeto, preocupação e carinho características que levo para a minha vida pessoal, um exemplo de equilíbrio e sabedoria. Com minha Irmã, avós, tios e primos vibrei a cada realização, e tendo uma certeza de que nunca estarei só neste mundo. Agradeço a minha Namorada e família por terem me dado forças quando eu mais precisei, e me trazendo sempre a tranquilidade e estando sempre ao meu lado independentemente da situação. Agradeço a aquelas pessoas que me proporcionaram uma carreira neste período de Universidade, como Sidney Fagundes, Eng. Juvenil, Eng. José Eduardo, Edivaldo Cândido e aos demais amigos que me trouxeram ensinamentos e conhecimentos sobre a minha carreira. Obrigado aos amigos de Universidade, principalmente o grupo “Chassi de Grilo” por me aguentarem durante 5 anos, ouvindo e rindo juntos.

Agradeço ao meu companheiro de TCC Vinícius César Gomes, que esteve presente durante o desenvolvimento do nosso trabalho com total dedicação e disposição. Agradeço a todos os professores por terem me proporcionado vários conhecimentos perante a área da Engenharia Civil, principalmente nosso orientador Mestre João Belém que se dispôs através dos seus conhecimentos a nos apoiar totalmente e a o Mestre Ricardo Wobeto por nos ter proporcionado várias orientações de normas técnicas de formatação.

Tenho me espelhado em muitos de vocês! Pois finalizo de forma feliz por ter a certeza que meu futuro sempre dependerá do que construo no passado e no presente.

AGRADECIMENTOS - VINÍCIUS

Mais um ciclo se encerra, mas outro se inicia a partir daqui. Tudo que vivenciei nestes últimos cinco anos me fizeram amadurecer, me prepararam e me formaram não só profissionalmente como Engenheiro Civil, mas sim como homem, sabendo dos meus direitos e deveres, respeitando e sendo respeitado, ensinando e aprendendo, sendo honesto e bondoso. Tornei-me uma pessoa perseverante, afinal o impossível mesmo é só questão de opinião, pois quem luta por seus objetivos, por mais difíceis que sejam um dia serão recompensados e esse dia será de muito júbilo por alcançar o tão sonhado e árduo objetivo.

Agradeço a Deus pela vida do meu pai e minha mãe, por vos abençoar e dar sabedoria para que pudessem com brilhantura me trilhar nesta trajetória. Agradeço especialmente a eles mais essa vitória em minha vida, que diante de tantos obstáculos, nunca mediram esforços para comigo, me apoiando, aconselhando, puxando as orelhas quando fora preciso e o principal, dando amor e carinho. Agradeço aos meus tios e tias, que sempre depositaram confiança e acreditaram no meu sucesso, dando total respaldo quando necessitei. Agradeço a minha namorada, pessoas que passaram pelos meus caminhos, outras que chegaram e algumas tão desde o princípio também fazem parte desta conquista, que de alguma forma contribuíram e fizeram parte destes cinco anos. Aos meus amigos universitários sou grato pelo apoio dia a dia e o grupo “Chaci de Grilo”, levarei para sempre comigo em minhas lembranças pela grande amizade e companheirismo que criamos.

Agradeço ao meu companheiro de TCC, Victor Manoel, que se dedicou totalmente para elaboração deste trabalho. Agradeço aos professores e principalmente ao orientador desta pesquisa Mestre João Silveira Belém Júnior pelo total apoio demonstrado, aliado com sua sabedoria, possibilitou um grande proveito para o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso. Sou grato ao Mestre Ricardo Wobeto pela contribuição dada através de orientações de normas técnicas para formatação do trabalho e também aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente com este trabalho.

Sou muito grato a Deus por me proporcionar este momento tão sonhado, ele que sempre me abençoou, me encaminhou e nunca me desamparou. Peço a ele proteção nesta nova caminhada, nesta profissão, que ele abra as portas dos melhores caminhos e me livre de todos os males, que tudo ocorra de acordo com a vontade dele e o que for para o meu bem, que ele encaminhe e me dê saúde para poder batalhar e conquista.

RESUMO

A água tem sido tema recorrente em noticiais e pesquisa no Brasil e no mundo, sua utilização racional está sendo alvo de várias pesquisas no intuito de possibilitar uma utilização sustentável deste recurso que é considerado essencial para população. Visando desenvolver uma forma para um melhor custo benefício e uma melhor cooperação com o meio ambiente, trazendo proveitos através de técnicas de aproveitamento de água chuva, possibilitando soluções sustentáveis para a contribuição ao uso de forma racional da água e proporcionando as nossas gerações futuras os recursos hídricos de forma a ser conservada. Este trabalho está visando desenvolver um projeto de aproveitamento de água de chuva para o Centro Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA), o trabalho iniciou-se primeiramente por uma pesquisa bibliográfica obtendo vários conceitos para o desenvolvimento do projeto, análise através de pesquisas, dados meteorológicos das regiões do local de estudo, realização de visitas, coleta de dados dos funcionários da Universidade obtendo amplo conhecimento do local e adquirindo materiais para o levantamento de utilização da água para fins não potáveis. Em seguida foi determinado o potencial de captação da chuva através da cobertura, dimensionamento das calhas, condutores, reservatórios e apresentando uma solução para o período de seca utilizando o bombeamento de água através de outros recursos.

Palavras chave: Aproveitamento, Água, Captação, Consumo, Centro Tecnológico.

ABSTRACT

Water has been a recurring theme in news and research in Brazil and worldwide, rational use is being targeted by various researches in order to promote the sustainable use of this resource which is considered essential for the population. Aiming to develop a way to a better cost benefit and better cooperation with the environment, bringing revenues through rainwater utilization techniques, providing sustainable solutions for the contribution to the use rationally water and providing our future generations resources water in order to be retained. This work is aimed at developing a rainwater utilization project for the Technology Center of the University Center of Anápolis (UniEVANGÉLICA), the work initiated primarily by a literature obtaining several concepts for the development of design, analysis through surveys, meteorological data regions of the study site, conducting visits, data collection of the University employees getting broad knowledge of the local and acquiring materials for raising water use for non-potable purposes. Then it was determined the potential for uptake through the rain cover dimensioning of the troughs, wireways, reservoirs and presenting a solution for the dry season by using the water pumping through other resources.

Keywords: Utilization, Water, Capitation, Consume, Technology Center.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de aproveitamento de água de chuva.....	26
Figura 2 - Esquema de cisterna implementada na zona rural.....	28
Figura 3 - Sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva com reservatório de autolimpeza.....	32
Figura 4 - Componentes do Sistema.....	33
Figura 5 - Sistema de fluxo total.....	34
Figura 6 - Sistema com derivação.....	35
Figura 7 - Sistema com volume adicional de retenção.....	35
Figura 8 - Área de captação - telhado.....	36
Figura 9 - Área de captação - laje impermeabilizada.....	36
Figura 10 - Área de captação - telhado e pátio.....	37
Figura 11 - calha e condutor vertical.....	37
Figura 12 - Pluviógrafo.....	40
Figura 13 - Influência dos ventos na quantidade a ser captada.....	42
Figura 14 - Cálculo para áreas de captação.....	42
Figura 15 - Ábacos para determinação de diâmetros de condutores verticais calha com aresta viva.....	44
Figura 16 - Ábacos para determinação de diâmetros de condutores verticais calha com funil de saída.....	45
Figura 17 - Ciclo Hidrológico.....	47
Figura 18 - Filtro 3P Rainus.....	49
Figura 19 - Filtros FS STFS.....	49
Figura 20 - Filtros flutuantes de sucção.....	50
Figura 21 - Boia de Mercúrio.....	51
Figura 22 - Filtro in loco.....	51
Figura 23 - Filtro VF1 Volumétrico.....	52
Figura 24 - Filtro Volumétrico VF6.....	52
Figura 25 - Filtros Vortex.....	53
Figura 26 - Sifão Ladrão.....	54
Figura 27 - Sistema de freio d'água.....	54
Figura 28 - Kits de interligação automática.....	55
Figura 29 - Representação do reservatório de água de chuva.....	56
Figura 30 - Reservatório de água de chuva com reservatório para rejeição de água de limpeza de telhado "Tonel".....	57
Figura 31 – Sistema do separador de fluxo automático.....	59
Figura 32 - Válvulas de controle de fluxo automático.....	59
Figura 33 - Conjunto motor-bomba.....	69
Figura 34 - Torneira com acionamento restrito.....	69
Figura 35 - Placa de advertência para a não ingestão da água não potável.....	70
Figura 36 - Anápolis situada entre a capital Federal e Estadual.....	72
Figura 37 - Vista aérea do Centro Tecnológico.....	80
Figura 38 - Fachada do Centro Tecnológico.....	81
Figura 39 - Planta Baixa do Centro Tecnológico.....	82
Figura 40 - Vista interna do Centro Tecnológico.....	83
Figura 41 - Fachada posterior do Centro Tecnológico.....	107
Figura 42 - Reservatórios já existentes na edificação.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção hídrica no Mundo por região	22
Tabela 2 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul	22
Tabela 3 - Distribuição do consumo domiciliar de água potável por ponto hidráulico	24
Tabela 4 - Consumo de água residencial na Alemanha no ano de 1998	27
Tabela 5 - Parâmetros de Engenharia para estimativa da demanda residencial de água	29
Tabela 6 - Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo.....	30
Tabela 7 - Coeficiente de Runoff médios conforme o material da superfície	38
Tabela 8 - Coeficiente de escoamento superficial	39
Tabela 9 - Coeficientes da vazão de projeto	43
Tabela 10 - Coeficiente de rugosidade de Manning	44
Tabela 11 - Capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular (L/min)	46
Tabela 12 - Planilha para cálculo pelo método de Rippl	61
Tabela 13 - Planilha para cálculo do Método de Simulação	64
Tabela 14 - Planilha para cálculo do Método Prático Australiano	68
Tabela 15 - Frequência de manutenção no sistema de aproveitamento de água de chuva	70
Tabela 16 - Exemplo do uso do <i>Payback</i>	71
Tabela 17 - Estimativa de utilização da descarga sanitária - Funcionários Limpeza	84
Tabela 18 - Consumo de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias - Funcionários Limpeza	85
Tabela 19 - Estimativa de utilização da descarga sanitária - Funcionários Técnicos de Laboratório	85
Tabela 20 - Consumo de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias (Segunda a Sexta) - Funcionários Técnicos de Laboratório	85
Tabela 21 - Estimativa de utilização da descarga sanitária - Funcionários Técnicos de Laboratório	86
Tabela 22 - Consumo de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias (Sábado) - Funcionários Técnicos de Laboratório	86
Tabela 23 - Consumo total de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias - Funcionários Técnicos de Laboratório	86
Tabela 24 - Consumo discriminado de água - Funcionários do Centro Tecnológico	87
Tabela 25 - Consumo total de água - Funcionários do Centro Tecnológico	87
Tabela 26 - Utilização da Câmara Úmida para cura de corpos de prova de concreto	88
Tabela 27 - Demanda total de água no Centro Tecnológico utilizada na câmara úmida e descargas em bacias sanitárias	88
Tabela 28 - Quantidade de água de chuva captada - Coberturas intermediárias x Demanda	91
Tabela 29 - Quantidade de água de chuva captada - Coberturas das extremidades x Demanda	92
Tabela 30 - Quantidade de água de chuva captada - Coberturas das extremidades x Demanda	92

Tabela 31 - Planilha do cálculo do Método de Rippl	99
Tabela 32 - Análise de Simulação do Reservatório.....	101
Tabela 33 - Planilha do cálculo do Método de Azevedo Neto	104
Tabela 34 - Planilha do Método Prático Alemão	104
Tabela 35 - Planilha do Método Prático Inglês	105
Tabela 36 - Planilha Orçamentária	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Disponibilidade dos Recursos Hídricos no Mundo.....	21
Gráfico 2 - Classificação dos recursos hídricos no Brasil	23
Gráfico 3 - Diagrama de Rippl	62
Gráfico 4 - Gráfico de Precipitação pluviométrica pluvial de Anápolis	89
Gráfico 5 - Média Pluviométrica de Anápolis.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

ANA - Agência Nacional de Águas

ONU – Organização das Nações Unidas

ONGs – Organizações não Governamentais

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

UNEP - United Nation Environment Programme

PVC – Policloreto de Vinila

LISTA DE SIMBOLOS

Km^3 - Quilômetros cúbicos

% - Porcentagem

m^3 - Metro cúbico

m^2 - Metro quadrado

x'' - Polegadas

mm – Milímetros

D – Diâmetro

A – Área

h - Altura

C – Coeficiente de Runoff

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS	19
1.2 OBJETIVO GERAL	19
1.2.1 Objetivos Específicos	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 RECURSO NATURAL ÁGUA	21
2.2 DISTRIBUIÇÃO HÍDRICA NO MUNDO E NO BRASIL.....	21
2.3 USO DA ÁGUA PELA SOCIEDADE.....	23
2.4 CRISE HÍDRICA NO BRASIL E NO MUNDO.....	24
2.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SUA UTILIZAÇÃO.....	25
2.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO MUNDO	27
2.6.1 Aproveitamento de água de chuva no Brasil.....	28
2.7 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS	28
2.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABNT NBR 15527:2007	30
2.9 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SEU FUNCIONAMENTO.	32
2.10 ELEMENTOS PARA COMPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES	36
2.11 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (OU COEFICIENTE DE RUNOFF)	38
2.12 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	39
2.13 CALHAS E CONDUTORES	40
2.14 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA.....	46
2.14.1 Qualidade da água de chuva antes de tocar o solo	47
2.14.2 Qualidade da água da chuva após escoar sobre a superfície impermeabilizada.....	48
2.15 FILTROS E COMPONENTES	48
2.15.1 Filtros de descida 3p de descida rainus	49
2.15.2 Filtro de descida fs e stfs	49
2.15.3 Filtro flutuante de sucção	50
2.15.4 Boia de mercúrio.....	50
2.15.5 Filtro IN LOCO	51
2.15.6 Filtro vf1 e vf6.....	51
2.15.7 Filtros Vortexwff.....	53
2.15.8 Sifão ladrão	53
2.16 FREIO D'ÁGUA	54
2.17 KITS DE INTERLIGAÇÃO AUTOMÁTICA	55
2.18 DIMENSIONAMENTO E CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS PARA FINS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.	55
2.19 <i>FIRST FLUSH</i> OU DESCARTE DA PRIMEIRA ÁGUA DA CHUVA.....	57
2.20 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	60
2.20.1 Método de Rippl	60

2.20.2 Método da análise de simulação	63
2.20.3 Método prático brasileiro (Método Azevedo Neto)	65
2.20.4 Método prático alemão	66
2.20.5 Método prático inglês	66
2.21 BOMBAS	68
2.22 REGISTRO DE ACIONAMENTO RESTRITO	69
2.23 MANUTENÇÃO	70
2.24 <i>PAYBACK</i>	70
3 METODOLOGIA	72
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL E ELABORAÇÃO DE LEVANTAMENTO DA ARQUITETURA POR MEIO DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA (AMBIENTE CAD) DA EDIFICAÇÃO A SER ESTUDADA.	72
3.2 ANÁLISE E ESCOLHA DOS APARELHOS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS A SEREM CONTEMPLADOS NO SISTEMA.	73
3.3 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA DOS APARELHOS CONTEMPLADOS UTILIZADOS NA EDIFICAÇÃO.	73
3.4 COLETA DE DADOS E ESTATÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS DA REGIÃO.	74
3.5 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DA COBERTURA DE ÁGUA PLUVIAL.	74
3.6 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE COBERTURA PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA.	75
3.7 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS E CONDUTORES.	75
3.8 DIMENSIONAMENTO DO <i>FIRST FLUSH</i> E DOS RESERVATÓRIOS.	77
3.9 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.	77
3.10 PRÉ-LANÇAMENTO DOS RESERVATÓRIOS.	78
3.11 DIMENSIONAMENTO MOTOR-BOMBA.	78
3.12 PRÉ-LANÇAMENTO DAS TUBULAÇÕES E DEMAIS COMPONENTES.	78
3.13 DIMENSIONAMENTO E VALIDAÇÃO DO LANÇAMENTO INICIAL.	78
3.14 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA SOLUÇÃO ADOTADA.	79
3.15 ANÁLISE ECONÔMICA <i>PAYBACK</i>	79
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
4.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	80
4.2 DETERMINAÇÃO DOS APARELHOS HIDROSSANITÁRIOS CONTEMPLADOS PELO SISTEMA	83
4.3 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA DOS APARELHOS CONTEMPLADOS UTILIZADOS NA EDIFICAÇÃO	83
4.4 DADOS METEOROLÓGICOS	89
4.5 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DA COBERTURA DE ÁGUA PLUVIAL	90
4.6 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS E CONDUTORES	93
4.7 RESERVATÓRIO DE AUTOLIMPEZA	97
4.8 RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO	98
4.8.1 Método de Rippl	98
4.9 MÉTODO DA ANÁLISE DE SIMULAÇÃO	100
4.9.1 Método Azevedo Neto	103
4.9.2 Método prático alemão	104
4.9.3 Método prático inglês	105

4.10 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	105
4.11 VIABILIDADE ECONOMICA	108
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE.....	122

1 INTRODUÇÃO

O Brasil vem enfrentando nos últimos anos um sério problema relacionado aos recursos hídricos, que são essenciais para conservar a vida, além de possibilitar um desenvolvimento nas atividades agrícolas, industriais, sociais e beneficiando aos crescimentos econômicos e tecnológicos.

Podemos evidenciar que a água é um recurso essencial para qualquer ser vivo do nosso planeta, porém em virtude não somente de fatores climáticos, mas também da desigualdade social aliada à falta de manejo e usos dos recursos sustentáveis da natureza, o nosso planeta vem caminhando a passos largos para uma crescente escassez de recursos hídricos ao longo dos anos. Dentre os principais motivos para esta desigualdade estão os grandes problemas na área de saneamento básico, que vem condimentando para uma forte crise hídrica. Segundo os cálculos da ONU (2013) faltará água limpa para 47% da população global até 2030.

Sendo assim, existem várias medidas convencionais e não convencionais para a conservação de água que são cada vez mais aplicados aos Recursos Hídricos. A coleta e armazenamento de águas pluviais destinados a utilização doméstica, irrigação, criação de animais e outras finalidades é um dos exemplos que podemos mencionar.

Conforme Cohim *et al.*, (2007) coleta de águas pluviais vem crescendo em várias localidades do mundo. O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável já é praticado em países como Estados Unidos, Japão, Alemanha, entre outros. No Brasil, este sistema ganhou destaque através de estudos de Universidades, medidas governamentais, ações de empresas públicas, privadas e também de ONGs. Já é muito adotado em algumas cidades da região Nordeste como fonte de abastecimento de água.

Os autores afirmam que a captação da água de chuva é considerada como uma fonte alternativa para a manutenção dos recursos hídricos e para o consumo direto do ser humano. Este sistema, além de ser livre de cobrança, é ainda considerado como uma viabilíssima fonte para suprir a demanda das concessionárias públicas para águas de uso nobre, hoje instável em várias regiões deste país pelo uso inconsciente dos recursos. Sendo assim, à medida que não se utiliza a água fornecida pelas companhias responsáveis de saneamento, esse recurso é preservado para a autossuficiência local.

A partir do momento em que não se usa a água fornecida pelas concessionárias, é reduzido o uso dos equipamentos dos sistemas necessários ao bombeamento para a cidade, gerando também certa economia de energia. Além da diminuição dos custos de água potável da população, causados pelas elevadas tarifas de água cobradas pelas concessionárias públicas,

este recurso também diminui o risco de enchentes em caso de chuvas fortes, fazendo com que as galerias pluviais suportem a demanda. Tomas (2009) afirma que outros fatores demonstram que a utilização da água de chuva é altamente viável, levando em considerações: quando a disponibilidade hídrica de certa região é menor que 1200m³/habitante x ano, locais em que a estiagem chega a ser maior que cinco meses e também quando o índice de aridez seja maior ou igual a 0,50.

Ghisi *et al.*, (2006) estimaram que, por meio de uma pesquisa realizada, que a economia resultante do aproveitamento da água de chuva pode ser de 48% a 100% da água potável, dependendo da região geográfica brasileira analisada.

O uso da água captada da chuva, segundo a ABNT (2007), deverá ser utilizado somente para fins não potáveis, não substituindo a água potável distribuída pelas concessionárias públicas. Após tratamento adequado, poderá ser empregada para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados por aspersão ou gotejamento, plantas ornamentais, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, lavagem de veículos, espelhos d'água e usos industriais.

De acordo com o estudo apresentado por Tomaz (2003), mostrou-se que o consumo de água não potável para descargas em bacias sanitárias, lavagem de carros, rega de jardins e lavagens de quintais somam em torno de 50% da demanda total de uma residência, cujo percentual pode ser sustentado por um sistema de aproveitamento de água de chuva.

O presente trabalho realizou uma avaliação técnica-econômica do sistema de utilização de água de chuvas para fins não potáveis no Centro Tecnológico, considerado uma edificação de grande porte. Ao final do trabalho, são apresentadas as principais características do sistema, incluindo estudo de implantação, dimensionamento e representação gráfica (projeto) para execução deste por meio de um estudo de caso na instituição Universitária da UniE-VANGÉLICA.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar as principais considerações referentes ao dimensionamento e elaboração de projeto executivo para o sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edificações de grande porte, assim como possibilitar a avaliação técnica econômica da sua implantação através de estudo de caso.

1.1.2 Objetivos Específicos

- realizar a revisão literária e apresentar os principais critérios de dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva;
- apresentar os principais requisitos para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva;
- analisar e designar os componentes que integram o sistema de aproveitamento de água de chuva, tais como: área de captação, componentes de transportes (calhas, condutores verticais e condutores horizontais) e reservatórios;
- análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatórios;
- elaborar um projeto executivo de sistema de aproveitamento de água de chuva no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA, Anápolis, Goiás - Estudo de Caso;
- desenvolver o orçamento discriminado da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva para a edificação estudada;
- avaliar economicamente a implantação baseada na ferramenta de *Payback*, baseado na premissa da utilização da água através da concessionária local;
- demonstrar a análise econômica do sistema por meio do *Payback*.

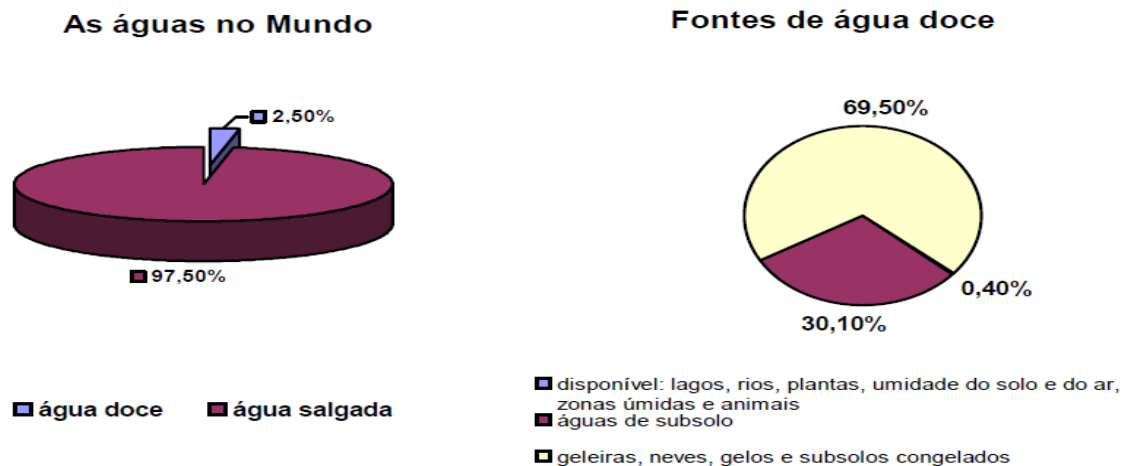
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RECURSO NATURAL ÁGUA

No planeta Terra, a água é um dos elementos mais importantes, pois é um bem essencial para todo ser vivo. O crescimento populacional exacerbado e desordenado, juntamente com o aumento da demanda e a constante poluição dos mananciais ainda disponíveis, são os fatores primordiais que auxiliam o aumento do consumo de água, especialmente nos grandes centros urbanos (ANA *et al.*, 2005; DANTAS, 2008).

O valor estimado de água no planeta, em volume aproxima-se de 1,3 bilhões de km³, tendo assim uma grande dificuldade de acessibilidade deste volume, pois 97,5% é água salgada e 2,5% é água doce. Cerca de 0,266% da população, tem se o acesso em lagos, reservatórios, aquíferos subterrâneos e rios, o restante é espalhado pela atmosfera em forma de vapor UNIÁGUA (*apud* CLARKE; KING, 2005).

Gráfico 1 - Disponibilidade dos Recursos Hídricos no Mundo



Fonte: CLARKE; KING, 2005.

2.2 DISTRIBUIÇÃO HÍDRICA NO MUNDO E NO BRASIL

Com a falta de uniformidade na distribuição de água, a Ásia supera com vazão média de 31,6% as regiões da América do Sul que tem a vazão média de 23,1% (TOMAZ, 2003).

O autor relata ainda que com relação à disponibilidade de água no mundo, os maiores volumes se concentram na Ásia e na América do Sul respectivamente, já na Oceania, Austrália e Tasmânia situam-se os menores potenciais.

Tabela 1 - Produção hídrica no Mundo por região

Região do Mundo	Vazão (km³/ano)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18
África	145.000	10
Europa	102.000	7
Antártida	73.000	5
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100

Fonte: TOMAZ, 1998.

Perante aos países da América do Sul o Brasil é o país mais favorecido por parâmetros de águas por habitantes muito elevado, dando assim o seu destaque de riqueza e tendo a variação média de vazão por habitantes localizada no semiárido, com uma grande pobreza do recurso hídrico variando de 900 mm a 400 mm chegando a precipitação no interior da Paraíba (GEO BRASIL, 2007).

A distribuição de água no Brasil é muito desigual em questão de volume e disponibilidade de recursos hídricos, por exemplo, a população metropolitana de São Paulo possui 280 m³ de água por ano disponíveis, enquanto os habitantes do Amazonas possuem 700.00 m³ de água disponíveis (TUNDISI *et al.*, 2008).

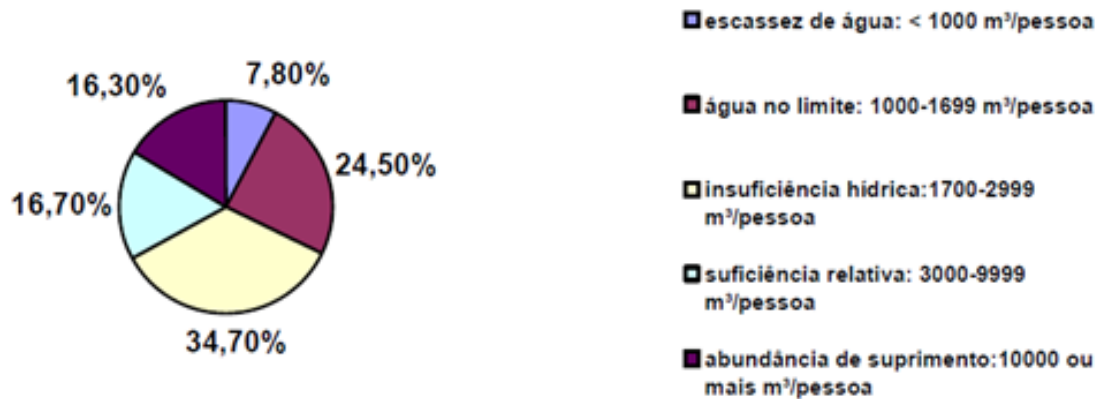
O Brasil é o país que tem uma vazão média de 177.900 km³/ano se destacando entre os países da América do Sul correspondendo a 53% da vazão total da América do Sul como demonstra a tabela 2:

Tabela 2 - Vazão média de água no Brasil em comparação com outros países da América do Sul

América do Sul	Vazão (km³/ano)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
Total	334.000	100

Fonte: TOMAZ, 1998.

Gráfico 2 - Classificação dos recursos hídricos no Brasil



Fonte: CLARK; KING, 2005.

A disponibilidade hídrica do Brasil encontra-se, na maior parte, distribuída em bacias hidrográficas, cujas são a Rio Amazonas, do Tocantins - Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai (ANEEL, 2007).

Com uma grande demanda de água no país ainda há aquelas regiões que passam por dificuldades como as regiões do Nordeste e do Sudeste tendo assim um comparativo entre os recursos hídricos e a distribuição geográfica da população brasileira. Baseado em coletas de armazenamento, o Nordeste tem convivências estratégicas com o semiárido com as formas de tanques de pedra e cisterna calçadão.

2.3 USO DA ÁGUA PELA SOCIEDADE

A água está presente em toda sociedade, de forma ascendente, em meio ao uso doméstico, industrial, comercial, público e agrícola, tendo a demanda de água de formas diferentes entre estes setores. A maior utilização é na agricultura, com 70% de água doce do mundo, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) no Brasil é de área irrigável 2,9 milhões de hectares.

Segundo Rebouças (2003), há um grande desperdício de água em torno de 60% do uso na agricultura. Em segundo lugar está o consumo doméstico com 23% (TERPSTRA, 1999), com um aumento de 4% ao ano. Segundo o Programa de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA (1998), com a visão de Gonçalves (1995) sobre a distribuição de o consumo domiciliar de água potável por ponto de consumo está a ser demonstrada na tabela 3 com o

intuito de demonstrar os pontos de consumos comparados com a percentagem de distribuição do consumo de água à determinados pontos de uma residência (FENDRICH, 2002).

Tabela 3 - Distribuição do consumo domiciliar de água potável por ponto hidráulico

Pontos de Consumo	% da Distribuição do Consumo
Bacia Sanitária	38
Banho / Chuveiro	29
Lavatório	5
Lavagem de roupa	17
Lavagem de louça	6
Beber / Cozinhar	5
Total	100

Fonte: PNCDA (*apud* FENDRICH, 2002).

Para Terpstra (1999) as aplicações de água dentro de uma residência são separadas em quatro categorias passando pela higiene pessoal, descarga de banheiros, limpeza e consumo.

Seria adequado um sistema de abastecimento, de rede dupla de água. Uma rede de água potável e uma de reuso, garantido uma grande redução no consumo, que hoje em dia, 40% do total da água são destinados aos usos não potáveis (ANNECCHINI, 2005).

A indústria utiliza 7% de consumo de água apresentado pelo (CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação, 2002). A indústria se preocupa muito com a quantidade e a qualidade da água que é utilizada. Uma quantidade que consiga suprir todas as atividades na indústria e a qualidade sobre a carga microbiológica, dentre isto o seu controle é fundamental para a sua racionalização, buscando uma redução nos desperdícios de água e menor consumo (OTENIO *et al.*, 2005).

2.4 CRISE HÍDRICA NO BRASIL E NO MUNDO

Devido ao mau uso e a má gestão dos recursos hídricos, o nosso país vem desenvolvendo uma grande crise na distribuição de água potável por meio natural. O não planejamento antropológico desordenado da distribuição deste recurso, também é um dos fatores contribuintes desta crescente crise, onde em determinadas regiões do nosso país é mais intensa do que

em outras. No geral a escassez de água é um fato alarmante para a população do Brasil e do mundo. De acordo com Correntino (2015, p.9):

Com 12% a 16% da água doce disponível no planeta, o Brasil é considerado um país privilegiado com abundância de água, a qual pode reduzir a conceitos errados, pois a água nem sempre está alocada no lugar que queremos ou necessitamos. Impermeabilização do solo, desmatamento, variação climática, aumento da demanda, falta de sensibilização e educação ambiental e o descaso com as deliberações dos comitês de bacias hidrográficas estão contribuindo para a atual crise hídrica ou falta de água em várias regiões.

Devido ao mau uso e a má gestão dos recursos hídricos, acabaram ocasionando a contaminação e o comprometimento das águas de superfície das cidades e entornos, que hoje dificultam o processo de distribuição de água com qualidade para pessoas em que habitam. Todos os fatores citados a cima geram um aumento da demanda hídrica, que vem se tornando em algumas regiões consideravelmente maiores do que a capacidade de abastecimento, o que vem alavancando o custo deste recurso para a população mesmo sendo bem inconstantes (LOULY, 2008).

2.5 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SUA UTILIZAÇÃO

A saúde humana, o bem-estar do ser humano, a efetiva produção de alimentos, a progressão das indústrias, o equilíbrio de todo o ecossistema, estão de fato todos ligados e ao mesmo tempo ameaçados, a menos que haja uma conscientização de todos podendo preservar os recursos de água doce, para que sejam aproveitados de forma adequada nos próximos anos e muito mais do que tem sido agora. Além disso, temos outros contornos para a racionalização da água que é a captação e utilização da água de chuva de cobertura.

Figura 1 – Esquema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: TOMAZ, 2009.

Por meio de pesquisas e esquemas feitos outrora, este sistema vai garantindo um aprimoramento maior a cada dia na aplicação de tecnologias simples para podemos utilizar com sucesso, que é o grande intuito dos pesquisadores. As principais motivações que levam a decisão de se utilizar água de chuva segundo Tomaz (2009) são:

- Altas tarifas cobradas pelas concessionárias responsáveis pela distribuição da água nos municípios;
- Conscientização e percepção da necessidade de conservação da água;
- Exigência de lei específica para a utilização do método;
- Fornecimento instável de água potável nos municípios;
- Índice de aridez em regiões onde é maior ou igual a 0,50;
- Localidades onde a estiagem ultrapasse 5 meses;
- Rápido retorno dos investimentos aplicados (*Payback*);
- Regiões onde sua disponibilidade hídrica é inferior a 1200m³/habitante x ano.

As pesquisas já desenvolvidas determinaram a economia de água potável que um sistema de aproveitamento de água de chuva pode produzir. Em pesquisas realizadas por Ghisi (2006), a economia de água potável pode ser de 48% a 100%, dependendo da região geográfica brasileira estudada, sendo a região sul com uma economia de 82%.

Segundo Tomaz (2009), a água de chuva não pode ser aproveitada para fins potáveis e sim para utilizações, não substituindo a água potável tratada e devidamente livre de qualquer impureza. Esta água potável que é desinfetada com cloro e flúor, que é utilizada para o banho,

para comida e também para ser ingerida, cuja água é fornecida pelas concessionárias responsáveis.

2.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO MUNDO

Cada país utiliza um método de aproveitamento de água para que possa trazer benefícios tanto para a população quanto para irrigação de plantações.

A Alemanha é um país que o seu aproveitamento de água é destinado a irrigações de jardins e se adota 10m³/ano/100m², comércio, máquinas de lavar roupas, indústrias e descarga de bacias sanitárias, e isto vem sendo realizado desde o ano de 1980, sempre utilizada como fins não potáveis (TOMAZ, 2003).

Tabela 4 - Consumo de água residencial na Alemanha no ano de 1998

Quantidade de água irrigada por semana		Volume semanal em litros de água de irrigação para jardins conforme a área de jardim					
Polegadas	Centímetros	50 m ²	100 m ²	200 m ²	300 m ²	400 m ²	500 m ²
½"	1,27 cm	590	1179	2358	3537	4716	5895
1"	2,54 cm	1179	2358	4716	7074	9432	11790
2"	5,08 cm	2358	4716	9432	14148	18864	23580
3"	7,62 cm	3538	7076	14152	21228	28304	35380
4"	10,16 cm	4716	9432	18864	28296	37728	47160

Fonte: The Rainwater Technology Handbook (2001).

Vickers (2001) no que se refere a irrigação de jardins fornece a Tabela 4 adaptado por nós as nossas unidades para área de jardins de 50m² até 500m² e considerando a rega de jardim de ½" por semana até 4" por semana.

Os Países também passaram a adaptar em aeroportos captações de águas pluviais em pistas de decolagens com o intuito de as utilizarem em descargas de banheiros, podendo assim evitar problemas nas pistas como enchentes acarretando a causa de acidentes com aviões. E estas adaptações iniciaram em 1992 no Aeroporto de Chagi em Cingapura e isto abriu portas para novas áreas de pesquisas nos países como também na Austrália e nos Estado Unidos (GROUP RAINDROPS, 2002).

2.6.1 Aproveitamento de água de chuva no Brasil

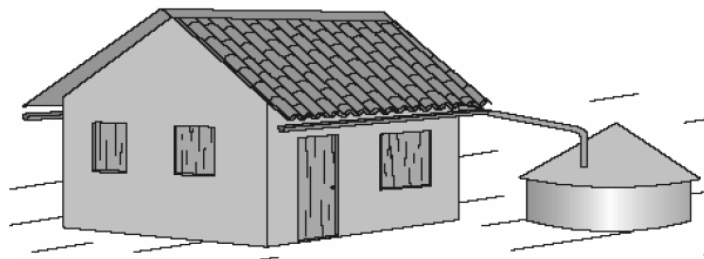
O Brasil está em 4º lugar, em relação aos países destaques na construção sustentável, seguido por Estados Unidos, China e Emirados Árabes (GONÇALVES, 2013).

O sistema de aproveitamento de água no Brasil iniciou-se no Nordeste pela grande falta de água com construções de cisternas. E o governo para melhorar as condições de fornecimento de água à população criou o centro de pesquisas do Trópico Semiárido (CPATSA, 1975).

No Sertão nordestino, este índice varia entre 250mm/ano a 600mm/ano (TOMAZ, 2003, p.22).

O sistema de aproveitamento de água no semiárido é simples, aproveitando a água captando-a pelos telhados e direcionando água até as cisternas como é demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de cisterna implementada na zona rural



Fonte: PORTO *et al.*, 1999.

Devido à falta de água em açudes, lagos e nos rios, a necessidade de água em regiões do Nordeste brasileiro, fazem com que ocorra uma utilização de água da chuva para complementar a necessidade nas atividades da agricultura e o uso doméstico (LIMA; MACHADO, 2008).

2.7 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

O aproveitamento de água é muito utilizado para a redução de fornecimento de água por companhias de abastecimento e também viável para a redução da escassez dos recursos hídricos obtendo a preservação do meio ambiente e evitando enchentes causadas por grandes

fluxos de águas, dentre estes existem vários recursos positivos relacionados perante o aproveitamento de águas (MAY, 2004).

Podem também ser citamos os demais pontos positivos relacionados ao aproveitamento de água de chuva (SIMIONI *et al.*, 2004):

- São utilizadas as estruturas de edifícios pelos telhados, lajes e rampas a captação;
- Uma quantidade mínima de impacto ambiental comparado aos meios de distribuição e captação de água;
- Com uma utilização de água para fins não potáveis não a necessidade de nenhum tratamento;
- O abastecimento de água serve como uma reserva de água em períodos emergenciais como nas secas e também quando ocorre a interrupção do abastecimento público.

Nas tabelas 5 e 6 estão os parâmetros de engenharia usados nos Estados Unidos para consumo residencial de água.

Tabela 5 - Parâmetros de Engenharia para estimativa da demanda residencial de água

Uso Interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	Pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do Banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,3	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minutos/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Nota: Não foi considerada a pressão nas instalações de 40m.ca

Fonte: TOMAZ, 2009.

Tabela 6 - Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo

Uso externo	Unidades	Valores
Casa com Piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: Frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim ½"x20m	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho de casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: TOMAZ, 2009.

A captação é realizada por vários fatores, considerando o tipo de telhado para não alterar as propriedades físico-químicas da água. E este sistema de captação pode ser separado por três elementos como a superfície de coleta, os reservatórios de armazenamento e um sistema de transporte de água coletada (OAS, 2005).

2.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ABNT NBR 15527:2007

A Norma NBR 15527:2007 refere-se à utilização da água de chuva captada por meio de coberturas em áreas urbanas, para fins não potáveis após devidos cuidados e tratamentos. Esta água captada através do sistema de coleta de água de chuva segundo a NBR 15527 (2007) pode ser usada para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados por aspersão ou gotejamento e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

Esta norma também apresenta materiais de complementação que são as referências normativas, para a execução do sistema de captação de água. São elas: Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (Qualidade de água para consumo humano – Água Potável):

- ABNT NBR 5626:1998, Instalação predial de água fria.
- ABNT NBR 10844:1989, Instalações de águas pluviais.
- ABNT NBR 12213:1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.
- ABNT NBR 12214:1992, Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.

- ABNT NBR 12217:1994, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

A Norma NBR 15527 (2007) fundamenta alguns termos e definições como:

- Água de chuva: É a água que é resultante de precipitações atmosférica e coletada através de coberturas e telhados inclinados, em que não haja fluxo de pessoas, nem automóveis.
- Água não potável: Água não potável é aquela que não está preparada para consumo e outros fins, ou seja, que não atende a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde.
- Área de captação: Superfície em metros quadrados, na qual é projetada na horizontal para que permita o escoamento da água, podendo ser telhados de residências ou indústrias.
- Coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff (C): É a associação entre o volume total escoado e o precipitado, modificando de acordo com cada superfície. (Este assunto será adentrado no tópico 2.11.)
- Conexão cruzada: Dispositivo ou peça de ligação que possa conectar as tubulações, fazendo com que uma delas conduza a água potável e a outra a não potável. Podendo ser também chamada de *Cross Connection*. Tomaz (2000) relata que ela é o ponto de contato entre a água potável e a água não potável, permitindo o fluxo da água de um sistema para o outro, através somente da pressão diferencial entre as duas, nomeado de conexão cruzada indireta. Esta se opõe a conexão cruzada indireta, denominada de retrossifonagem¹.
- Demanda: É a média do consumo em um determinado tempo (dia, mês, ano), que será utilizada para fins de água não potável.
- Escoamento inicial: Também conhecida como *First Flush*, enfatizado no item 2.19, é a água da chuva resultante da captação do sistema que carrega toda poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos acumulados no telhado após no mínimo de três dias consecutivos de seca.
- Suprimento: Fonte alternativa de água que pode complementar o reservatório de água de chuva, como água da concessionária que faz o abastecimento na sua região, caminhões pipas, poços, etc.

¹ Retrossifonagem: refluxo de água usada, proveniente de um reservatório, aparelho sanitário ou de qualquer outro recipiente, para o interior de uma tubulação, devido à sua pressão ser inferior à atmosférica Ghisi, (2004). Disponível em: <http://Artigofot_5632aguafbia_eghisi_atualizada_pdf.pdf>

A NBR 15527 (2007) também faz colocações gerais sobre: concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva; calhas e condutores; reservatórios, sendo eles o reservatório de descarte e de armazenamento; instalações prediais; qualidade da água; bombeamento e manutenção do sistema de captação de água de chuva. Os métodos de cálculos para o dimensionamento do reservatório de água de chuvas também são abordados, sendo eles:

- Método de Rippl;
- Método da simulação;
- Método Azevedo Neto;
- Método prático alemão;
- Método prático inglês;
- Método prático australiano.

2.9 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SEU FUNCIONAMENTO

O Sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva segundo Leal (2000), trabalha sequencialmente da seguinte forma:

- 1) Coleta da água em superfícies impermeáveis.
- 2) É tratada e depois armazenada em reservatório único ou dois reservatórios divididos em superior e inferior.
- 3) Feita a distribuição para fins não potáveis.

Figura 3 - Sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva com reservatório de autolimpeza

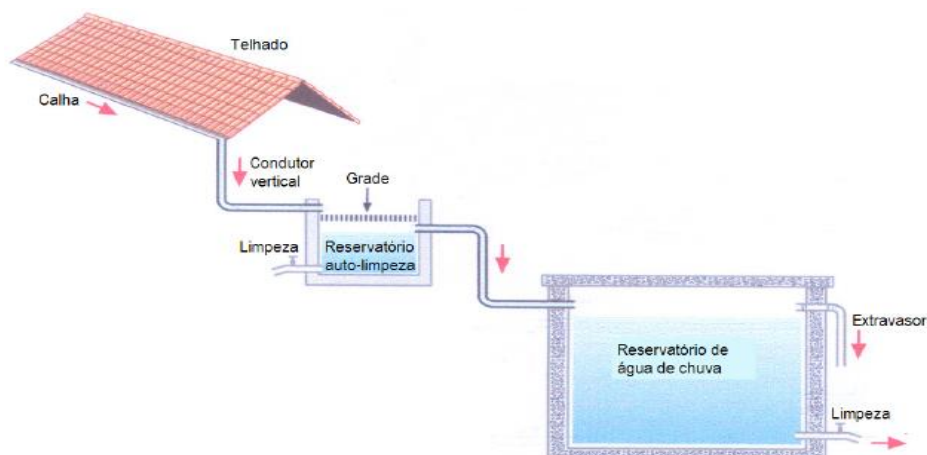
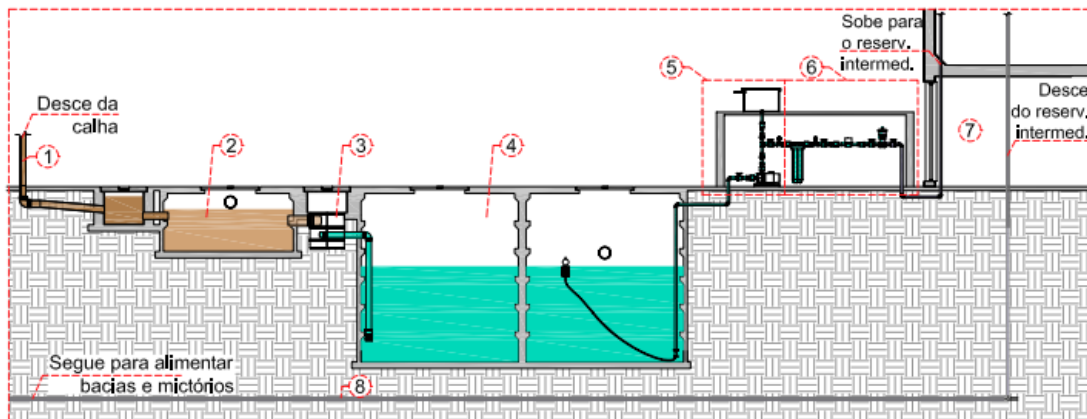


Figura 4 - Componentes do Sistema



Fonte: TOMAZ, 1998.

Disponível em: <
http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu_site/AP%20Download/Manual_Aproveitamento_chuva.pdf>. Acesso em: 27 out. 2015.

Descrição:

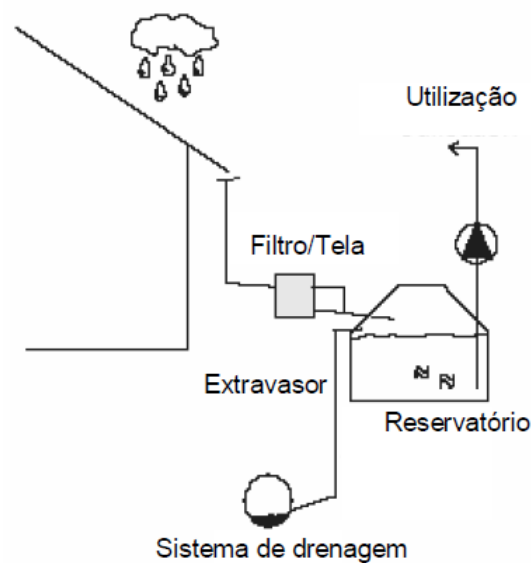
1. Captação;
2. Reservatório de autolimpeza;
3. Filtração - remoção de detritos;
4. Reservatório inferior (enterrado);
5. Bombeamento;
6. Tratamento;
7. Reservatório superior (intermediário do reservatório superior);
8. Distribuição e utilização.

O Sistema de aproveitamento de água de chuva em sua captação deverá atender suas normas complementares, ABNT NBR 5626 e a ABNT NBR 10844. O projeto deverá constituir o alcance do sistema, a população que irá desfrutar da água de chuva e a determinação da demanda que deverá ser calculada pelo projetista do sistema. Deverá ser incluso o estudo e a concepção dos índices pluviométricos da região onde será instalado o sistema de aproveitamento de água de chuva. (ABNT NBR 15527, 2007)

Segundo Herrmann e Shmida (*apud* ANNECCHINI, 2005) dentre as inúmeras formas de aproveitamento da água de chuva, podemos ressaltar quatro formas principais, que sua distribuição dependendo da utilização é feita com o auxílio de uma bomba pressurizadora d'água:

a) Sistema de fluxo total: Este sistema funciona a partir da captação da água pela superfície e encaminhada diretamente ao reservatório de armazenamento. Antes de chegar ao reservatório a água passa por um filtro ou uma tela. Neste reservatório contém um extravasor, que quando o nível atinge o máximo, o que excede é encaminhado ao sistema de drenagem.

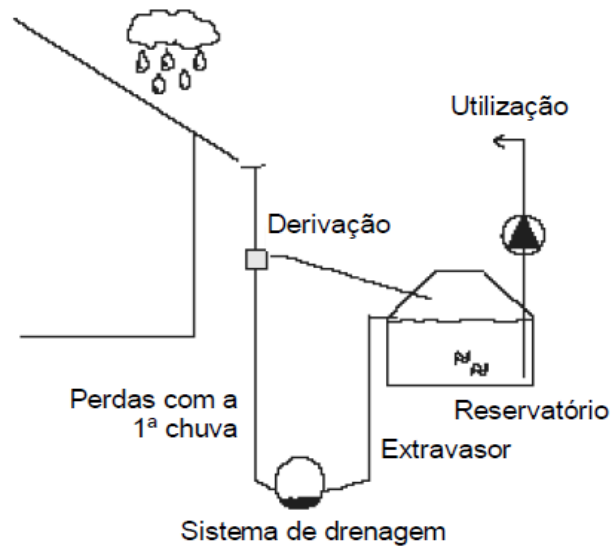
Figura 5 - Sistema de fluxo total



Fonte: HERRMANN; SCHMIDA (*apud* ANNECCHINI; VACCARI, 2005).

b) Sistema com derivação: Conhecido também como sistema autolimpante, neste sistema é instalada uma derivação no tubo condutor vertical da água de chuva, tendo como objetivo o descarte da primeira chuva, que é direcionada ao sistema de drenagem. O sistema também pode ser em alguns casos aprimorado em questão de limpeza da água, instalando um filtro ou uma tela na derivação. Este sistema também utiliza o mesmo procedimento do anterior em caso de atingir o nível máximo do reservatório, sendo direcionado para o sistema de drenagem.

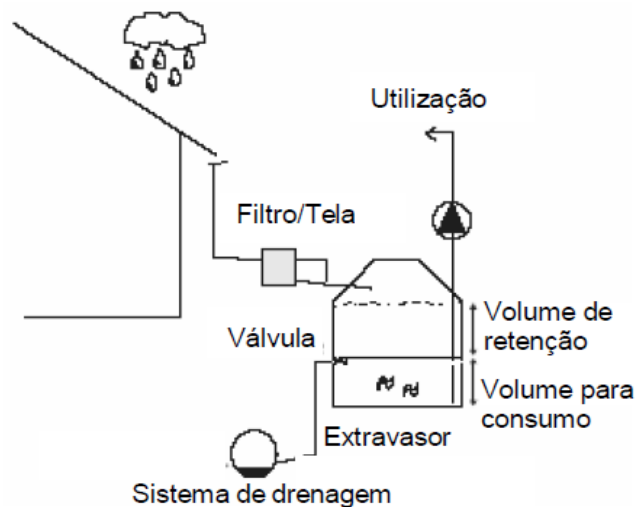
Figura 6 - Sistema com derivação



Fonte: HERRMANN; SCHMIDA (*apud* ANNECCHINI; VACCARI, 2005).

c) Sistema com volume adicional de retenção: Diferente dos sistemas anteriores, o reservatório construído deverá ser maior, capaz de estocar uma quantidade de água que possa suprir a demanda e também em caso de necessidade de armazenamento de um volume adicional para evitar inundações. Neste sistema, contém uma válvula que regula a saída de água correspondente ao volume de extra do reservatório para o sistema de drenagem.

Figura 7 - Sistema com volume adicional de retenção



Fonte: HERRMANN; SCHMIDA (*apud* ANNECCHINI; VACCARI, 2005).

2.10 ELEMENTOS PARA COMPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES

O sistema de aproveitamento de água de chuva é formado pela área de captação, calhas e condutores, sistema de descarte da água de limpeza do telhado (*By Pass*), peneira, reservatório e extravasor (TOMAZ, 2009):

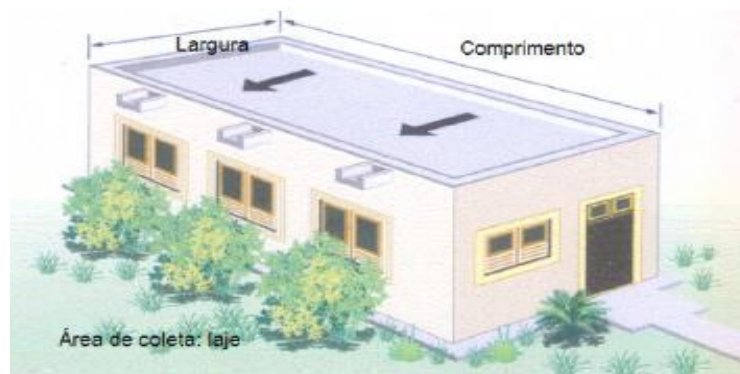
- **Área de captação:** Segundo May (2008), as áreas utilizadas para captação de água de chuva, são os telhados e as coberturas impermeabilizadas das edificações, podendo ter um tratamento adequado para a retirada de impurezas, aproveitando pátios, calçadas e estacionamentos para fazer a coleta da água de chuva. De acordo com Tomaz (2008), são os telhados das casas ou indústrias os mais utilizados. Estes telhados podem ser de telhas cerâmicas, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, plásticas, etc. As imagens abaixo mostram áreas de captação de água pluvial:

Figura 8 - Área de captação - telhado



Fonte: WATERFALL, 2002.

Figura 9 - Área de captação - laje impermeabilizada



Fonte: WATERFALL, 2002.

Figura 10 - Área de captação - telhado e pátio



Fonte: WATERFALL, 2002.

- Calhas e condutores: Podendo ser de PVC ou metálicos, para a captação da água da chuva é necessário também das calhas (coletores horizontais) e condutores verticais (Figura 11). Para dimensionamento desses componentes pode ser consultada a ABNT NBR 10.844/89 - Instalações prediais de águas pluviais.

Figura 11 - calha e condutor vertical



Fonte: HARVESTING BRASIL, 2012.

- Sistema de descarte da água de limpeza do telhado (*By Pass*): São estimadas perdas de 10% a 33% do volume precipitado, ou seja, nem toda água de chuva captada é aproveitada. Essas perdas são provenientes de vazamentos, evaporação e outros, descreveu Tomaz (2003). Além disso, segundo Tomaz (2009), a primeira chuva é aquela que remove a sujeira do telhado, podendo ser desviadas do reservatório e descartadas automaticamente através de dispositivos de autolimpeza. É também conhecido como *First Flush*.
- Peneira: Utilizada para remoção de materiais que estão na superfície ou em suspensão. Essas peneiras são de telas de 0,2 mm a 1,0 mm (THE RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK, 2001, p. 91).

- Reservatório: Segundo May (2008), poderá ser calculado o volume do reservatório de água de chuva quando é conhecida a área de captação, o índice pluviométrico da região e a demanda mensal de água da edificação. Segundo Tomaz (2009) podendo ser apoiado, elevado ou aterrado e executado com diferentes métodos construtivos, sendo eles: Concreto armado, blocos de concreto, blocos cerâmicos, plástico, polietileno, fibra de vidro, aço, etc.
- Extravasor: Também conhecido como ladrão (TOMAZ, 2009), este dispositivo segundo Herrmann e Shmida (*apud* ANNECCHINI, 2005) é responsável pelo escoamento da água quando o nível do reservatório atinge o seu máximo.

2.11 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (OU COEFICIENTE DE RUNOFF)

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *Runoff*, segundo May (2009), é a relação entre o volume de água que escoar na superfície de determinada área de captação e o volume total da precipitação em determinada região. O coeficiente varia de acordo com a inclinação e com o material da superfície de captação (PHILIPPI, 2006).

Nem todo o volume de água de chuva precipitado pode ser aproveitado, isso devido a perdas citadas anteriormente no item 2.10., no tópico Sistema de descarte da água de limpeza do telhado (*By Pass*). O coeficiente de *Runoff* é representado pela letra C (TOMAZ, 2009).

Na tabela 7 abaixo, apresenta os coeficientes de *Runoff* de acordo com o material da área de captação.

Tabela 7 - Coeficiente de Runoff médios conforme o material da superfície

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUNOFF
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico. PVC	0,9 a 0,95

Fonte: TOMAZ (*apud* COUTO, 2012).

Segundo Tomaz (*apud* COUTO, 2012), o melhor valor do coeficiente de Runoff a ser adotado é $C = 0,95$.

Na tabela 8 abaixo de acordo com Pacey (*apud* TOMAZ, 2003), apresenta alguns coeficientes de escoamento superficial utilizados em alguns países.

Tabela 8 - Coeficiente de escoamento superficial

LOCAIS	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL
Flórida	0,67
Alemanha	0,75
Austrália	0,80
Ilhas Virgens	0,85

FONTE: PACEY (*apud* TOMAZ, 2003).

O volume de água de chuva a ser aproveitado é dado pela fórmula (ABNT NBR 15527/2007):

$$V = P \times A \times C \times \eta_{first\ flush} \quad (1)$$

Onde:

V = volume da cisterna em litros

P = precipitação média mensal (mm)

C = coeficiente de Runoff do telhado (adimensional)

$\eta_{first\ flush}$ = rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema

A = área do telhado em projeção (m²)

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), a determinação do $\eta_{first\ flush}$, leva em consideração o dispositivo de descarte de sólidos e desvio do escoamento inicial, se o último for utilizado, que será mostrado no item 2.19.

2.12 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Segundo Botelho (*apud* BRANCO, 2010) os elementos hidrológicos devem ser levados em conta de preferência há intensidade pluviométrica da região e o tempo de regressão do projeto, baseando se na área e a inclinação do telhado.

De acordo com Tucci (2001), as características principais da precipitação é o seu total de (mm) e a duração (tempo), o total precipitado não tem significado se não estiver ligado a uma duração.

O Pluviógrafo como demonstrado na (figura 12) é o aparelho que mede o nível de mm/h expresso ao qual determinando o volume de chuva que cai em um intervalo de tempo.

Figura 12 - Pluviógrafo



Fonte: BRANCO (apud UFPEL, 2010).

A equação geral da relação IDF usada neste trabalho é dada na forma:

$$i = \frac{K * T^m}{(t + B)^n} \quad (2)$$

Onde i é a intensidade máxima, geralmente em mm/h; T expressa a frequência em termos do tempo de recorrência, em anos; t é a duração da chuva, geralmente em minutos; B , n , m e K são constantes do local (SRINIVASAN *et al.*, 2004).

2.13 CALHAS E CONDUTORES

Philippi *et al.*, (2006), afirma que para a utilização da água de chuva é necessário um completo funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, sendo que nas edificações que usufruem devem conter calhas coletoras e condutores para o direcionamento da água captada aos reservatórios.

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), as calhas e condutores verticais e horizontais devem atender a ABNT NBR 10844/89 de instalações prediais de águas pluviais.

A NBR 10844/89 (ABNT, 1989) evidencia que:

- As calhas deveram ser feitas de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.
- Os condutores verticais podem ser feitos de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre ou canais de concreto ou alvenaria.

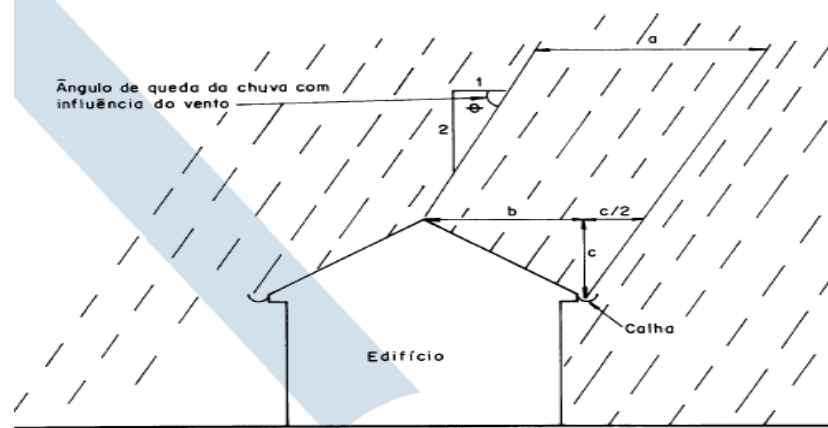
Para fins de projeto, a determinação do índice pluviométrico deve ser tomada com base os dados pluviométricos da região, sendo que é feita com valores determinados para a duração da precipitação e seu tempo de retorno (ABNT NBR 10844/89).

Ainda sobre definições da NBR 10844/89 (ABNT, 1989):

- Áreas com coberturas até 100m² de projeção horizontal, pode-se adotar a intensidade de chuva de 150mm/h.
- A duração da precipitação deve ser fixada em 5 minutos ($t = 5\text{min}$).
- Em caso de constatar com precisão os valores de tempo de concentração da precipitação e de intensidade pluviométrica, estes poderão ser utilizados.
- Para os períodos de retorno devem ser adotados, $T=1$ ano para áreas pavimentadas onde empoçamento possa ser tolerado, $T=5$ anos para coberturas ou terraços, $T=25$ anos para coberturas e áreas na qual não podem ser tolerados empoçamentos ou extravasamentos.
- Quando em superfícies inclinadas ou verticais, para fins de cálculo de quantidade de chuva a ser captada, leva-se em consideração a ação dos ventos. É adotado um ângulo de inclinação da chuva igual a $\text{arc tg}^2 \theta$, considerando o vento na direção em que ocasionar a maior quantidade de chuva a ser captada pelas superfícies utilizadas, como mostra abaixo na figura 13.

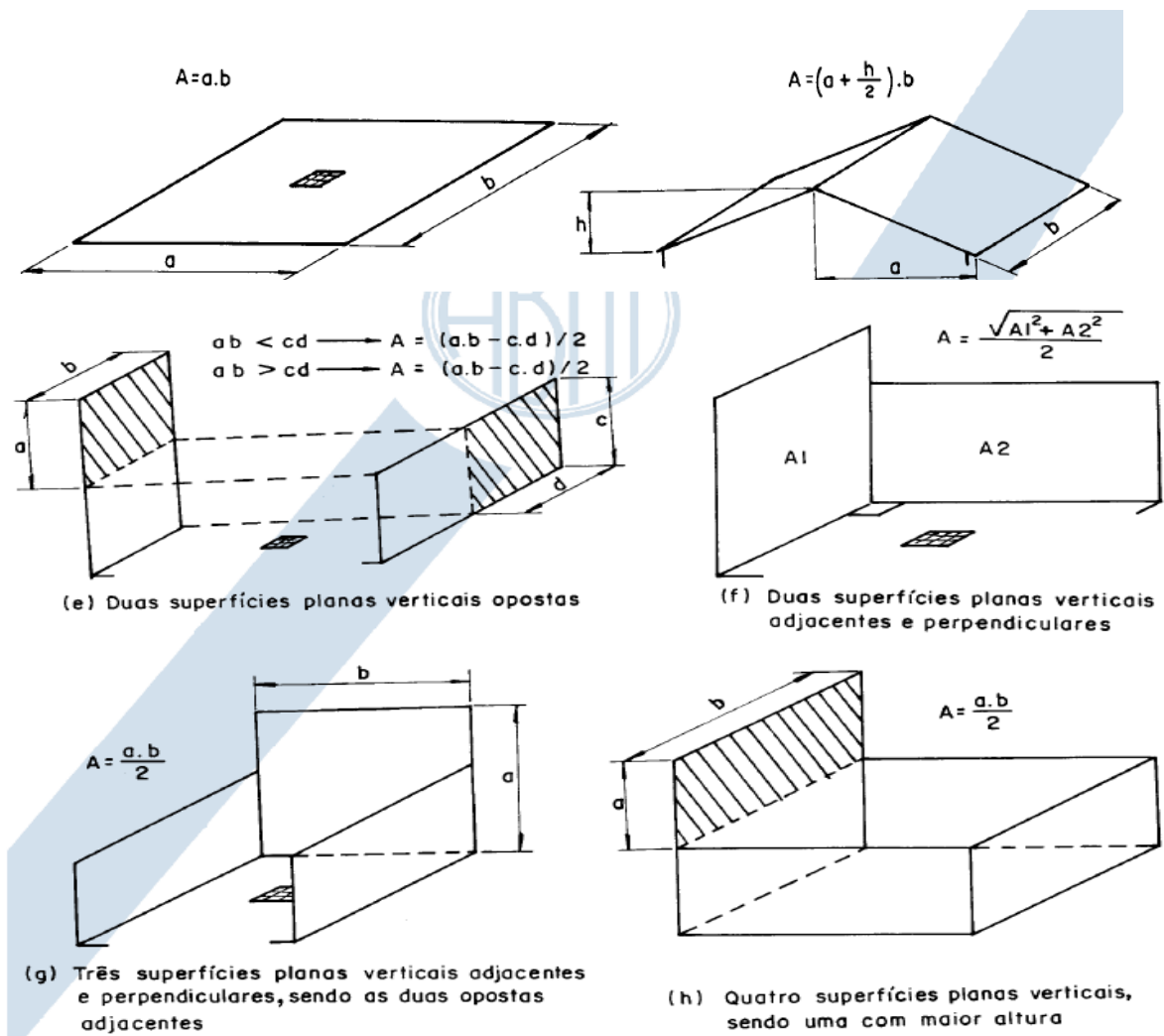
Na figura 13 as fórmulas para cálculo da área de captação para diferentes formatos de coberturas, que segundo Werneck (*apud* COUTO, 2012), na situação de projeto deverá fazer o somatório das áreas de captação correspondentes.

Figura 13 - Influência dos ventos na quantidade a ser captada



Fonte: NBR 10844 (ANBT, 1989).

Figura 14 - Cálculo para áreas de captação



Fonte: NBR 10844 (ANBT, 1989)

Tomaz (*apud* COUTO, 2012), aponta que o período de retorno no Brasil deverá ser maior ou igual a T=25 anos em função do problema das ilhas de calor.

Para o cálculo de vazão na calha é dada pela equação (ABNT NBR 10844/89):

$$Q = (I \times A) \div 60 \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão de pico (l/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m²)

De acordo com a NBR 10844/89 (ABNT, 1989), a vazão de projeto deverá ser multiplicada pelos coeficientes da tabela 9, quando em calhas de beiral ou platibanda a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção. Ainda em consideração das calhas de beiral ou platibanda, suas inclinações deverão ser iguais e com valor mínimo de 0,5%.

Tabela 9 - Coeficientes da vazão de projeto

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

Fonte: NBR 10844 (ANBT, 1989)

Segundo a NBR 10844/89 (ABNT, 1989), para o dimensionamento das calhas é adotada a forma de Manning-Strickler, e para determinar a vazão do projeto deve ser multiplicado pelos valores da tabela 10:

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão do projeto (L/min)

S = área da seção molhada (m²)

n = coeficiente de rugosidade de Manning (Tabela 9)

R = raio hidráulico (m)

i = declividade da calha (m/m)

K = 60.000

P = perímetro molhado (m)

RH = P/S = raio hidráulico (m)

Tabela 10 - Coeficiente de rugosidade de Manning

Material	N
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (ANBT, 1989)

Segundo a NBR 10844/89 (ABNT, 1989), para o dimensionamento dos condutores verticais são dadas as seguintes diretrizes:

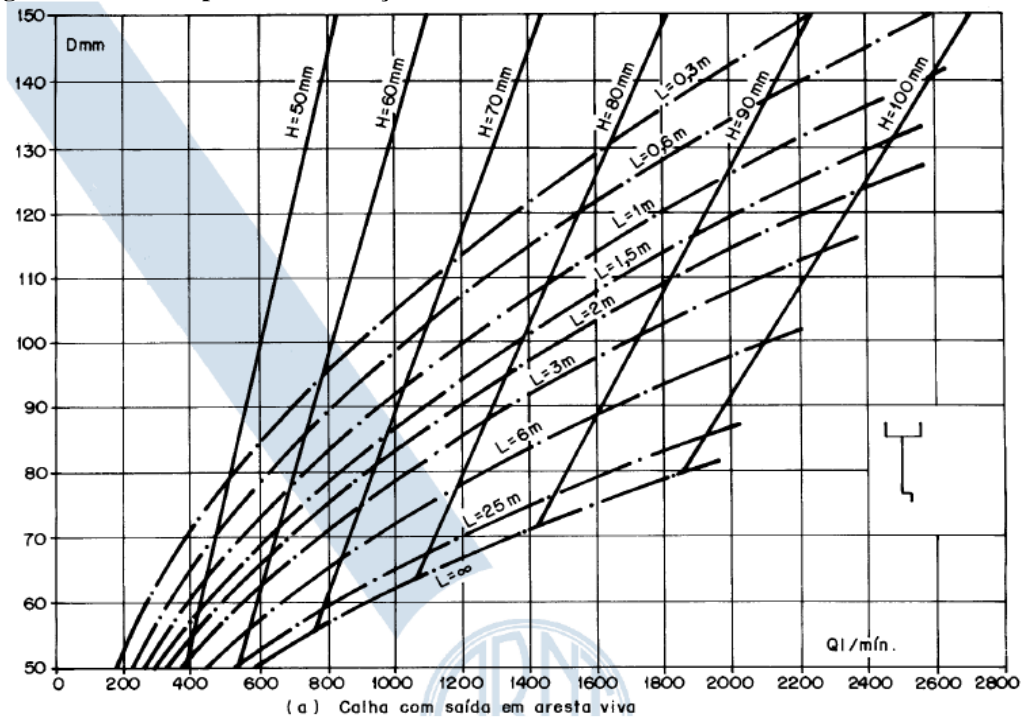
- O diâmetro interno é obtido através dos ábacos da figura 15 e 16 e o diâmetro mínimo dos condutores verticais de seção circular é de 70mm.
- Para fins de projeto, em caso de necessidade de desvios na tubulação, devem ser adotadas curvas de 90° de raio longo e curvas de 45°, sendo previstas peças de inspeção.
- Para dimensionamentos deverão ser adotados os seguintes dados:

Q = vazão de projeto (l/m)

H = altura da lâmina de água na calha (mm)

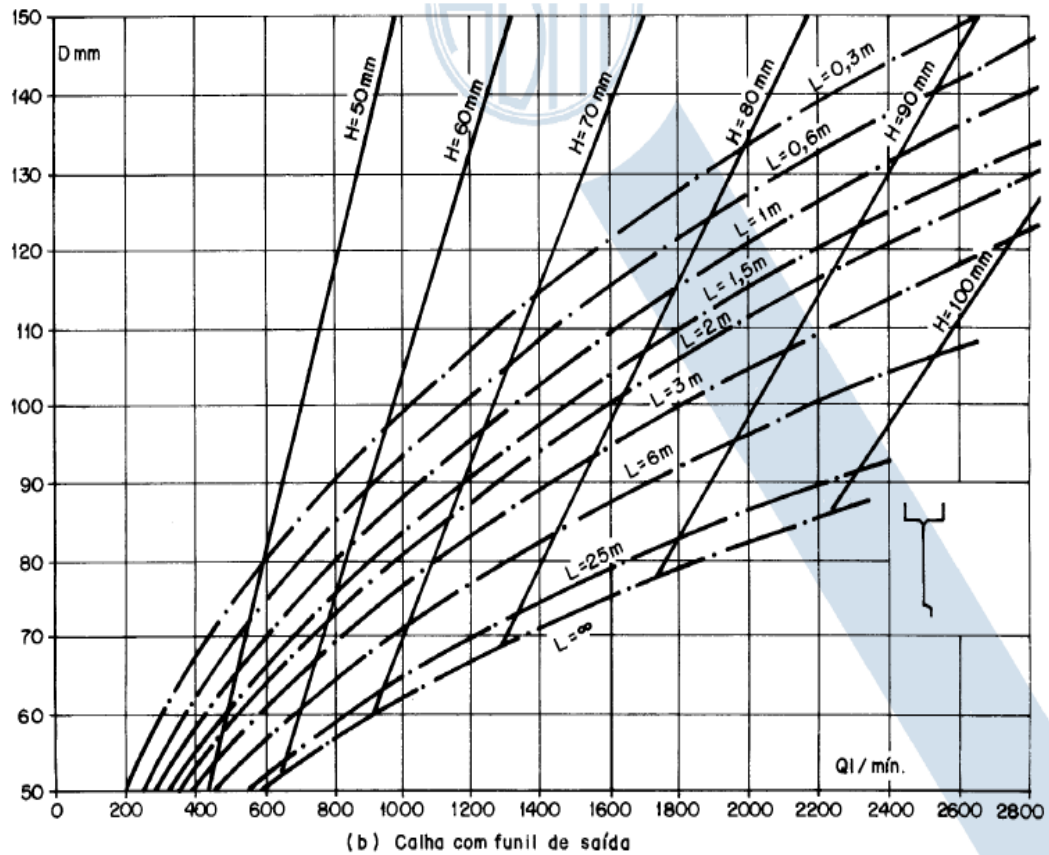
L = comprimento do condutor vertical (m)

Figura 15 - Ábacos para determinação de diâmetros de condutores verticais calha com aresta viva



Fonte: NBR 10844 (ANBT, 1989).

Figura 16 - Ábacos para determinação de diâmetros de condutores verticais calha com funil de saída



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Para o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular, de acordo com a NBR 10844/89 (ABNT, 1989):

- Deve ser feito para lâmina de altura igual a $\frac{2}{3}$ do diâmetro interno do tubo (D).
- As vazões para tubos com diferentes rugosidades (n), seguem na tabela 11.
- Para tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que houver ligações com outra tubulação, mudança de inclinação, mudança de direção e também a cada 20 metros de trecho direto.

Tabela 11 - Capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular (L/min)

Diâmetro Interno (D) (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013				
	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	0,5	1	2	4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	130	182	257	3650	119	167	236	335	110	154	218	304
7	250	235	331	466	6620	215	303	428	607	199	280	396	560
8	300	382	538	750	1080	350	493	696	987	323	456	642	911
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: NBR 10844 (ANBT, 1989).

Em caso de tubulações que ficarão enterradas, deverão ser previstas caixas de areia sempre que estiver uma ligação com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e também a cada 20 metros de trecho direto.

Dispositivos para remoção de detritos deverão ser instalados nas calhas e condutores, sendo eles grades e telas que atendam a (ABNT NBR 10844/89).

Segundo a NBR 15527/2007, os reservatórios deverão atender à ABNT NBR 12217.

2.14 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

A qualidade das águas pluviais podem variar em relação ao grau de poluição do ambiente. De maneira geral os poluentes se incorporam a água de chuva durante a precipitação atmosférica. Os principais fatores determinantes da qualidade da água de chuva são a localização geográfica, a proximidade do oceano, a proximidade de áreas com vegetação, áreas

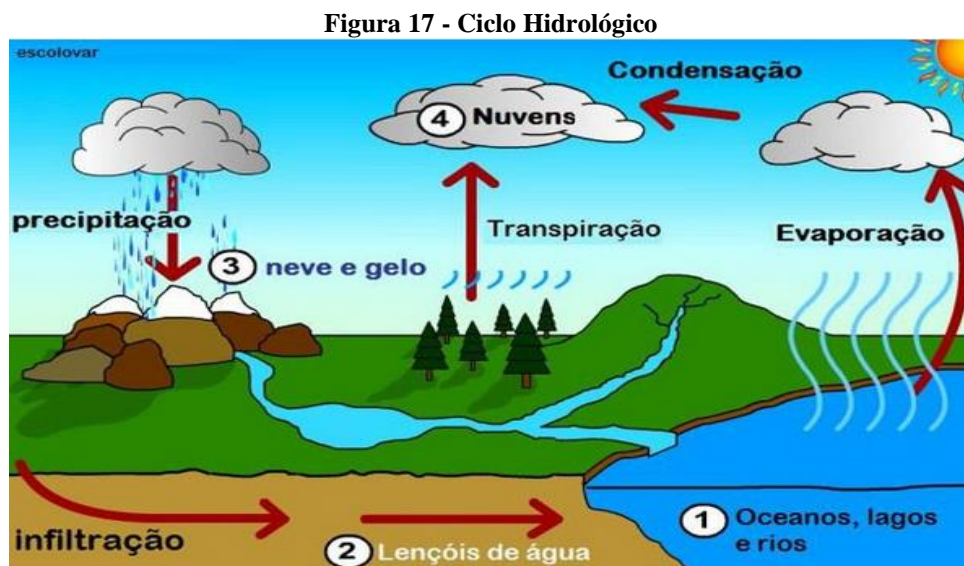
mineradas e indústrias e também as condições meteorológicas e as estações do ano (GIACCHINI *apud* COUTO, 2012).

2.14.1 Qualidade da água de chuva antes de tocar o solo

A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estações do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora (PLÍNIO, 2003).

Conforme Pessoa (2007) qualidade da água antes de ela tocar o solo depende de uma série de fatores como posição geográfica, frequência de chuvas, duração da chuva, presença ou não de emissores de poluição na região analisada, etc.

Próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar e distantes da costa estão presentes elementos de origens terrestres como sílica, alumínio e ferro e de origem biológica nitrogênio, fósforo e enxofre (PLÍNIO, 2003).



Fonte: Disponível em: <<http://www.coladaweb.com/geografia/ciclo-da-agua>>. Acesso em: 21 out. 2015.

Segundo Oliveira (2008) as águas que caem nos continentes possuem três destinos: a que penetra no solo, escorrem diretamente para os cursos de água ou evaporam-se. A água é encaminhada pelo subsolo de forma lenta até os rios e através dos rios são direcionadas até os mares que é o chamado Ciclo Hidrológico como demonstrado na (Figura 17) que tem um funcionamento há bilhões de anos, sustentando a vida e tendo participação no ciclo biológico.

Em área o pH da água confere por volta de 5,65 tendo assim um fator comum é maior parte das áreas, já nas áreas urbanas notamos um pH inferior pela devida combinação da água com o dióxido de carbono tendo assim um ácido fraco além de possuírem íons como o oxigênio de nitrogênio, dióxido de enxofre, chumbo, etc (PESSOA, 2007).

A região do Brasil do Estado do Espírito Santo até o Rio de Grande do Sul é considerada área com problemas potenciais para chuvas ácidas. (ONU *apud* OLIVEIRA, 2008).

2.14.2 Qualidade da água da chuva após escoar sobre a superfície impermeabilizada

No aproveitamento da água de chuva a primeira área de captação é o telhado que dependendo do material poderá ter uma maior contaminação como por exemplo, fezes de passarinhos, pombas, fezes de outros animais como os ratos, folhas, poeira, tintas, etc (TOMAZ, 2003).

Conforme Lye (2009) os telhados podem apresentar metais que prejudicam a saúde humana por exemplo Zinco – danos ao pâncreas e rim, anemia infantil; Alumínio – provoca danos ao sistema nervoso, decréscimo da formação óssea em criança; Chumbo – danos cerebrovasculares, anemia e danos cerebrais em crianças. Ferro e arsênio também podem ser encontrados. Cobre – danos ao fígado e rins, decréscimo do desenvolvimento fetal; Manganês – danos ao sistema nervoso, decréscimo da capacidade de aprendizado em crianças; Zinco – danos ao pâncreas e rim, anemia infantil.

A média de coliforme fecal achado nos telhados cerâmicos foi de 8/100ml e 65/100ml para coliformes totais. Para telhados de chapa galvanizados achou-se 5/100ml e 15/100ml de coliforme fecais e totais respectivamente. Para telhados com asfalto tratado, achou-se 5/100ml e 15/100ml de coliforme fecais e totais respectivamente. (TOMAZ, 2003)

2.15 FILTROS E COMPONENTES

Por não serem muito conhecidos, mas são encontrados em mercados destinados hidráulica, estes equipamentos tem-se o objetivo de filtragem das pequenas impurezas que venham a passar pela tubulação de aproveitamento de água de chuvas, será demonstrado estes produtos relacionados a filtragem (WERNECK, 2006).

2.15.1 Filtros de descida 3p de descida rainus

O filtro 3P Rainus é um produto fabricado em PVC pela empresa 3P Technik, como é demonstrado na (figura 18), de fácil manuseio com intuito de retirar detritos da água da chuva como, lama folhas, areia e podendo ser instalado pelo próprio usuário. Sua área de captação máxima varia de 60 m² a 70 m² tendo assim uma vazão aproximada de 0,6 litros/segundo, entorno de armazenagem de água limpa de 2 m³ (WERNECK, 2006).

Figura 18 - Filtro 3P Rainus



Fonte: ECOÁGUA, 2012.

2.15.2 Filtro de descida fs e stfs

Os filtros são fabricados de aço inox ou cobre com capacidade de filtragem de áreas de telhados de 150 m², tendo assim um recolhimento de água de 90% e filtragem partículas de até 0,28 mm detritos como insetos, musgos, galhos, folhas e são instalados nas descidas dos telhados, considerados como filtros de descida produzidos pela Wisy (AQUASTOCK, 2012).

Figura 19 - Filtros FS STFS



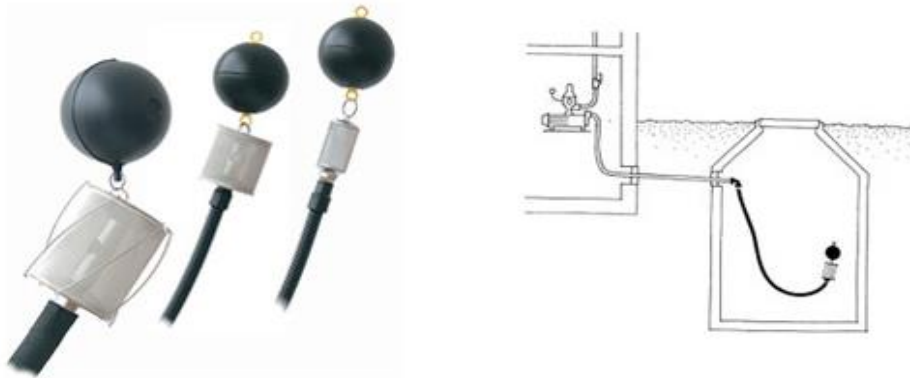
Fonte: AQUASTOCK, 2012.

2.15.3 Filtro flutuante de sucção

É utilizada boia de plástico onde é colocado o tubo de $\frac{3}{4}$ juntamente com o filtro de entrada da sucção, sendo assim a água do reservatório não pode ser removida do fundo e sim da superfície (TOMAZ, 2011).

Os filtros flutuantes têm o objetivo de filtrar as partículas de sujeiras até 0,3 mm que estejam presentes nos reservatórios evitando problemas com as bombas e podendo ter uma qualidade mais adequada da água. Elas são implantadas na tomada de água da bomba, que recolhe a água para o abastecimento dos pontos de consumo. Mais conhecido como filtros de sucção Wazy (figura 20) encontrados de forma em aço inox e boia em polietileno também são utilizados nos pré-filtro no reuso das águas dos poços. (AQUASTOCK, 2012).

Figura 20 - Filtros flutuantes de sucção



Fonte: Aquastock, 2012.

2.15.4 Boia de mercúrio

Segundo Ferpi (2015) a boia de mercúrio figura 21 é uma capsula de Ps-auto impactado, com capacidade externa de 60° e internamente com interruptor de mercúrio devidamente fechado a vácuo obtendo assim uma maior durabilidade.

A boia de mercúrio possui duas funções Ferpi (2015) como:

- Função superior é quando se deve manter a caixa d'água sempre cheia chegando ao nível esperado ela desliga a bomba limitando qualquer desperdício.

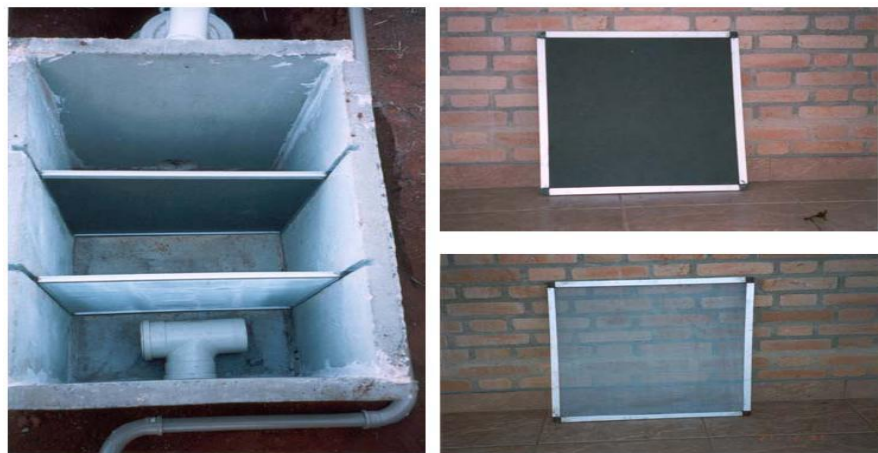
- Função inferior quando é necessário manter a caixa d'água e o reservatório sempre vazios.

Figura 21 - Boia de Mercúrio

Fonte: FERPI, 2015.

2.15.5 Filtro *IN LOCO*

O filtro *in loco* apresentado na Figura 22 é composto por uma caixa de concreto armado com duas telas, sendo uma metálica de malha Φ 2mm e uma composta por uma manta geotêxtil de densidade 16 fixadas em perfis metálicos e colocadas no tanque de forma que fique firme para o recolhimento do material a ser filtrado (CAMPOS, 2004).

Figura 22 - Filtro in loco

Fonte: HERNANDES (apud CAMPOS, 2004).

2.15.6 Filtro vf1 e vf6

O Filtro é usado apenas de um lado dependendo das disposições das tubulações que descem das calhas, tendo assim uma área superior a 100 m² a conexão é necessária ser feita

pelos dois lados por necessitar de uma maior vazão, este filtro atende telhados com áreas de captação de no máximo 200 m² o da (Figura 23) e 1500 m² (Figura 24) (COSTA, 2007).

Segundo a empresa 3P Technik do Brasil Ltda (2012) o filtro tem o objetivo de limpeza pelo princípio das calhas, a sujeira mais grossa como folhas, galhos, insetos, etc, passam pelas cascatas indo diretamente para a galeria pluvial de esgoto. Depois deste processo a água de chuva segue em direção a tela de malhas de 0,26 mm que se situam abaixo das cascatas, e esta própria tela encaminha a sujeira fina, sendo enviada para a canalização autolimpante, tendo assim um intervalo de manutenção reduzido e as águas limpas encaminhadas para a cisterna.

Figura 23 - Filtro VF1 Volumétrico



Fonte: FT ÁGUA DE CHUVA, 2012.

Figura 24 - Filtro Volumétrico VF6



Fonte: ECOHABITAT, 2012.

2.15.7 Filtros Vortexwff

Os filtros Vortex tem a eficiência de filtragem de 90%, com interrupção de partículas de até 28 mm, com este sistema a sua filtragem atendendo os telhados até 200 m² (WFF 100), 500 m² (WFF 150) e 3.000 m² (WFF 300). Tendo um material resistente de carcaça de polietileno com elementos de aço inox como demonstra na figura 25, e pode ser instalado de forma aterrada ou exposta (WERNECK, 2006).

Figura 25 - Filtros Vortex



Fonte: AQUASTOCK, 2012.

2.15.8 Sifão ladrão

O sifão ladrão tem o objetivo de eliminar água, quando há o acúmulo excessivo na cisterna de água proporcionando o bloqueio dos cheiros nas galerias pluviais, limitando a entrada de animais na cisterna, tem a capacidade de arrastar impurezas para fora da cisterna tendo assim um melhor funcionamento e controle de água como demonstrado o sifão na Figura 26 (FT ÁGUA DE CHUVA, 2012)

Figura 26 - Sifão Ladrão



Fonte: LEROY MERLIN, 2015.

2.16 FREIO D'ÁGUA

Segundo o Ecohabitat, (2015) é um sistema adaptado no fundo da cisterna unido a saída de água limpa do VF1 de forma a obter um turbilhamento que entre e aconteça neste aparato, fazendo com que os sedimentos que ficam no fundo cisterna fiquem mais estáveis. Costa (2007) apresenta que a parte inferior da água tem um recebimento de oxigênio na água estocada afastando a possibilidade através deste oxigênio de um processo anaeróbico na água parada fazendo com que a água se torne fresca e a sujeira é depositada no fundo da cisterna e na figura 27 é demonstrado sistema de freio d'água.

Figura 27 - Sistema de freio d'água



Fonte: ECOHABITATBRASIL, 2015.

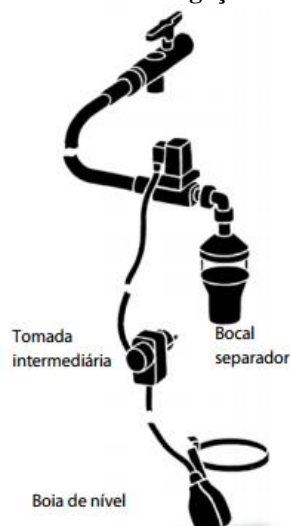
2.17 KITS DE INTERLIGAÇÃO AUTOMÁTICA

O Kit de interligação da wisy como é demonstrado na figura 28 foi criada para o abastecimento automático do reservatório de água de chuva através de outra fonte em caso de períodos de secas que há um longo período sem chuvas. Nela a uma boia que detecta o baixo nível de água no reservatório acionando uma valvula chamada solenoide permitindo a entrada da água pública ou de outras determinadas fontes (AQUASTOCK, 2015).

Segundo Couto (2012) o sistema de aproveitamento de água de chuva deverá possuir o kit de realimentação automática de água potável para não haver a falta de água no estabelecimento a ser implantado o sistema. A entrada de água potável deverá ter uma entrada de dois diâmetros acima do extravasor garantindo para que não ocorra uma conexão cruzada.

Os kits são compostos de torneira, mangueira, acionador de descarga (válvula solenoide), conector, boia de nível e bocal separador para evitar contato de água de chuva e água de rede (AQUASTOCK, 2012).

Figura 28 - Kits de interligação automática



Fonte: AQUASTOCK, 2015.

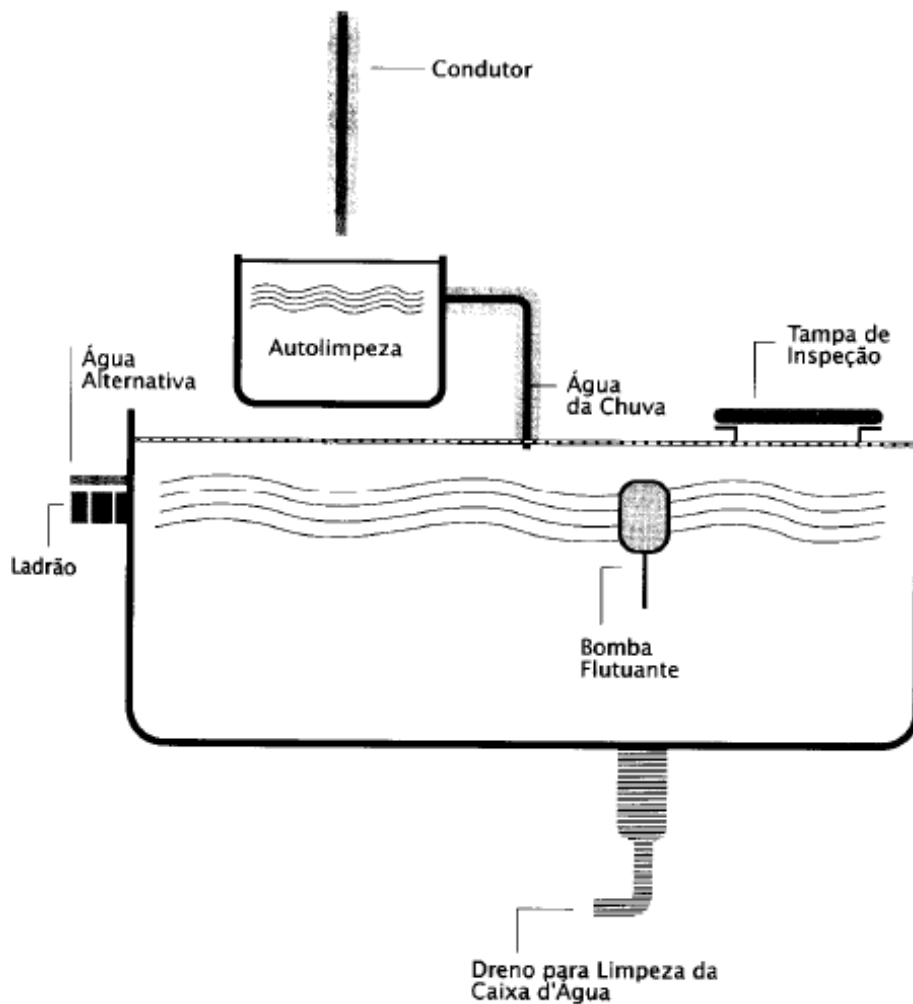
2.18 DIMENSIONAMENTO E CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS PARA FINS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.

Para a autolimpeza, isto é, o não aproveitamento da água de lavagem do telhado devido a impurezas, é utilizada regra prática. Na Flórida utiliza-se 40 litros para cada 100m² para volume do reservatório de autolimpeza, ou seja, 0,4 L/m² (TOMAZ, 2011).

Segundo Dacach (*apud* TOMAZ, 2011), o reservatório de autolimpeza deve ter capacidade para armazenar 0,8 a 1,5 L/m² de telhado).

Segundo a NBR 15527/2007, os reservatórios deverão atender à ABNT NBR 12217/1994, projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Ainda sobre a NBR 15527/2007, no reservatório devem conter extravaso ou ladrão, dispositivo de esgotamento ou dreno para limpeza, cobertura, tampa de inspeção, ventilação e segurança. Na figura 29, a representação do reservatório de água de chuva (TOMAZ, 1999).

Figura 29 - Representação do reservatório de água de chuva



Fonte: TOMAZ, 1999.

De acordo com Bertolo (2006), o reservatório de armazenamento é o componente mais caro do sistema de aproveitamento de água de chuva, sendo assim seu dimensionamento deve ser bem-sucedido para que o sistema não fique inviabilizado economicamente. A capacidade de armazenamento do reservatório interfere não somente no custo, mas também na

efetividade do sistema, suprindo as necessidades da demanda de consumo. Assim sendo, seu dimensionamento deve seguir os devidos critérios técnicos, econômicos e ambientais considerando as boas práticas da engenharia (ABNT NBR 15527/2007). Os métodos de dimensionamento devem atender a ABNT NBR 15527/2007. Estes métodos serão detalhados nos próximos itens.

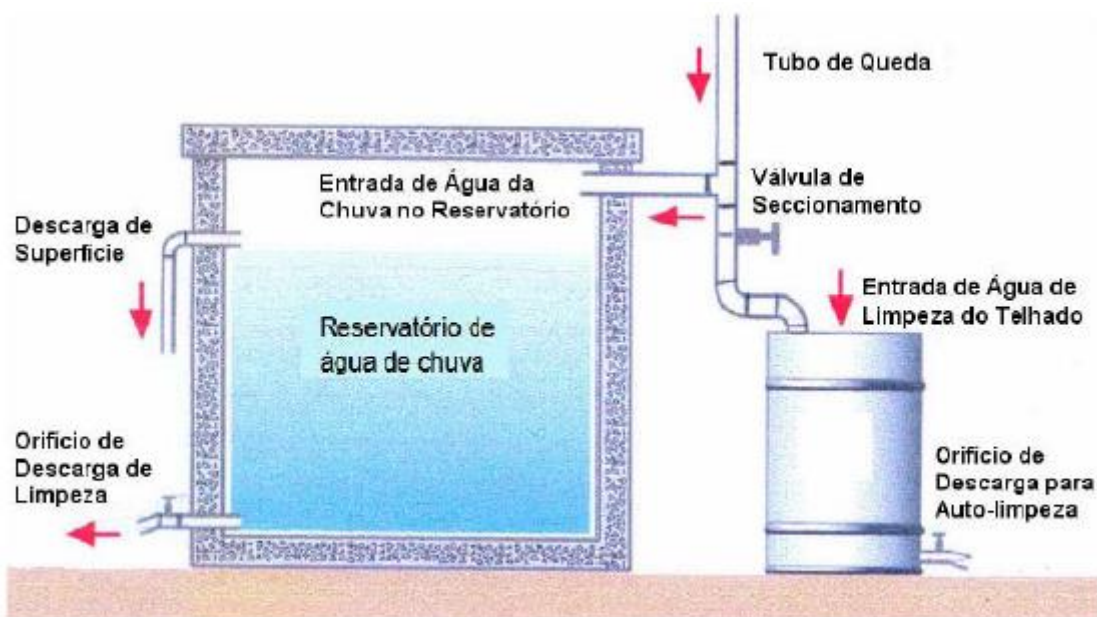
2.19 FIRST FLUSH OU DESCARTE DA PRIMEIRA ÁGUA DA CHUVA.

O descarte das primeiras chuvas ou First flush ocorre quando a chuva cai sobre o telhado após três dias de seca, eliminando os primeiros milímetros de chuva que evidencia o acúmulo de muita fuligem, poeira e poluentes tóxicos da atmosfera.

Conforme Wang (2009) o uso dos telhados é bastante favorável por ser um dos meios mais limpos considerados a captações pelo chão, como estradas, pisos e por possuir uma menor poluição antropológica tendo assim um melhor recuso.

O excesso de sujeira da primeira chuva poderá ser deslocado automaticamente por dispositivos de autolimpeza, podendo assim ser evitada a necessidade da retirada manualmente de detritos (TOMAZ, 2011).

Figura 30 - Reservatório de água de chuva com reservatório para rejeição de água de limpeza de telhado "Tonel"



Fonte: DACACH (*apud* MAY, 2004).

O sistema de tonel como demonstrado na figura 31, atua de forma a receber a água pelo telhado que é recolhida pela calha e guiada até o reservatório do tipo tonel devendo a ser abastecido por um pequeno orifício com 0,5 cm de diâmetro de paredes (DACACH *apud* BERTOLO, 2006).

Segundo Tomaz (2003) para determinar o dimensionamento do diâmetro da tubulação de saída do reservatório de autolimpeza é utilizada a fórmula da equação do orifício:

$$Q = C_d \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0,5} \quad (5)$$

Q= Vazão de descarga (m³/s);

A= Área da seção transversal do orifício (m²);

g= Aceleração da gravidade

h= Altura da água sobre a geratriz superior da galeria da tubulação (m);

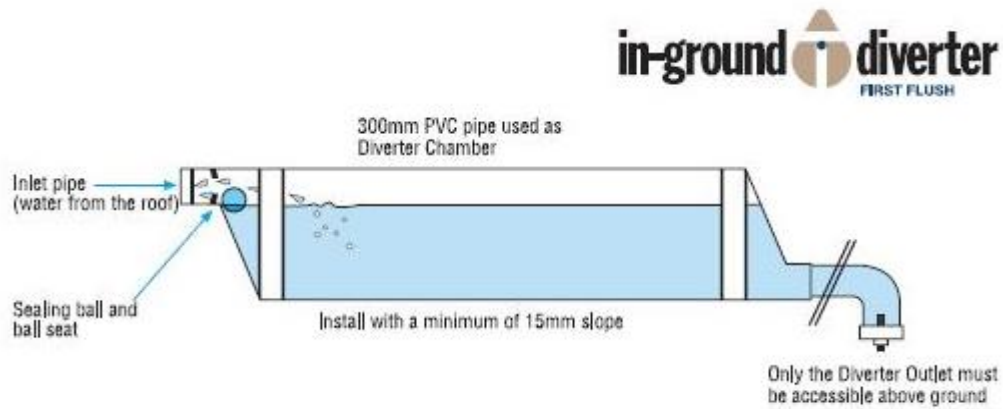
C= 0,62= coeficiente de descarga do orifício (adimensional).

De acordo com Tomaz (2011) a forma mais eficaz é utilizar a altura média do valor de h para a equação anterior.

Conforme Tomaz (1998) a utilização da superfície de telhado na florida é em torno de 0,40 litros por m² tendo um volume com capacidade para 0,40 l/m². Já os reservatórios devem ter entre 0,8 a 1,5 l/m² de área de telhado Dacach (1990).

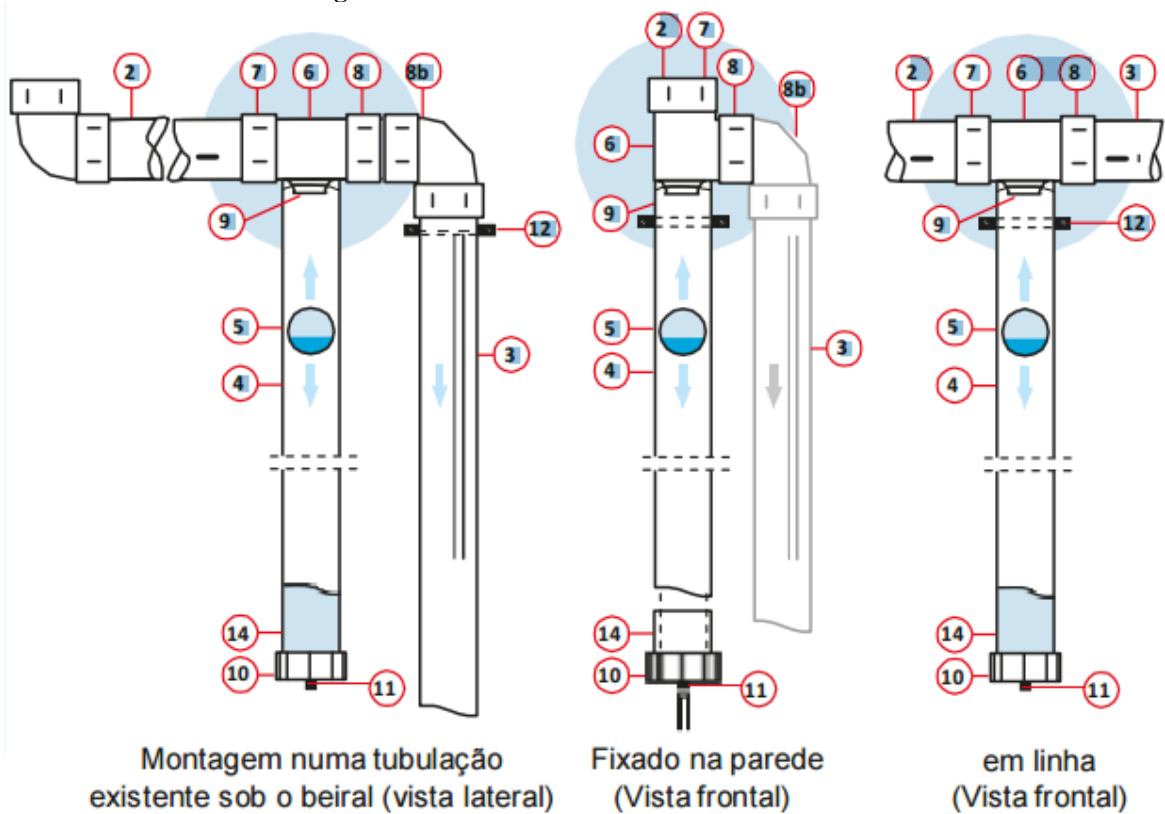
A Empresa Harvesting Brasil (2015) apresenta o separador de fluxo que se trata de um sistema de vedação de modo a desviar automaticamente o fluxo de água limpa para o reservatório como demonstrado nas (figura 31) e (figura 32). Uma vez este tubo cheio, a água da chuva passa a fluir para o tubo de queda que a conduz ao reservatório de armazenamento e uma válvula de descarte vagaroso proporciona o esvaziamento do reservatório de descarte depois da chuva e reinicie automaticamente.

Figura 31 – Sistema do separador de fluxo automático



Fonte: Harvesting Brasil, 2015.

Figura 32 - Válvulas de controle de fluxo automático



Fonte: Harvesting Brasil Especificações do produto, 2015.

2.20 RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A eliminação da primeira chuva é necessária um tratamento substituído pela água de chuva que também foi estudado pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico Hagemann (2009).

Conforme Hagemann (2009) os materiais mais utilizados para um reservatório é o concreto, alvenaria, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno. O reservatório deve ser situado o mais perto dos pontos de consumo tendo uma menor distancia para a condução da água e em uma superfície como o solo ou de forma aterrada.

Outro componente do sistema, além do telhado, é o reservatório de armazenamento da água da chuva. Enquanto que o telhado é um custo assumido na maior parte dos projetos, o reservatório representa o investimento mais significativo no sistema de recolha de água da chuva. De forma a maximizar a eficiência do sistema, o seu plano de construção deverá refletir decisões acerca da sua melhor localização, da sua capacidade e da seleção do material. (BERTOLO, 2006).

Através da equação a seguir, simplificada e apresentada por, dimensionou-se o reservatório de armazenamento da água de chuva (PHILIPPI *et al.*, *apud* GRIJÓ, 2012):

$$V_{res} = (Q_{ex} + Q_{int}) \times D_s \quad (6)$$

Onde:

V_{res} = volume do reservatório (m³);

D_s = número máximo de dias consecutivos sem chuva.

2.20.1 Método de Rippl

Este método, também chamado de Método do Diagrama de Massas, é o que mais aparece nas bibliografias que tratam desse assunto. Desenvolvido no século XIX há uma série de críticas sobre a sua utilização baseadas principalmente no fato de esse método ter sido, a princípio, desenvolvido para grandes reservatórios, podendo ultrapassar e extrapolar valores os volumes de reserva (AMORIM; PEREIRA, 2008).

De acordo com Tomaz (2011), em hidrologia, é comum o uso do diagrama de massas para regularização de vazões em reservatórios, isto é, o estudo que garante o abastecimento constante d'água tanto no período chuvoso quanto no seco.

Geralmente se usa uma serie de precipitações mensais para se aplicar o método de Rippl de modo a usar series sintéticas que se estabelece com base na série histórica dando uma melhor compreensão nos cálculos Tomaz (2011).

Conforme Garcez (1960) o diagrama de massa *Rippl* pode ser resolvido para demanda constante ou para demanda variável e podendo ser utilizada para uma demanda constante pelo método analítico e pelo método gráfico. O Método consiste na determinação do volume baseando na forma de captação e na precipitação registrada de forma que nem toda água precipitada seja armazenada ou correlacionada ao volume do consumo mensal de forma constante e variável (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Conforme a NBR 15.527 (ABNT, 2007), o dimensionamento deve ser utilizado com a seguinte equação:

$$S(I) = (I) - Q(t) \quad (7)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva (t),} \times \text{área de captação}$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t), > 0$$

Sendo que: t D (,) Z Q (t)

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

D é a demanda ou consumo no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Tabela 12 - Planilha para cálculo pelo método de Rippl

Meses	Precipitação (mm)	Demanda (m ³)	Área de captação (m ²)	Vol. Mensal de chuva (m ³)	Vol. Chuva acumulada (m ³)	Demanda Acumulada (m ³)	Diferença entre volume chuva e demanda (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8

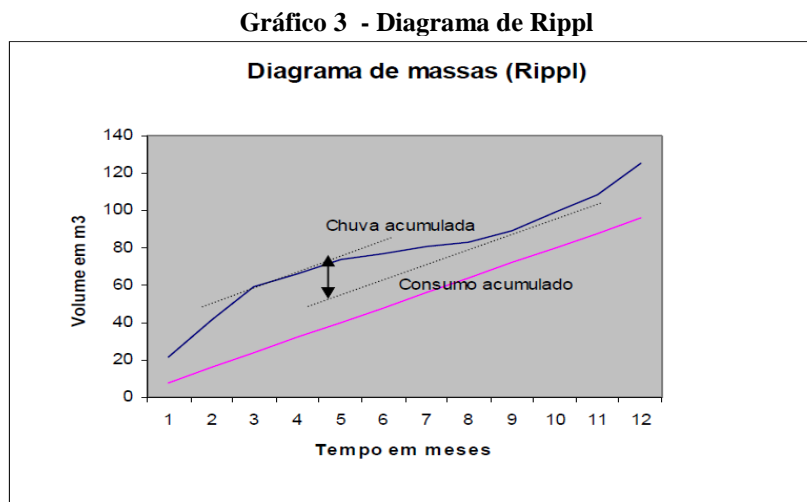
As colunas presentes na Tabela 12 representam (TOMAZ, 2011):

- C1 = período de tempo em meses;
- C2 = chuvas médias mensais (mm);
- C3 = demanda mensal (m³);
- C4 = área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. A área de captação é a projeção do telhado sobre o terreno (m²);
- C5 = volumes mensais disponíveis da água de chuva (m³);
- C6 = diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática a C3 menos a C5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível.
- C7 = diferenças acumuladas da C6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitido a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não serão computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda).

Começa-se com a soma pelos valores positivos, prosseguindo até que a diferença se anule, desprezando todos os valores negativos seguintes, recomeçando a soma quando aparecer o primeiro valor positivo.

- C8 = o preenchimento da C8 é feito usando as letras E, D e S, sendo: E a água e caindo pelo extravasor; D o nível de água baixando e S o nível de água subindo.

O Diagrama de Rippl pode ser colocado em um gráfico para facilitar a compreensão conforme a Gráfico 3 (TOMAZ, 2011):



Fonte: TOMAZ, 2011.

2.20.2 Método da análise de simulação

Neste Método existe uma maneira de calcular o volume de um reservatório para determinar o que acontecerá com a água que ficará de sobra (overflow) e com a água que vai faltar (suprimento do serviço público ou caminhão tanque) Tomaz, (2011).

Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2007) não levando em conta a evaporação da água, foi aplicada a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (8)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$ (11)

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 de reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Conforme Tomaz (2003) foram realizadas duas hipóteses básicas para o método da análise de simulação como:

- a) o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t” e
- b) os dados históricos são representativos para as condições futuras

Na tabela 13 está sendo demonstrado o modelo de planilha tendo assim um exemplo de aplicação do método de reservatório (NUNES, 2008).

Tabela 13 - Planilha para cálculo do Método de Simulação

Meses	Chuva média (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório do tempo t-1 (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo
Coluna 1	P Coluna 2	Dt Coluna 3	A Coluna 4	Qt Coluna 5	V Coluna 6	St-1 Coluna 7	St Coluna 8	Ov Coluna 9	S Coluna 10

Fonte: TOMAZ, 2011. (Modificado)

De acordo com Tomaz (2011):

- C1 = Constam os meses do ano;
- C2= Chuvas médias mensais (mm);
- C3= Demanda mensal (m³);
- C4 = Área de captação da água de chuva (m²);
- C5 =O volume de água de chuva é a coluna 2 x coluna 4 x C (coeficiente de *Runoff*) /1000 para o resultado sair em metro cúbicos.
- C6 = Volume do reservatório que é fixado.
- C7 = Volume do reservatório no início da contagem do tempo. Supõe-se que no início do ano o reservatório está vazio e que, portanto, a primeira linha da coluna 7 referente ao mês de janeiro será igual a zero. Os demais valores são obtidos usando a função SE do Excel: SE (coluna 8 < 0; 0; coluna 8).

- C8 = Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Obtêm-se a coluna 8 da seguinte maneira: coluna 8 = SE (coluna 5 + coluna7 – coluna 3 > coluna6; coluna7; coluna5 + coluna7 – coluna3).

C9 = É relativa ao overflow, isto é, quando a água fica sobrando e é jogada fora. Obtém-se da seguinte maneira: coluna9 = SE (coluna5+ coluna7- coluna3) > coluna6; coluna5 + coluna7 – coluna3 – coluna6; 0).

- C10 = É a coluna da reposição da água, que pode vir do serviço público de abastecimento, caminhão tanque ou de outra procedência. Coluna10 = SE (coluna7 + coluna5 – coluna3 <0; - (coluna7 + coluna5 – coluna3); 0).

Conforme McMahon (2003 *apud* TOMAZ, 2011) a melhor definição para a falha (Pr) é a relação entre o número de meses que o reservatório não atendeu a demanda (nr) e o número total de meses (n) como é demonstrado na equação seguinte:

$$Pr = nr/n \quad (12) \quad (9)$$

A confiança (Rr) representa a proporção do tempo em que o reservatório atende à demanda. É o complemento da falha (Pr) (TOMAZ, 2011):

$$\text{Confiança} = Rr = (1 - Pr) \quad (13) \quad (10)$$

McMahon e Mein, (1978, *apud* TOMAZ, 2012a) definiu a confiabilidade volumétrica em certo período pelo quociente do volume total de água fornecido pela demanda total.

$$Rv = 100. \frac{\text{volume total fornecido pela água de chuva}}{\text{demanda total anual}} \quad (11)$$

Segundo Tomaz (2011) o Método da Análise de Simulação é o melhor método para se avaliar um reservatório.

Conforme AMORIM; PEREIRA (2008), o Método de Análise de Simulação é bastante viável tendo uma maior capacidade de armazenamento podendo assim analisar detalhadamente a variação do volume.

2.20.3 Método prático brasileiro (Método Azevedo Neto)

O método Azevedo Neto utiliza uma série de precipitação de forma anual relacionando com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. É definido como o volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada pelo telhado e o número de meses com pouca chuva ou seca (FONTANELA, 2010).

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007) o método apresenta o volume de água aproveitável sendo o volume do reservatório:

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (12)$$

Sendo que:

P = Precipitação média anual (mm);

N = Quantidade de meses de pouca chuva ou seca;

A = Área de coleta em projeção (m²)

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

De acordo com Andrade (2011) a determinação do parâmetro (T) varia para cada região geográfica, visto que a distribuição de chuva é bastante irregular.

2.20.4 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório: 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável, Andrade, (2011). Dentro da precipitação aproveitável, é considerado apenas a área de coleta do telhado. Este se assemelha em partes com a forma também empírica inglesa, porém compara o volume de chuva aproveitável com a demanda anual (FONTANELA, 2010):

$$\text{Vadotado} = \text{mín} (V, D) \times 0,06 \quad (13)$$

Onde:

V = volume aproveitável de água de chuva anual.

D = demanda anual de água não potável.

Vadotado= volume de água do reservatório.

2.20.5 Método prático inglês

Conforme Fontanela *et al*, (2012) o método é empregado com precipitações de chuva anuais e com área de captação. Por ser uma metodologia simples tendo assim uma armazenagem de 5% do volume coletado do telhado. Da mesma forma que os Métodos de Método de Azevedo Neto e o Método Prático Alemão, o Método Prático Inglês de dimensionamento de reservatório pode ser empregado apenas séries anuais, trabalhando apenas com a precipitação média de chuva anual e com a área de captação da residência (FONTENELA, 2010):

$$V = 0,05 * P * A \quad (14)$$

Sendo:

P = Valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A = Valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²)

V = Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

2.20.6 Método prático australiano

Neste método foi obtido através de uma série histórica mensal da precipitação. De forma a analisar a quantidade de chuva mensal calculado a melhor forma par ao volume do reservatório. É responsável pela correção do volume de água coletada pela área de captação e volume final realizado através de tentativas. Para uma análise deste volume, o método se dispõe através de verificações se dando por valores de confiança para a quantidade de meses que houve o atendimento do volume para a demanda exigida (FONTANELA *et al.*, 2012).

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007) o volume da chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (15)$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

P = precipitação média mensal (mm);

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A = área de coleta (m²);

Q = volume mensal produzido pela chuva (m³).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta que o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório (COUTO, 2012):

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (16)$$

Onde:

Qt = volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³);

Vt = volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³);

Vt-1 = volume de água que está no tanque no início do mês t (m³);

Dt = demanda mensal (m³).

Em nota a NBR 15527 (ABNT, 2007) acrescenta que para o primeiro mês, considere-se o reservatório vazio. Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$ (COUTO, 2012).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%, conforme a equação acima (COUTO, 2012).

A Tabela 14 apresenta a o modelo da planilha que será utilizada para demonstrar os cálculos de volume do reservatório através do Método Prático Australiano (COUTO, 2012).

Tabela 14 - Planilha para cálculo do Método Prático Australiano

Mês	Chuva média mensal (mm)	Área de captação (m ²)	Runoff C	Interceptação (mm)	Volume de chuva mensal (m ³)	Demanda cons- tante mensal (m ³)	(t) (m ³)
-----	-------------------------	------------------------------------	----------	--------------------	--	--	-----------------------

Fonte: Modificado, TOMAZ (*apud* NUNES, 2008).

2.21 BOMBAS

Quando necessário por falta de pressurização, o bombeamento deverá atender a ABNT NBR 12214 (ABNT NBR 15527/2007). Além disso, a NBR 15527 evidências que deverão ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e a seleção do kit motor-bomba, mostrado na figura 33.

Figura 33 - Conjunto motor-bomba



Fonte: TOMAZ (*apud* TOMAZ, 2009).

Produzido pela Wisy, faz o recalque da água para os pontos de consumo por pressão e não por sucção. A localização da bomba é no interior do reservatório (Figura 33), dispensa ainda a necessidade de um local específico para a instalação da bomba, ocultando o ruído de funcionamento (WERNECK *apud* COUTO, 2012).

2.22 REGISTRO DE ACIONAMENTO RESTRITO

O Sistema de aproveitamento de água de chuva deve ter um sistema de economia de água por sistemas de acionamento restrito para que pessoas não há utilizem de forma advertidamente proporcionando um desperdício e fazendo com que o aproveitamento não seja eficaz. O registro deve ser utilizado principalmente em torneiras como demonstrado na (figura 34), (CARLON, 2005).

Figura 34 - Torneira com acionamento restrito



Fonte: DOCOL (*apud* COUTO, 2012).

A torneira com acionamento restrito é acionada com uma chave destacável que fica com o usuário após a utilização (DOCOL *apud* COUTO, 2012).

Segundo a (NBR 15527:2007) os pontos de consumo, como, por exemplo, uma torneira de jardim, devem ser de uso restrito e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição "água não potável" e identificação gráfica como apresenta a (Figura 35).

Figura 35 - Placa de advertência para a não ingestão da água não potável



Disponível em: <<http://www.seton.com.br/placa-de-perigo-aacutegua-natildeo-potaacutevel-improacutepria-para-beber-c0132.htm>>. Acesso em: 07 out. 2015.

2.23 MANUTENÇÃO

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) a frequência de manutenção em todo sistema de aproveitamento de água de chuva, é feita de acordo com a Tabela 15.

Tabela 15 - Frequência de manutenção no sistema de aproveitamento de água de chuva

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

Fonte: NBR 15527 (ANBT, 2007)

2.24 PAYBACK

Conforme Ramos (2005) a melhor forma de se ter uma avaliação de um investimento é através de metodologias determinísticas, sendo assim com base em coeficientes consolda-

dos tendo de determinar a Taxa Interna de Retorno – TIR e o Valor Presente Líquido – VPL, que darão suporte econômico financeiro ao referido investimento adotado. Além das ferramentas citadas acima podemos determinar a relação benefício custo e o *Payback*, sendo necessário a elaboração de um fluxo de caixa dando-lhe a importância dos coeficientes (SECURATO, 1993).

Payback é o período de tempo necessário para obter o benefício da recuperação de investimento inicial, a partir das entradas de caixa. É relativamente simples e seu uso é bastante difundido, pois é visto como uma técnica não sofisticada, que não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo (RAMOS, 2005).

Para determinar qual o projeto de *Payback* mais viável com um investimento de US\$ 42.000, segue um exemplo na tabela 16:

Tabela 16 - Exemplo do uso do *Payback*

Ano	Projeto A	Projeto B
Entrada de caixa		
1	14.000	12.000
2	14.000	10.000
3	14.000	10.000
4	14.000	10.000
5	14.000	10.000
<i>Payback</i>	3 anos	2,24 anos

Fonte: TOMAZ, 2009.

Conforme TOMAZ, (2009) para se achar o *Payback* no projeto A, faz-se o seguinte:

$$\text{US\$ } 42.000 / \text{US\$ } 14.000 = 3 \text{ anos}$$

Para o projeto B:

Neste caso as entradas de caixas não são constantes e, portanto, devem ser acumuladas até a recuperação do investimento Tomaz, (2009):

$$28.000 + 12.000 = 40.000 \text{ (2anos)}$$

$$28.000 + 12.000 + 2.000 = 42.000 \text{ 2,4meses}$$

$$10.000 / 12 \text{meses} \times A = 2.000 \text{ sendo } A = 2,4 \text{meses}$$

Portanto, o *Payback* será de 2,24meses

$$28.000 + 12.000 + 10.000 = 50.000 \text{ (3anos)}$$

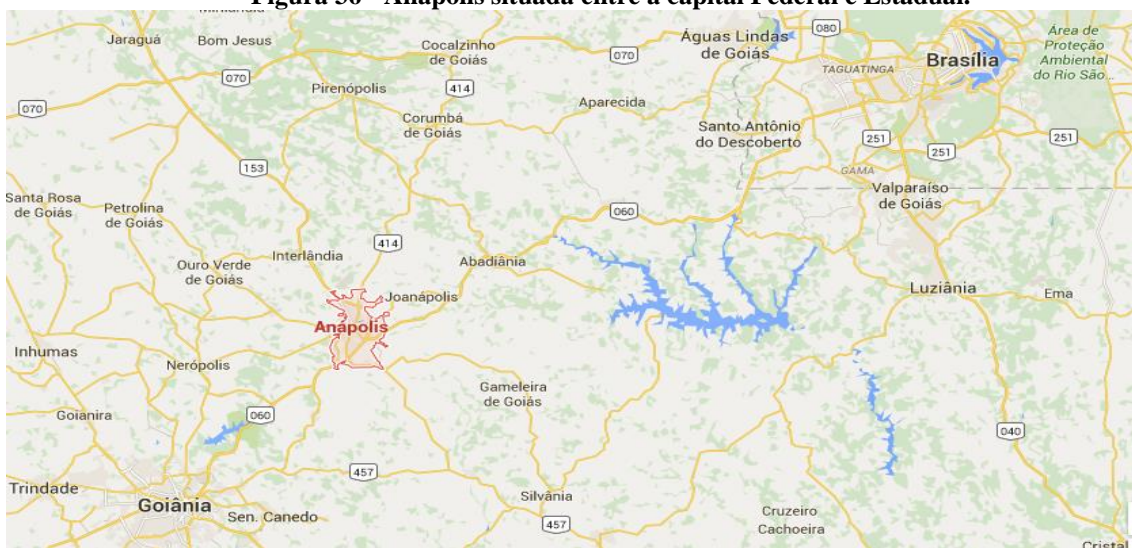
3 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida para elaboração deste projeto de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA, foi composta por um conjunto de etapas estabelecidas por intermédio da revisão bibliográfica e visitas rotineiras ao local, relacionadas a seguir:

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL E ELABORAÇÃO DE LEVANTAMENTO DA ARQUITETURA POR MEIO DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA (AMBIENTE CAD) DA EDIFICAÇÃO A SER ESTUDADA.

O Centro Tecnológico, no qual foi feito o estudo para a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva está localizado no campus do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, na Avenida Universitária Km. 3,5 – Cidade Universitária – Anápolis – Goiás. A cidade situa-se entre duas grandes cidades, Goiânia, capital do estado de Goiás e a Brasília, capital Federal, como demonstrado na figura 36 a seguir. Foi elaborado um levantamento arquitetônico em ambiente CAD e um relatório fotográfico, representando graficamente e tecnicamente a edificação em conjunto com uma análise completa desta por meio de visitas e obtenção de informações, na qual foram imprescindíveis na elaboração do estudo para a implantação do sistema.

Figura 36 - Anápolis situada entre a capital Federal e Estadual.



Fonte: Google Maps, 2015.

3.2 ANÁLISE E ESCOLHA DOS APARELHOS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS A SEREM CONTEMPLADOS NO SISTEMA.

Após a avaliação e compatibilização do projeto, realizou-se a análise dos aparelhos que são contemplados, atendendo as normas da ABNT NBR 15527:2007, que se aplica ao uso da água de chuva somente para consumo não potável, ou seja, água que não atende à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. Foram determinados os aparelhos com possibilidade de utilização de água não potável já existentes na edificação, de acordo com a viabilidade técnica-econômica, não gerando transtornos maiores com a mobilização de obra para a implantação do sistema.

3.3 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA DOS APARELHOS CONTEMPLADOS UTILIZADOS NA EDIFICAÇÃO.

O consumo de água nos aparelhos contemplados foi estimado por um controle de atividades práticas realizadas nos laboratórios do Centro Tecnológico, cedido pela coordenação deste. O consumo levantado em relação à frequência dos acadêmicos no Centro Tecnológico foi situado no primeiro e segundo semestre do ano de 2015, com início de utilização dos laboratórios no dia 3 de fevereiro de 2015 até 29 de junho de 2015, e parte do segundo semestre do ano de 2015, onde o levantamento iniciou-se a partir do dia 4 de agosto de 2015 até 10 de outubro de 2015. Para o restante do segundo semestre, realizou-se uma estimativa dos meses anteriores e definiu-se pela média das frequências dos dois meses de fluxo mais intenso de alunos para o restante dos meses de outubro e novembro.

Para o mês de dezembro foram contabilizados somente alguns dias, até o dia 10 deste mês, fazendo a média entre os dois piores fluxos mensais de acadêmicos, haja vista que as movimentações dos laboratórios decaem bastante nos finais de períodos. Foi também incluso o consumo dos técnicos de laboratórios, que são os responsáveis por acompanharem as atividades realizadas no Centro Tecnológico. Determinou-se também o consumo total da câmara úmida, utilizada para cura de corpos de teste de concreto através da vazão do umidificador e quantidade de dias em funcionamento.

3.4 COLETA DE DADOS E ESTATÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS DA REGIÃO.

Nesta etapa foram coletados dados e estatísticas sobre o índice pluviométrico da cidade de Anápolis, onde ainda necessita em escala local de referências bibliográficas mais fundamentadas. Por conta disto, examinou-se a precipitação no período de 1990 a 2007 através de fontes científicas relacionadas à região segundo Teixeira (2008), levantadas na Base Aérea da cidade.

3.5 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DA COBERTURA DE ÁGUA PLUVIAL.

O potencial de captação da área de cobertura da edificação foi determinado por intermédio da ABNT NBR 15527:2007, cujo método de cálculo está descrito no item 2.11, como demonstrado na equação a seguir:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{first\ flush} \quad (17)$$

Onde:

V = volume da cisterna em litros

P = precipitação média mensal (mm)

C = coeficiente de Runoff do telhado (adimensional)

$\eta_{first\ flush}$ = rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema

A = área do telhado em projeção (m²)

Dada a equação, a precipitação média da região foi obtida conforme relatado no item 3.4, a área de cobertura em projeção conforme levantada no apêndice A; o coeficiente de *Runoff* adotado por meio da tabela 7 do item 2.11, tendo em vista que este valor determinado através do tipo de telhado da edificação e a eficiência do sistema de captação, que segundo Tomaz (2010) é estabelecida em 85% como valor normativo.

3.6 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE COBERTURA PARA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA.

Nesta etapa foi elaborada a análise do potencial de captação da cobertura apresentada mediante o levantamento de áreas e da inclinação do telhado, demonstrado tecnicamente na planta de cobertura do projeto arquitetônico do Centro Tecnológico. A equação para a determinação da área de captação do telhado demonstrada na figura 18 no item b, considerando sua superfície inclinada segue na equação abaixo:

$$A = a + \frac{h}{2} b \quad (18)$$

Onde:

A = área de contribuição (m²);

a = comprimento frontal de meia água (m);

b = comprimento lateral do telhado (m);

h = altura do desnível do telhado (m)

3.7 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS E CONDUTORES.

A captação da água de chuva é feita por meio das calhas e condutores que encaminham até os elementos seguintes que compõem o sistema. Seus dimensionamentos foram realizados conforme as diretrizes dadas pela ABNT NBR 10844:1989. Seguindo estas diretrizes para o dimensionamento das calhas e condutores, foi calculada a área de captação da cobertura de acordo com o item 2.13.

Para o cálculo da intensidade pluviométrica utilizou-se a equação de Goiânia – Goiás demonstrada por Oliveira et al. (2008) a qual se situa a 67,8 km² do Campus do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA.

A equação apresentada a seguir foi utilizada por não conter referências fundamentadas para região de Anápolis – Goiás, em relação aos coeficientes IDF (intensidade-duração e frequência) das chuvas, ajustados por Oliveira et al. (2008) determinados para cada localidade.

² DADOS DO MAPA GOOGLE 2015. Acesso em: 12 out. 2015.

$$i_{\max} = \frac{920,450 * T_R^{0.1422}}{(t + 12)^{0.7599}} \quad (19)$$

Onde:

i_{\max} (I) = intensidade da chuva com o período de retorno T (anos) com duração de (minutos ou horas);

Tr = período de retorno (anos);

t = duração da chuva (minutos ou horas).

Para o cálculo da vazão de projeto foi utilizada a equação abaixo, de acordo com o item 3.9.

$$Q = I \times A \div 60 \quad (20)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (L/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m²)

Após o cálculo da vazão de projeto, o dimensionamento das calhas deu-se através da fórmula de *Manning* citada também no item 2.13, apresentada abaixo:

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad (21)$$

Onde:

Q = vazão do projeto (L/min)

S = área da seção molhada (m²)

n = coeficiente de rugosidade de *Manning* (Tabela 9)

R = raio hidráulico (m)

i = declividade da calha (m/m)

K = 60.000

P = perímetro molhado (m)

RH = P/S = raio hidráulico (m)

Dimensionaram-se os condutores verticais por meio do ábaco demonstrado nas figuras 16 e 17 após o cálculo da vazão de projeto, partindo da análise dos parâmetros vazão de projeto, altura da lamina na calha e altura do condutor vertical.

Obteve-se também os condutores horizontais através da tabela 10 analisando as características impostas, como material do condutor horizontal, declividade do tubo e a vazão de projeto.

3.8 DIMENSIONAMENTO DO *FIRST FLUSH* E DOS RESERVATÓRIOS.

Para a determinação do *First Flush* foram seguidas as orientações da ABNT NBR 15527:2007, onde recomenda que o descarte da primeira água de chuva na falta de aprofundados estudos, seja de 2 mm da precipitação inicial ou 2 litros/m².

Realizou-se o dimensionamento do reservatório de autolimpeza e em seguida os reservatórios de reservação, ambos atendendo a ABNT NBR 15527:2007. Para o reservatório de autolimpeza foram seguidos de acordo com o item 2.19, já para os reservatórios de reservação foram utilizados respectivamente o Método de Rippl, Método da Análise de Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão e o Método Prático Inglês, descritos no item 2.20. Para dimensionar o diâmetro da tubulação de saída do reservatório de descarte, utilizou-se a equação do item 2.19. Também foram avaliados os critérios técnicos para determinação dos volumes reais mais apropriados dos reservatórios, buscando as melhores condições para o custo-benefício do sistema de aproveitamento da água de chuva.

3.9 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.

Depois de realizada todas as etapas descritas anteriormente, com a coleta e análise de todos os dados, cálculos necessários para a implantação do sistema de água de chuva, foram caracterizados os demais componentes do sistema, como filtros, extravasor, dispositivo de esgotamento, inspeção, ventilação, segurança e outros. Além dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva, foram também analisados os componentes já existentes no

sistema de distribuição de água da edificação, considerando possíveis dificuldades de implantação do sistema de água de chuva.

3.10 PRÉ-LANÇAMENTO DOS RESERVATÓRIOS.

Nesta etapa após todo dimensionamento do sistema efetuado, realizou-se o pré-lançamento dos reservatórios, que se refere a locação dos reservatórios, sendo eles: reservatório de descarte, reservatório de armazenamento Inferior e reservatório superior. Os reservatórios podem ser: enterrados, apoiados, elevados ou semienterrados, sendo que o reservatório inferior deverá estar assentado sobre no mínimo de uma camada de 10 centímetros de areia (TOMAZ, 2008).

3.11 DIMENSIONAMENTO MOTOR-BOMBA.

Nesta etapa deu-se o dimensionamento do conjunto motor-bomba atendendo a ABNT NBR 12214:1992, utilizado para impulsionar a água de chuva captada pelo sistema e armazenada no reservatório inferior para o reservatório superior, fazendo a disseminação da água de chuva captada para os aparelhos contemplados.

3.12 PRÉ-LANÇAMENTO DAS TUBULAÇÕES E DEMAIS COMPONENTES.

Após o pré-lançamento dos reservatórios e o dimensionamento do motor-bomba realizou-se o pré-lançamento das tubulações hidráulicas e demais componentes atendendo a ABNT NBR 5626:1998, sendo a mais curta e retilínea trajetória possível. Para fazer a segregação da água potável e água de chuva foram utilizadas conexões cruzadas, que é uma ligação física entre peças hidráulicas, realizada por um dispositivo que conectou as duas tubulações que conduzem água potável e outra água não potável para os aparelhos hidrossanitários, porém o sistema de distribuição deve ser independente, tanto para água potável quanto não potável.

3.13 DIMENSIONAMENTO E VALIDAÇÃO DO LANÇAMENTO INICIAL.

Nesta etapa realizou-se a compatibilidade dos elementos lançados e os elementos existentes na edificação, a fim de verificar e evitar divergências e outros conflitos futuros no

sistema. Para fins de dimensionamento e validação do lançamento inicial, embasou-se nas normas ABNT NBR 5626:1998, ABNT NBR 10844:1989, ABNT NBR 12214:1992, ABNT NBR 12217:1994 e ABNT NBR 15527:2007, devendo atender as recomendações das mesmas.

3.14 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA SOLUÇÃO ADOTADA.

Foi elaborado um projeto em ambiente CAD, representando graficamente e tecnicamente a solução adotada para a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva na edificação, demonstrado nos apêndices A, B e C. Neste projeto conterà todo o sistema com os devidos detalhes, desde a captação, até a distribuição da água de chuva para os aparelhos contemplados.

3.15 ANÁLISE ECONÔMICA *PAYBACK*

Neste tópico realizou-se uma análise econômica baseada no *Payback*, que é uma ferramenta utilizada para verificar a relação entre custo benefício e determinar o retorno do investimento do sistema, onde o foco geral é a economia de água potável e a sustentabilidade.

Apesar da água utilizada na edificação é fornecida por um poço artesiano, apresentou-se a recuperação do investimento a partir da simulação entre o valor do consumo de água potável, fornecida pela concessionária local (SANEAGO) e o valor da implantação do sistema, criando um cenário onde o empreendimento utiliza água comprada e apresentando a forma de utilização deste método.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

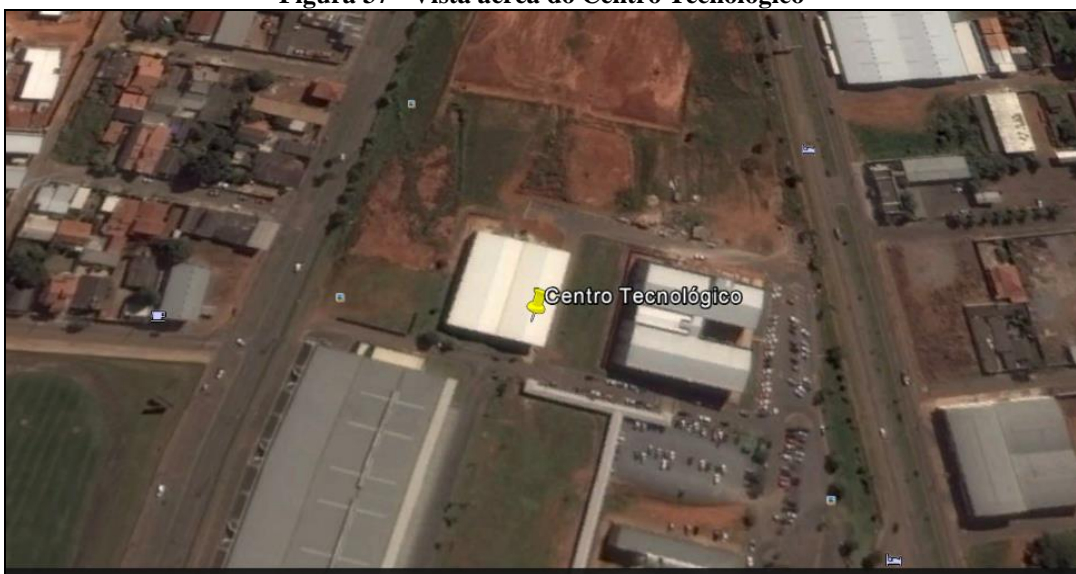
Segundo o Censo do IBGE a população estimada de 2015 para a cidade de Anápolis é de 366.491 habitantes avizinhando ao norte com os municípios de Pirenópolis e Abadiânia, a leste com o município de Silvânia, ao sul com o município de Leopoldo de Bulhões e Goianópolis e a oeste com os municípios de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás. Sua bacia hidrográfica é composta pelos ribeirões João Leite, Antas Piancó e Padre Sousa (PREFEITURA DE ANAPOLIS, 2015).

A região Centro Oeste do Brasil tem um clima de aspectos predominantes, obtendo invernos secos e verões chuvosos (NIMER, 1989). O autor afirma que o tempo seco no meio do ano como, julho (inverno), tem sua origem na estabilidade gerada pela influência do anticiclone subtropical do Atlântico Sul e de pequenas dorsais que se formam sobre a parte continental sul americana.

O clima do município é do tipo tropical de altitude, obtendo variações de temperaturas durante o ano com mudanças bruscas no período de (junho-julho) atingem a 8°C, no período de (janeiro-março) atingem a 33°C, mas obtém-se uma média anual entre 18°C e 23°C (PREFEITURA DE ANÀPOLIS, 2015).

Pode-se observar na figura 37 a vista aérea do Centro Tecnológico da Universidade de Anápolis UniEVANGÉLICA e a fachada pode ser visualizada na figura 38.

Figura 37 - Vista aérea do Centro Tecnológico



Fonte: Google Earth, 2015.

Figura 38 - Fachada do Centro Tecnológico

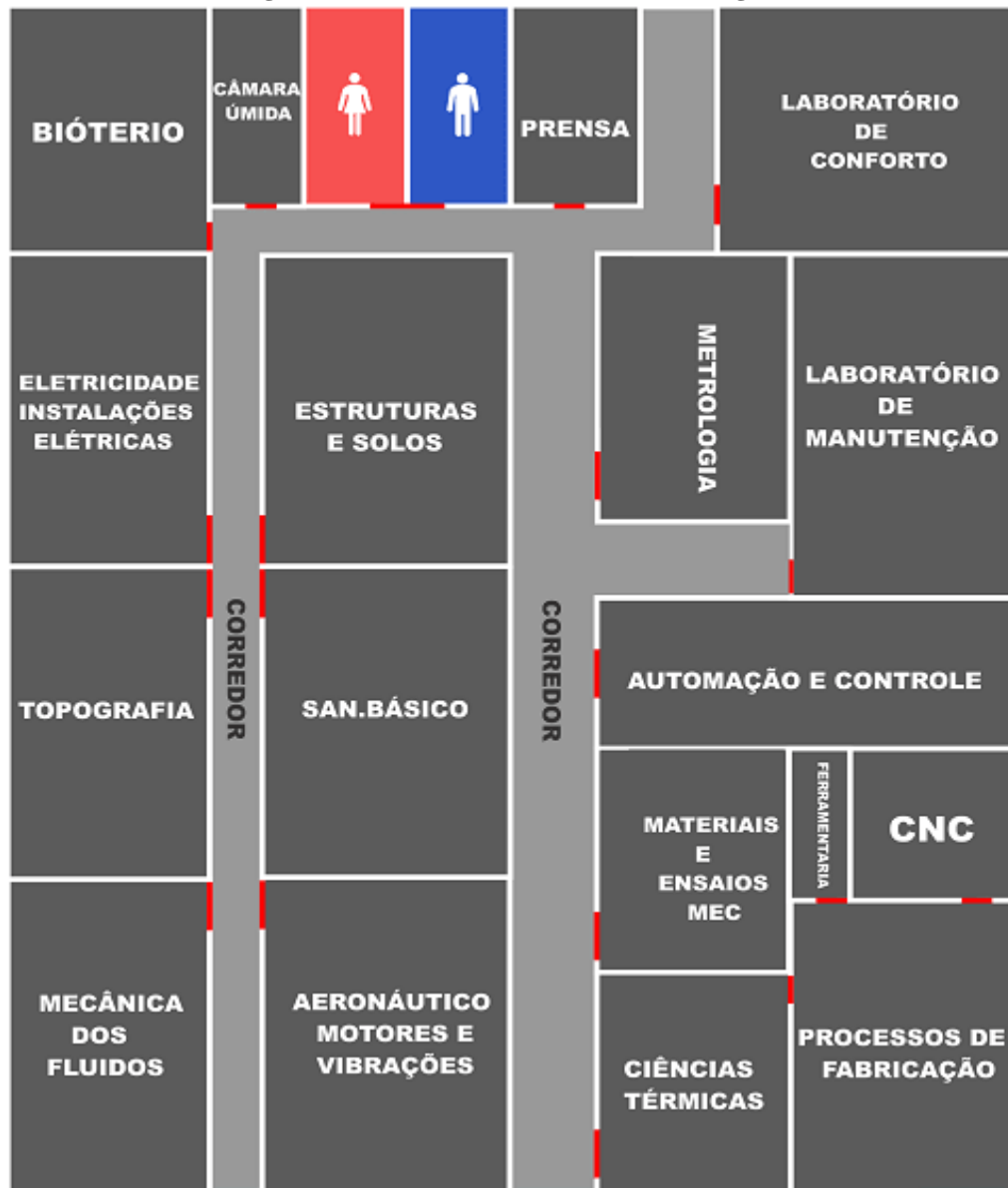


Fonte: UNIEVANGÉLICA, 2015.

O Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA de Anápolis tem uma estrutura de edificação de parte estrutural estrutura metálica, as divisões do ambiente sendo em alvenaria em tijolos em $\frac{1}{2}$ vez e paredes de gesso acartonado, com área construída no térreo de 2.040,70m². O centro tecnológico é estabelecido para dar apoio aos universitários através de aulas a todas as matérias que necessitam de um laboratório de modo a utilizar práticas.

Na Figura 39 é demonstrada uma planta baixa mencionando os locais de identificação das áreas de utilização existentes:

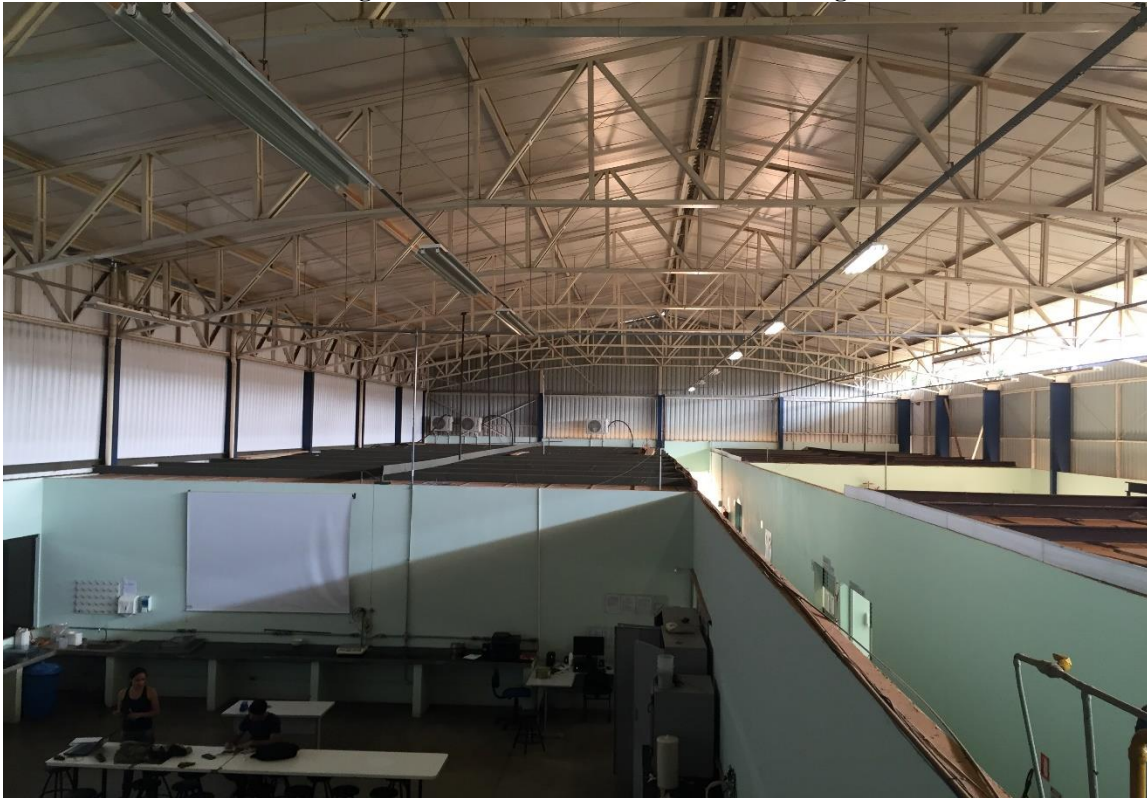
Figura 39 - Planta Baixa do Centro Tecnológico



Fonte: UniEVANGÉLICA, 2015.

Na figura 40 demonstra a parte interna do Centro Tecnológico onde pode ser observada uma vista que demonstra o telhado, a estrutura, as divisórias e as salas onde ficam situados os laboratórios para realização dos estudos acadêmicos.

Figura 40 - Vista interna do Centro Tecnológico



Fonte: Próprio Autor, 2015.

4.2 DETERMINAÇÃO DOS APARELHOS HIDROSSANITÁRIOS CONTEMPLADOS PELO SISTEMA

Para determinar os aparelhos hidrossanitários realizou-se visitas ao Centro Tecnológico analisando todos aparelhos presentes na edificação, sendo escolhidos aqueles que apresentassem maiores consumos de água não potável e não gerasse uma inviabilização técnica-econômica para a implantação do sistema. Desta forma, foram contemplados o umidificador da câmara úmida e as bacias sanitárias tanto do banheiro masculino, como do banheiro feminino.

4.3 LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA DOS APARELHOS CONTEMPLADOS UTILIZADOS NA EDIFICAÇÃO

Para determinação do consumo de água dos aparelhos contemplados não foi possível obter o consumo total exato de água ou o consumo dos aparelhos escolhidos a serem contemplados pelo sistema, pois não existia o equipamento de medição no local analisado, sendo assim, realizaram-se levantamentos pela coleta de dados, como o estabelecimento do fluxo de

entrada e saída de pessoas, entrevistas e quantitativos de funcionários e suas respectivas cargas horárias, horários de início e término das aulas realizadas nos laboratórios, quantidade de alunos a cada aula como é apresentado no apêndice D, informações técnicas dos aparelhos e suas características. A partir destes levantamentos estabeleceram-se os indicadores de utilização da descarga em bacias sanitárias, quantitativo de utilização da descarga, quantitativo total de utilização de descargas, consumo total de água pela utilização da descarga, consumo total de água pelo umidificador da câmara úmida e demanda total de água para os aparelhos.

O coeficiente ou indicador estimado para utilização da descarga em bacias sanitárias de acordo com a tabela 5 (TOMAZ, 2009) é de 5 vezes ao dia/pessoa em uma residência. Por falta de aferições fundamentadas para fins de quantidade de utilização da descarga em bacias sanitárias de pessoas/dia em demais edificações com usos específicos diferentes de residencial, mantivemos a constante de 5 vezes ao dia, porém desconsideramos as 24 horas/dia totais. Consideramos o período de 06:00 às 00:00 horas como mais frequente para utilização da descarga em bacias sanitárias, somando um total de 18:00 horas e este valor dividindo pelas 5 vezes de utilização por dia, resultando um coeficiente de 3:36 horas, ou seja, uma pessoa no período entre 06:00 às 00:00 horas, utiliza a descarga em bacias sanitárias 5 vezes ao dia com intervalo médio de 03:36 horas.

O quantitativo total de descargas em bacias sanitárias foi determinado pela equação: Total de horas utilizadas em laboratórios ou quantidade de horas no estabelecimento ÷ coeficiente de utilização de descargas 03:36 horas.

O consumo total de água pela utilização da descarga por meio de funcionários e alunos deu-se pela equação abaixo:

Quantitativo de descargas em bacias sanitárias x volume de água utilizada em descargas em bacias sanitárias x porcentagem de vazamento em bacias sanitárias.

Quantitativos de descargas e os consumos de água em bacias sanitárias nas tabelas 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25:

Tabela 17 - Estimativa de utilização da descarga sanitária - Funcionários Limpeza

Funcionário	Quantidade de horas permanecidas no ambiente de trabalho			Intervalo médio de utilização de descarga sanitária por pessoa (h)	Quant. vezes de utilização descarga sanitária por dia/pessoa
	Entrada	Saída	Total		
Limpeza 01	06:00	15:00	09:00	03:36	2,50
Limpeza 02	13:00	22:45	09:45	03:36	2,71

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 18 - Consumo de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias - Funcionários Limpeza

Funcionário	Quantidade de dias trabalhados (ano)	Volume de água descarga bacias sanitárias (l)	Vazamento bacias sanitárias	Total de água utilizada/ano (m ³)	Total de água utilizada/mês (m ³)
Limpeza 01	339	9	9%	8,31	0,69
Limpeza 02	339	9	9%	9,01	0,75
Total ano/mês (m³)				17,32	1,44

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 19 - Estimativa de utilização da descarga sanitária - Funcionários Técnicos de Laboratório

Funcionário	Quantidade de horas permanecidas no ambiente de trabalho					Quantitativo de vezes que utilizam descarga sanitária por dia/pessoa
	Segunda a Sexta					
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Total	
Técnico 01	07:00	12:00	13:00	17:00	09:00	2,50
Técnico 02	07:00	12:00	13:00	17:00	09:00	2,50
Técnico 03	07:00	13:00	14:00	17:00	09:00	2,50
Técnico 04	07:00	13:00	14:00	17:00	09:00	2,50
Técnico 05	13:45	17:00	18:00	22:45	08:00	2,22
Técnico 06	13:45	16:00	17:00	22:45	08:00	2,22
Técnico 07	13:45	17:00	18:00	22:45	08:00	2,22
Técnico 08			17:45	22:45	05:00	1,39
Técnico 09			16:45	22:45	06:00	1,67
Técnico 10			15:00	21:00	06:00	1,67

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 20 - Consumo de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias (Segunda a Sexta) - Funcionários Técnicos de Laboratório

Funcionário	Quantidade de dias trabalhados (ano)	Volume descarga bacias sanitárias (l)	Vazamento bacias sanitárias	Total de água utilizada/ano (m ³)	Total de água utilizada/mês (m ³)
Técnico 01	231	9	9%	5,67	0,47
Técnico 02	231	9	9%	5,67	0,47
Técnico 03	231	9	9%	5,67	0,47
Técnico 04	231	9	9%	5,67	0,47
Técnico 05	231	9	9%	5,04	0,42
Técnico 06	231	9	9%	5,04	0,42
Técnico 07	231	9	9%	5,04	0,42
Técnico 08	231	9	9%	3,15	0,26
Técnico 09	231	9	9%	3,78	0,31
Técnico 10	231	9	9%	3,78	0,31

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 21 - Estimativa de utilização da descarga sanitária - Funcionários Técnicos de Laboratório

Funcionário	Quantidade de horas permanecidas no ambiente de trabalho			Quant. vezes que utilizam descarga sanitária por dia/pessoa
	Sábado			
	Entrada	Saída	Total	
Técnico 01			0:00:00	
Técnico 02			0:00:00	
Técnico 03			0:00:00	
Técnico 04			0:00:00	
Técnico 05			0:00:00	
Técnico 06	13:00	17:00	4:00:00	1,11
Técnico 07			0:00:00	
Técnico 08	08:00	12:00	4:00:00	1,11
Técnico 09			0:00:00	
Técnico 10	08:00	12:00	4:00:00	1,11

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 22 - Consumo de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias (Sábado) - Funcionários Técnicos de Laboratório

Funcionário	Quantidade de dias trabalhados (ano)	Volume descarga bacias sanitárias (l)	Vazamento bacias sanitárias	Total de água utilizada/ano (m ³)	Total de água utilizada/mês (m ³)
Técnico 01		9	9%		
Técnico 02		9	9%		
Técnico 03		9	9%		
Técnico 04		9	9%		
Técnico 05		9	9%		
Técnico 06	48	9	9%	0,52	0,0436
Técnico 07		9	9%		
Técnico 08	48	9	9%	0,52	0,0436
Técnico 09		9	9%		
Técnico 10	48	9	9%	0,52	0,0436

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 23 - Consumo total de água no Centro Tecnológico utilizando descarga em bacias sanitárias - Funcionários Técnicos de Laboratório

Funcionário	Total de água utilizada/ano (m³)	Total de água utilizada/mês (m³)
Técnico 01	5,67	0,47
Técnico 02	5,67	0,47
Técnico 03	5,67	0,47
Técnico 04	5,67	0,47
Técnico 05	5,04	0,42
Técnico 06	5,56	0,46
Técnico 07	5,04	0,42
Técnico 08	3,67	0,31
Técnico 09	3,78	0,31
Técnico 10	4,30	0,36
Total ano/mês (m³)	50,04	4,17

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 24 - Consumo discriminado de água - Funcionários do Centro Tecnológico

Funcionário	Total de água utilizada/ano (m³)	Total de água utilizada/mês (m³)
Técnico 01	5,67	0,47
Técnico 02	5,67	0,47
Técnico 03	5,67	0,47
Técnico 04	5,67	0,47
Técnico 05	5,04	0,42
Técnico 06	5,56	0,46
Técnico 07	5,04	0,42
Técnico 08	3,67	0,31
Técnico 09	3,78	0,31
Técnico 10	4,30	0,36
Limpeza 01	8,31	0,69
Limpeza 02	9,01	0,75
Total ano/mês (m³)	67,36	5,61

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 25 - Consumo total de água - Funcionários do Centro Tecnológico

Mês	Consumo total de água/mês (m³)
Janeiro	5,61
Fevereiro	5,61
Março	5,61
Abril	5,61
Maio	5,61
Junho	5,61
Julho	5,61
Agosto	5,61
Setembro	5,61
Outubro	5,61
Novembro	5,61
Dezembro	5,61
Total Ano (m³)	67,36

Fonte: Próprio Autor, 2015.

O consumo de água pelo umidificador da câmara úmida efetuou-se pela equação abaixo e os devidos resultados na tabela 26:

Quantidade de horas total anual de utilização x vazão máxima do umidificador determinada pelas especificações do fabricante, cujo valor é de 15 litros/hora.

Tabela 26 - Utilização da Câmara Úmida para cura de corpos de prova de concreto

Quantidade dias de utilização	Quantidade de horas de utilização	Vazão máxima do umidificador (l/h)	Total de água utilizada/ano (m³)	Total de água utilizada/mês (m³)
365	8760:00:00	15	131	10,95

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Após os cálculos citados acima foi levantado a demanda total de água não potável mensal e anual para os aparelhos contemplados, como descrito na tabela 27:

Tabela 27 - Demanda total de água no Centro Tecnológico utilizada na câmara úmida e descargas em bacias sanitárias

Mês	Acadêmicos	Câmara Úmida	Funcionários Limpeza	Técnicos de Laboratórios	Consumo total de água/mês (m³)
Janeiro		10,95	1,44	4,17	16,56

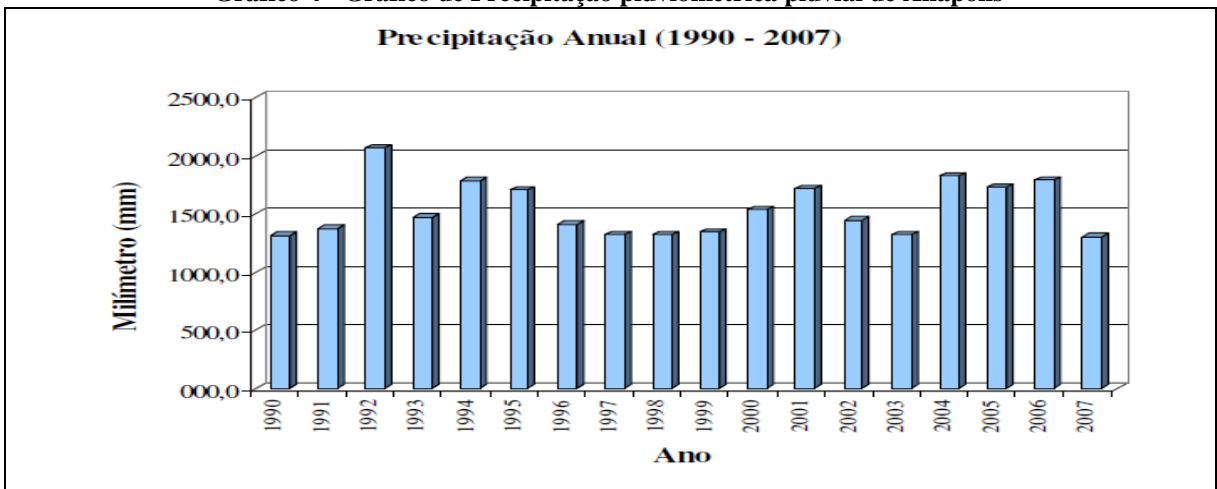
Fevereiro	13,61	10,95	1,44	4,17	30,17
Março	17,84	10,95	1,44	4,17	34,41
Abril	15,20	10,95	1,44	4,17	31,76
Maio	22,92	10,95	1,44	4,17	39,48
Junho	5,61	10,95	1,44	4,17	22,17
Julho		10,95	1,44	4,17	16,56
Agosto	25,72	10,95	1,44	4,17	42,29
Setembro	28,90	10,95	1,44	4,17	45,46
Outubro	25,77	10,95	1,44	4,17	42,34
Novembro	17,49	10,95	1,44	4,17	34,06
Dezembro	1,87	10,95	1,44	4,17	18,43
Total Ano (m³)	174,93	131,40	17,32	50,04	373,69

Fonte: Próprio Autor, 2015.

4.4 DADOS METEOROLÓGICOS

Para o índice pluviométrico da região foram obtidos dados no período de 1990 a 2007, que segundo Teixeira (2008) foi disponibilizado pela base aérea da cidade. A média anual de precipitação de chuva em Anápolis neste ciclo foi de 1545,9 mm, onde o período de maior índice foi no ano de 1992 com 2066 mm. O menor índice pluviométrico pertenceu ao ano de 2007 com 1303,9 mm, como observado na gráfico 4.

Gráfico 4 - Gráfico de Precipitação pluviométrica pluvial de Anápolis

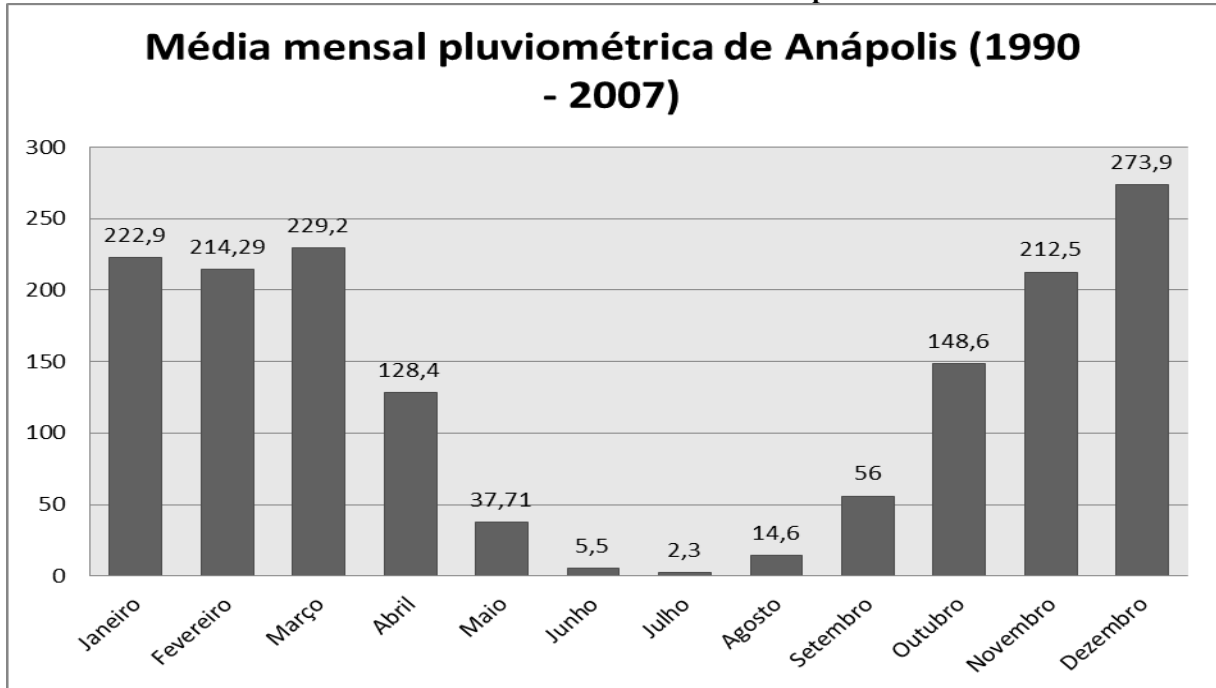


Fonte: Teixeira (2008) Apud Centro Meteorológico Militar/Base Aérea de Anápolis.

A partir da média anual segundo Teixeira 2008 foram utilizados para determinar uma estatística mensal do período entre janeiro e dezembro, tendo assim a menor média no mês de julho com 2,3 milímetros e a maior média ao mês de dezembro com 273,9 milímetros, obtendo assim que durante os dezoito anos do período analisado, em doze anos (1991, 1992, 1993,

1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003, 2005 e 2006) não ocorreram precipitações no mês de julho. O segundo mês com o menor índice de precipitação foi o mês de junho em que obteve-se uma média de 5,5 milímetros sem chuva em um período de dez anos dos dezoito analisados.

Gráfico 5 - Média Pluviométrica de Anápolis



Fonte: Teixeira, 2008.

Segundo Teixeira (2008) o período mais chuvoso determinado na cidade de Anápolis, foi nos meses de abril e outubro, caracterizando assim que a cidade possui um período de estiagem curto, iniciando-se em maio, obtendo a cada período um menor nível de precipitações até os meses de julho e agosto, quando volta a ser um período chuvoso entre os meses de agosto e setembro, tornando-se mais extensas em setembro onde inicia-se um novo período de chuva e assim sucessivamente.

4.5 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DA COBERTURA DE ÁGUA PLUVIAL

Com base no levantamento arquitetônico do Centro Tecnológico realizado, dados obtidos e coeficientes determinados, apresentados abaixo, determinou-se o potencial de captação da edificação em estudo.

Por intermédio da planta de cobertura apresentada no apêndice A realizou-se o cálculo da área de projeção passível de captação de água da chuva.

Área de captação intermediária da cobertura em projeção:

$$(9,70 \times 50,45) + (9,90 \times 50,45) = 988,82 \text{ m}^2$$

Área de captação nas extremidades da cobertura em projeção:

$$(11,23 \times 50,45) \times 2 = 1133,11 \text{ m}^2$$

O Coeficiente de Runoff segundo a tabela 7 foi determinado 0,90 conforme o tipo de cobertura e tipo de telhado, que partiu das caracterizações da edificação em estudo. O índice pluviométrico mensal apresentou-se através do gráfico 04, a eficiência do sistema de captação estabelecida foi de 0,85 e a demanda mensal de água não potável para os aparelhos contemplados foram determinados na tabela 27.

Com as premissas obtidas realizaram-se os cálculos para a determinação do potencial de água captada pela edificação mensalmente a partir da equação 17, em seguida calculada a diferença entre a demanda e oferta de água não potável tanto para a área de captação intermediária, quanto para as áreas de extremidades e o somatório das duas áreas demonstradas (tabela 28 e 29) na tabela 28 a seguir.

Tabela 28 - Quantidade de água de chuva captada - Coberturas intermediárias x Demanda

Mê	Precipita-	Área	Coef.	Eficiên-	Volume de	Consu-	Diferen-	Diferença
-----------	-------------------	-------------	--------------	-----------------	------------------	---------------	-----------------	------------------

s	ção média (m³)	em projeção (m²)	de Runoff	cia do sistema de captação	água aproveitável (m³)	mo total de água/mês	ça entre demanda e oferta (m³) - absoluto	entre demanda e oferta (m³) - acumulado
Jan	0,2229	988,82	0,9	85%	168,61	16,56	152,05	152,05
Fev	0,21429	988,82	0,9	85%	162,10	30,17	131,93	283,98
Mar	0,2292	988,82	0,9	85%	173,38	34,41	138,97	422,95
Abr	0,1284	988,82	0,9	85%	97,13	31,76	65,37	488,31
Mai	0,03771	988,82	0,9	85%	28,53	39,48	-10,95	477,36
Jun	0,0055	988,82	0,9	85%	4,16	22,17	-18,01	459,35
Jul	0,0023	988,82	0,9	85%	1,74	16,56	-14,82	444,52
Ago	0,0146	988,82	0,9	85%	11,04	42,29	-31,24	413,28
Set	0,056	988,82	0,9	85%	42,36	45,46	-3,10	410,18
Out	0,1486	988,82	0,9	85%	112,41	42,34	70,07	480,25
Nov	0,2125	988,82	0,9	85%	160,75	34,06	126,69	606,94
Dez	0,2739	988,82	0,9	85%	207,19	18,43	188,76	795,70

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 29 - Quantidade de água de chuva captada - Coberturas das extremidades x Demanda

Mês	Precipitação média (m³)	Área em projeção (m²)	Coef. de Runoff	Eficiência do sistema de captação	Volume de água aproveitável (m³)	Consumo total de água/mês	Diferença entre demanda e oferta (m³) - absoluto	Diferença entre demanda e oferta (m³) - acumulado
Jan	0,2229	1133,1	0,9	85%	193,22	16,56	176,65	176,65
Fev	0,21429	1133,1	0,9	85%	185,75	30,17	155,58	332,23
Mar	0,2292	1133,1	0,9	85%	198,68	34,41	164,27	496,50
Abr	0,1284	1133,1	0,9	85%	111,30	31,76	79,54	576,05
Mai	0,03771	1133,1	0,9	85%	32,69	39,48	-6,79	569,25
Jun	0,0055	1133,1	0,9	85%	4,77	22,17	-17,41	551,85
Jul	0,0023	1133,1	0,9	85%	1,99	16,56	-14,57	537,28
Ago	0,0146	1133,1	0,9	85%	12,66	42,29	-29,63	507,65
Set	0,056	1133,1	0,9	85%	48,54	45,46	3,08	510,73
Out	0,1486	1133,1	0,9	85%	128,81	42,34	86,48	597,20
Nov	0,2125	1133,1	0,9	85%	184,20	34,06	150,14	747,35
Dez	0,2739	1133,1	0,9	85%	237,42	18,43	218,99	966,34

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 30 - Quantidade de água de chuva captada - Coberturas das extremidades x Demanda

Mês	Precipitação	Área em	Coef.	Eficiência	Volume de	Consumo	Diferença	Diferença
------------	---------------------	----------------	--------------	-------------------	------------------	----------------	------------------	------------------

	média (m ³)	projeção (m ²)	de Runoff	do sistema de captação	água aproveitável (m ³)	total de água/mês	entre demanda e oferta (m ³) - absoluto	entre demanda e oferta (m ³) - Acumulado
Jan	0,2229	2121,9	0,9	85%	361,83	16,56	328,70	328,70
Fev	0,21429	2121,9	0,9	85%	347,85	30,17	287,51	616,21
Mar	0,2292	2121,9	0,9	85%	372,05	34,41	303,24	919,45
Abr	0,1284	2121,9	0,9	85%	208,43	31,76	144,91	1064,36
Mai	0,03771	2121,9	0,9	85%	61,21	39,48	-17,75	1046,62
Jun	0,0055	2121,9	0,9	85%	8,93	22,17	-35,42	1011,19
Jul	0,0023	2121,9	0,9	85%	3,73	16,56	-29,39	981,80
Ago	0,0146	2121,9	0,9	85%	23,70	42,29	-60,87	920,93
Set	0,056	2121,9	0,9	85%	90,90	45,46	-0,02	920,91
Out	0,1486	2121,9	0,9	85%	241,22	42,34	156,55	1077,45
Nov	0,2125	2121,9	0,9	85%	344,95	34,06	276,83	1354,29
Dez	0,2739	2121,9	0,9	85%	444,62	18,43	407,75	1762,03

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Como se pode observar na tabela 30, o volume captado pelas coberturas externas e internas da edificação atendem as demandas anuais de água para os aparelhos contemplados pelo sistema.

4.6 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS E CONDUTORES

As calhas e condutores verticais e horizontais são responsáveis pela coleta da água de chuva conduzindo até os reservatórios, que para o seu dimensionamento seguiram-se os procedimentos da ABNT NBR 10844:1989, como descrito na metodologia. Novamente através da planta de cobertura no apêndice A é possível calcular a área de contribuição da mesma para captação de água de chuva, na qual foram calculadas somente para as coberturas externas, tendo em vista que a calha e os condutores que fazem a captação das coberturas internas já existem na edificação. Para o cálculo das áreas de captação das coberturas de extremidades, efetuou-se uma divisão da área total da extremidade em seis trechos determinados entre as descidas de água da calha, demonstrados no apêndice A, sendo assim utilizando a equação 18 e considerando a declividade da cobertura calcula-se a seguir as áreas dos determinados trechos.

$$A = a + \frac{h}{2} b$$

Trecho 1 = Trecho 6:

$$A = (11,23 + 1,123/2) \times 0,30$$

$$A = 3,54 \text{ m}^2$$

Trecho 2 = Trecho 3 = Trecho 4 = Trecho 5:

$$A = (11,23 + 1,123/2) \times 12,46$$

$$A = 146,92 \text{ m}^2$$

Área total de cada cobertura externa:

$$A = (11,23 + 1,123/2) \times 50,45$$

$$A = 594,88 \text{ m}^2$$

Área total das coberturas externas:

$$A = 594,88 \times 2$$

$$A = 1189,76 \text{ m}^2$$

Área total das coberturas internas:

$$A = ((9,70 + 0,97/2) \times 50,45) + ((9,90 + 0,99/2) \times 50,45)$$

$$A = 1038,26 \text{ m}^2$$

Área total das coberturas:

$$A = 1189,76 + 1038,26$$

$$A = 2228,02 \text{ m}^2$$

Para o cálculo da intensidade pluviométrica (I ou imax), utilizou-se a equação 19 de Goiânia – GO e parâmetros determinados por Oliveira *et al.*, (2008). Para a equação foram adotados segundo a ABNT NBR 10844:1989 o tempo de retorno (TR) igual a 25 anos, por ser uma cobertura onde não é tolerado empoçamentos e duração da precipitação ou chuva (t) de 5 minutos. Portanto, TR= 25 anos e t= 5 minutos. Conforme as prescrições apresentadas no item 24 obteve-se I ou imax = 168,95 mm/h.

Após os cálculos anteriores calculou-se a vazão de projeto para os trechos através da equação 3, que substituindo os valores da área (A) iguais para as duas coberturas externas e a intensidade pluviométrica I = 168,95 mm/h, determinaram-se:

$$Q = I \times A \div 60$$

Trecho 1 = Trecho 6:

$$Q = (168,95 \times 3,54) / 60$$

$$Q = 9,97 \text{ L/min ou } 0,166 \text{ L/seg}$$

Trecho 2 = Trecho 3 = Trecho 4 = Trecho 5:

$$Q = (168,95 \times 146,92) / 60$$

$$Q = 413,70 \text{ L/min ou } 6,895 \text{ L/seg}$$

Vazão de projeto para a área total de uma cobertura externa:

$$Q = (168,95 \times 594,88) / 60$$

$$Q = 1675,08 \text{ L/min}$$

Para a determinação das dimensões das calhas segundo a ABNT NBR 10844:89, foi utilizada a fórmula de Manning dada na equação 4, adotando uma calha de beiral circular de chapa galvanizada, onde na tabela 10 seu coeficiente de rugosidade (n) é 0,011, com diâmetro $D = 20$ cm, altura $h = 10$ cm e inclinação de 0,5 %. Desta forma, obteve-se como resultado uma vazão $Q = 821,84$ L/min ou 13,7 L/seg, a qual atendeu a vazão de projeto calculada anteriormente para o trecho de maior vazão $Q = 413,70$ L/min. As dimensões das calhas foram determinadas para que a altura da lâmina d'água não atingisse $2/3$ de sua altura, como margem de segurança delimitada pela ABNT NBR 10844:89. Portanto para o dimensionamento realizado utilizando a fórmula de Manning, obteve-se uma lâmina d'água equivalente a 5 centímetros para uma vazão de projeto de 413,70 L/min.

Para o dimensionamento dos condutores verticais, foi estabelecido que seu comprimento da calha até a junção com o condutor vertical é de 7,30 metros e adotados 5 condutores ao longo das calhas de beirais para cada cobertura externa, conforme as dimensões levantadas in-loco. Para determinar o diâmetro dos condutores verticais foram seguidos os critérios da ABNT NBR 10844/89, devendo ser feitos a partir dos dados seguintes:

Q = Vazão trazidas pelas calhas divididas em trechos que alimentarão o condutor (l/min);

L = Altura do condutor (m);

H = Altura da lâmina de água na calha (mm).

Seguindo estes dados onde, foram obtidos os diâmetros (D) de cada condutor vertical com base no ábaco apresentado pela ABNT NBR 10844/89 na figura 16.

$$L = 7,30 \text{ m}$$

$$H = 50 \text{ mm}$$

Condutor Vertical 1:

$$Q = Q \text{ trecho 1} + (Q \text{ trecho 2}/2)$$

$$Q = 9,97 + (413,70/2)$$

$$Q = 216,82 \text{ L/min}$$

$$D = 75 \text{ mm}$$

Condutor Vertical 2:

$$Q = (Q \text{ trecho 2}/2) + (Q \text{ trecho 3}/2)$$

$$Q = (413,70/2) + (413,70/2)$$

$$Q = 413,70 \text{ L/min}$$

$$D = 75 \text{ mm}$$

Condutor Vertical 3:

$$Q = (Q \text{ trecho } 3/2) + (Q \text{ trecho } 4/2)$$

$$Q = (413,70/2) + (413,70/2)$$

$$Q = 413,70 \text{ L/min}$$

$$D = 75 \text{ mm}$$

Condutor Vertical 4:

$$Q = (Q \text{ trecho } 4/2) + (Q \text{ trecho } 5/2)$$

$$Q = (413,70/2) + (413,70/2)$$

$$Q = 413,70 \text{ L/min}$$

$$D = 75 \text{ mm}$$

Condutor Vertical 5:

$$Q = (Q \text{ trecho } 5/2) + Q \text{ trecho } 6$$

$$Q = (413,70/2) + 9,97$$

$$Q = 216,82 \text{ L/min}$$

$$D = 75 \text{ mm}$$

Portanto para os condutores verticais das duas coberturas externas, foram adotados o diâmetro de $D = 75 \text{ mm}$ de PVC.

Para os condutores horizontais de 1,2 metros de comprimento para o afastamento da edificação, que ligam os condutores verticais de cada prumada até as caixas de areia, adotaram-se a seguir pelo Ábaco da figura 16:

Condutor Horizontal 1:

$$Q = 216,82 \text{ L/min}$$

$$\text{Inclinação} = 1\%$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

Condutor Horizontal 2:

$$Q = 413,70 \text{ L/min}$$

$$\text{Inclinação} = 4\%$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

Condutor Horizontal 3:

$$Q = 413,70 \text{ L/min}$$

$$\text{Inclinação} = 4\%$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

Condutor Horizontal 4:

$$Q = 413,70 \text{ L/min}$$

$$\text{Inclinação} = 4\%$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

Condutor Horizontal 5:

$$Q = 216,82 \text{ L/min}$$

$$\text{Inclinação} = 1\%$$

$$D = 100 \text{ mm}$$

O condutor horizontal que interligará as caixas de areia até o reservatório de auto-limpeza, considerou-se a vazão total de projeto da cobertura externa $Q = 1675,08 \text{ L/min}$, rugosidade do material em PVC $n = 0,011$ e com inclinação de 0,5%, sendo assim, por meio da

tabela 11, determinou-se o diâmetro $D = 250$ mm, que foi adotado para as duas coberturas por possuírem a mesma vazão e área de cobertura.

4.7 RESERVATÓRIO DE AUTOLIMPEZA

O Reservatório de autolimpeza proposto é do tipo demonstrado na figura 31 , o qual será enterrado e contará com separador de fluxo apresentado na figura 32, fornecido pela empresa *Harvesting Brasil* (2015), que se trata de um dispositivo onde sua função é desviar o primeiro fluxo de água automaticamente figura 30, para que apenas água limpa seja encaminhada ao reservatório de armazenamento e assegurando que o reservatório de autolimpeza se esvazie depois da chuva com o descarte lento da água por um orifício de 14 milímetros, reiniciando automaticamente sem interferência humana. Sendo assim, foi adotado para o descarte da primeira chuva $2,0$ l/m² obedecendo às orientações da ABNT NBR 15327:2007.

A área de cobertura total em projeção equivale a $2121,93$ m², portanto a partir de uma conta básica matemática obteve-se o volume de descarte:

$$VDESCARTE = 2121,93 \text{ m}^2 \times 2 \text{ l/m}^2$$

$$VDESCARTE = 4243,06 \text{ litros ou } 4,24 \text{ m}^3$$

A partir deste dimensionamento, mostrou-se que o volume de água em seu interior é de $4,24$ m³, porém, adotou-se um reservatório de descarte com volume comercial de $4,5$ m³.

Para que o determinar o tempo de esvaziamento médio, utilizou-se a equação 5.

Onde:

Q = vazão de descarga (m³/s)

A = área da seção do orifício de esvaziamento do reservatório (m²)

$h = 1,0$ m

$g = 9,81$ m/s²

$C_d = 0,62$ (adimensional)

Substituindo os valores na equação 5, obteve-se a vazão $Q = 0,000423$ m³/s. Sendo assim, substituímos na equação seguinte os valores:

$$Q = \text{volume do reservatório de descarte} / t \times 60 \times 60$$

$$0,00042275 = 4,5 / t \times 60 \times 60$$

$$1,5219 t = 4,5$$

$$t = 4,5 / 1,5219$$

$$t = 2,957$$

Convertendo o valor de (t) em horas, obtivemos 2:57 horas que o reservatório de descarte gasta para esvaziar 4,5 m³ por um orifício de 14 mm, havendo assim intervalos para que esgote e reinicie novamente sem interferência humana.

4.8 RESERVATÓRIOS DE ARMAZENAMENTO

4.8.1 Método de Rippl

Segundo Tomaz (2009) o método de Rippl é o mais utilizado em aproveitamento de água de chuva. Este método apresenta o valor extremo do volume do reservatório o que é muito importante para termos um valor máximo de dimensionamento. Segundo (WERNECK, 2008) o método de Rippl dimensiona o reservatório para suprir a demanda de água nos períodos de estiagem, ou seja, o reservatório é calculado de acordo com o somatório das diferenças entre volume de demanda e volume de água captado nos períodos em que a demanda é maior do que o captado.

Conforme descrito na revisão bibliográfica no item 2.20.1 o método de Rippl utiliza o diagrama de massas e fundamenta que nem toda água precipitada é armazenada. Para o dimensionamento do reservatório considerou-se a área de captação total da edificação de 2121,43 m² conforme projeto de cobertura, onde a cobertura interna tem área equivalente a 988,82 m² e a externa de 1132,61 m², o coeficiente de Runoff adotado de 0,9, as precipitações médias mensais entre o ano de 1990 e 2007 conforme apresentado no gráfico 4 (Média mensal pluviométrica) e as demandas mensais apresentadas anteriormente no item 4.3. Os resultados são demonstrados a seguir na tabela 31, embasada na tabela 12:

Tabela 31 - Planilha do cálculo do Método de Rippl

Coeficiente de runoff (CR) = 0,8							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Situação do reservatório
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Jan	222,9	8	100	18	-10	0	E
Fev	214,29	8	100	17	-9	0	E
Mar	229,2	8	100	18	-10	0	E
Abr	128,4	8	100	10	-2	0	E
Mai	37,71	8	100	3	5	5	D
Jun	55	8	100	4	4	9	D
Jul	2,3	8	100	0	8	17	D
Ago	14,6	8	100	1	7	24	D
Set	56	8	100	4	4	28	D
Out	148,6	8	100	12	-4	24	S
Nov	212,5	8	100	17	-9	15	S
Dez	273,9	8	100	22	-14	1	S
Total	1595,4	96		126	Volume =	28	

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Descrição:

Coluna 1 = Período de tempo analisado que vai de janeiro a dezembro.

Coluna 2 = Intensidade pluviométrica mensal em m³ da cidade de Anápolis

Coluna 3 = Demanda mensal de água de chuva em m³ da edificação nos aparelhos contemplados de acordo com o levantamento feito do Centro Tecnológico na tabela 27.

Coluna 4 = Área de captação da água de chuva. A área de captação é apresentada em metros quadrados e representa a projeção do telhado da edificação sobre o terreno.

Coluna 5 = Nesta coluna é apresentado o volume de água de chuva captado mensalmente, dado pela multiplicação da chuva média mensal (Coluna 2) x área de captação (Coluna 4) x (Coeficiente de Runoff / 1000).

Coluna 6 = apresenta nesta coluna a diferença entre os volumes da demanda com os volumes de chuvas mensais determinado pela demanda mensal (Coluna 3) – volume de água de chuva captado (Coluna 5).

Coluna 7 = nesta coluna são as diferenças acumuladas da coluna 6, onde são considerados somente valores positivos e foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheio, portanto o cálculo foi dado por (Coluna 7 meses anterior) + diferença entre o volume da de-

manda e volume de chuva (Coluna 6 mês atual). Se o valor resultante for menor que zero adotar zero, onde estes valores não foram computados por pertencerem a meses que há excesso de água ou volume disponível maior do que a demanda.

Coluna 8 = nesta coluna são mostrados os indicativos E, D e S, sendo eles:

E = quando a água está escoando pelo extravasor, ou seja, ultrapassou o volume do reservatório;

D = Nível de água no reservatório está descendo;

S = Nível de água no reservatório está subindo.

Onde:

Se (Coluna 7) for igual a zero, valor resultante "E" (Extravasando);

Se (Coluna 7 meses atual) for maior do que (Coluna 7 meses anterior), valor resultante "D" (Descendo);

Se (Coluna 7 meses atual) for menor do que (Coluna 7 meses anterior), valor resultante "S" (Subindo).

Supondo que o reservatório está cheio desde o início, de acordo com o método de Rippl utilizando a área de cobertura total, o valor da coluna 6 nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio foram negativos, portanto, seu reservatório extravasou água. Nos meses de junho, julho e agosto em que a precipitação de chuva é bem menor do que os outros meses, também considerados como meses de estiagem, o volume do reservatório desceu, porém, a partir do mês de setembro ele sobe e começa a extravasar novamente. Na somatória da diferença entre o volume demandado e o volume captado de chuva nos meses de junho, julho e agosto, somou-se um volume total de 38,02 m³ que será o volume do reservatório considerado pelo método de Rippl, onde determina que este volume supra a demanda para os três meses de estiagem.

Este método só utiliza cerca de 12,65 % da água de chuva captada em todo ano, sendo aproveitado somente para o valor da demanda total anual e os outros 87,35 % são extravasados não podendo ser utilizados para outros fins.

4.9 MÉTODO DA ANÁLISE DE SIMULAÇÃO

O Método da Análise de Simulação segundo Tomaz (2011) é o método mais adequado para se dimensionar um reservatório. Neste método foi possível realizar inúmeras verificações para diferentes volumes do reservatório, com suas respectivas eficiências até que pude-

mos chegar ao dimensionamento desejado, verificando situações em que vai sobrar água (overflow) e faltar água (suprimento público ou caminhão tanque de água). Os dados de entrada para este método são respectivamente: precipitações médias mensais conforme o gráfico 4, área de captação = 2121,93 m² e a demanda mensal demonstrada na tabela 27. Seguindo as diretrizes descritas no item 2.20.2 apresentadas na tabela 32 para auxílio nos cálculos abaixo:

Tabela 32 - ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Coeficiente de runoff (CR) = 0,9		Volume do reservatório (m ³) = 39							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume do reservatório fixado (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m ³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Jan	222,9 214,2	16,56	2121,9	426	39	0	39	370,44	0
Fev	9	30,17	2121,9	409	39	39	39	378,83	0
Mar	229,2	34,41	2121,9	438	39	39	39	403,59	0
Abr	128,4	31,76	2121,9	245	39	39	39	213,24	0
Mai	37,71	39,48	2121,9	72	39	39	39	32,52	0
Jun	5,5	22,17	2121,9	11	39	39	27,83	0	0
Jul	2,3	16,56	2121,9	4	39	27,83	15,27	0	0
Ago	14,6	42,29	2121,9	28	39	15,27	0,98	0	0
Set	56	45,46	2121,9	107	39	0,98	39	23,52	0
Out	148,6	42,34	2121,9	284	39	39	39	241,66	0
Nov	212,5	34,06	2121,9	406	39	39	39	371,94	0
Dez	273,9	18,43	2121,9	523	39	39	39	504,57	0
Total	1545,9	373,69		2953				2540,3	1

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Descrição:

Coluna 1 = Meses do ano de janeiro a dezembro

Coluna 2 = Intensidade pluviométrica mensal em m³ da cidade de Anápolis

Coluna 3 = Demanda mensal de água de chuva em m³ da edificação nos aparelhos contemplados de acordo com o levantamento feito do Centro Tecnológico na tabela 27.

Coluna 4 = Área de captação da água de chuva. A área de captação é apresentada em metros quadrados e representa a projeção do telhado da edificação sobre o terreno.

Coluna 5 = Nesta coluna é apresentado o volume de água de chuva captado mensalmente, dado pela multiplicação da chuva média mensal (Coluna 2) x área de captação (Coluna 4) x (Coeficiente de Runoff / 1000).

Coluna 6 = corresponde ao volume definido do reservatório

Coluna 7 = é o volume do reservatório no início da contagem, ou seja, supomos que no início do ano o reservatório esteja vazio, portanto, valor de janeiro igual à zero. Os valores dos meses seguintes serão adotados:

Se (Coluna 8 meses anterior) for menor que zero, adotar zero.

Se (Coluna 8 meses anterior) for maior ou igual a zero, adotar o valor.

Coluna 8 = A coluna 8 fornece o volume do reservatório de água de chuva ao fim do mês, onde quando o valor resultado é positivo, significa que o reservatório fechou o último dia do mês com o reservatório cheio. Quando o valor resultado é negativo, significa que o reservatório fechou o mês faltando água, ou seja, necessitou de suprimento público ou de caminhão tanque de água. Estes indicativos são determinados, logo o valor de janeiro é igual o volume do reservatório e para os demais:

Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for maior que (Coluna 6) adotar o valor da (Coluna 6).

Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for igual ou menor que (Coluna 6) adotar (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3).

Coluna 9 = nesta coluna é referente ao overflow, que significa que o reservatório está extravasando água. Seus resultados foram obtidos:

Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for maior que (Coluna 6), adotar (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) - (Coluna 6), que demonstra a quantidade extravasada.

Se (Coluna 5) + (Coluna 7) - (Coluna 3) for igual ou menor que (Coluna 6), adotar zero, que indica que o reservatório não extravasará.

Coluna 10 = A coluna 10 indica a quantidade de água em m³, quando houver suprimento de água por meios externos. Este valor é determinado:

Se (Coluna 7) + (Coluna 5) - (Coluna 3) for menor que zero, adotar -((Coluna 7) + (Coluna 5) - (Coluna 3)), onde mostrará o valor abastecido pelos meios externos.

Se (Coluna 7) + (Coluna 5) - (Coluna 3) for igual ou maior que zero, adotar zero, onde determina que o a água do reservatório é suficiente.

Após a determinação do volume apropriado para o reservatório, realizou-se o cálculo da confiança (reliability) do sistema de aproveitamento de água de chuva e respectivamente

confiabilidade volumétrica do mesmo, os quais mostram a eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva e foram determinados segundo o item 2.20.2 representados abaixo:

A confiança (reliability) do sistema de aproveitamento de água de chuva, definiu-se em duas variáveis determinantes de acordo com as equações 10 e 11. Calculou-se a confiança do reservatório para suprir a demanda de água, onde a quantidade de meses que não atenderam a demanda foram $n_r = 0$ e o total de meses em estudo $n = 12$, com seus resultados a seguir:

$$\begin{aligned} Pr &= n_r/n & \text{Confiança} &= R_n = (1 - Pr) \times 100 \\ Pr &= 0/12 & \text{Confiança} &= R_n = (1 - 0) \times 100 = 100\% \\ Pr &= 0 \end{aligned}$$

Portanto, a confiança do sistema de aproveitamento de água de chuvas é de 100%, onde atenderá sem falhas a demanda com a intensidade pluviométrica analisada.

Pelo método da confiabilidade volumétrica calculou-se adotando o volume de água de chuva utilizado (V_s), determinado pelo volume total de água de chuva captado pela edificação de 2953 m³, menos o volume do overflow que é de 2540,31 m³, menos o suprimento de água por outra fonte que é 0 e o volume da demanda (V_d) equivalente a 373,69 m³, ambos demonstrados na tabela 32 e calculados através das equações 11 e 13 indicada a seguir:

$$\begin{aligned} V_s &= 2953 - 2540,31 - 0 = 412,69 \text{ m}^3 \\ V_d &= 373,69 \text{ m}^3 \\ R_v &= 100 \times V_s / V_d \\ R_v &= 100 \times 412,69 / 373,69 = 110,44\% \end{aligned}$$

Portanto, a confiabilidade volumétrica do sistema de aproveitamento de água de chuvas é de 110,44%.

4.9.1 Método Azevedo Neto

Neste método de Azevedo Neto, calculou-se o volume do reservatório de água de chuva por um procedimento prático através de uma equação, onde são considerados somente três parâmetros, que são eles a área de captação, precipitação média anual de chuvas e a quantidade de meses com menor índice de chuvas. Para o cálculo é utilizado a equação 12, onde a área de captação é de $A = 2121,93 \text{ m}^2$, precipitação média anual é de 1545,9 mm e o número de meses secos ou com pouca chuva adotados foram cinco meses, seguindo as diretrizes estabelecidas por Dornelles et. All (2010), que os meses considerados de pouca ou nenhuma chu-

va são aqueles que apresentam precipitação média inferior a 100 mm. Portanto, substituindo os valores na equação, obtivemos o volume do reservatório como mostrado na tabela 33:

Tabela 33 - Planilha do cálculo do Método de Azevedo Neto

Precipitação média anual (mm)	Número de meses com pouca chuva	Área de captação m ²	Volume do Reservatório (m ³)
1545,9	5	2121,93	68,9

Fonte: Próprio Autor, 2015.

4.9.2 Método prático alemão

Este método segundo a ABNT NBR 15527:2007, foi determinado através procedimento empírico, onde o adotado como volume do reservatório é o menor valor entre 6 % do volume aproveitado de chuva anual e 6 % do volume anual de consumo. O volume adotado deu-se através da equação 13, considerando somente 6 % dos volumes calculados a seguir, sendo eles, o volume aproveitável de chuva (V) por meio do produto entre a média anual $V = 1545,9$ mm, a área de captação $A = 2121,93$ m², o coeficiente de Runoff $C = 0,9$ e a eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva η first flush = 85%, e também a demanda anual de água de chuva para os aparelhos contemplados $D = 373,69$ m³.

Calculou-se o volume do reservatório de água substituindo na equação, demonstrando os valores na tabela 34.

Tabela 34 - Planilha do Método Prático Alemão

Volume aproveitável de água de chuva anual (m ³)	Demanda anual de água não potável (m ³)	Volume de 6 % aproveitável de água de chuva anual (m ³)	Demanda de 6 % anual de água não potável (m ³)	Volume do reservatório adotado (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5
2509,42	373,69	150,57	9,03	9,03

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Descrição:

Coluna 1 = Volume de chuva anual aproveitável em m³, onde se obteve pela equação: média anual de precipitação x área de captação x coeficiente de Runoff x eficiência do sistema.

Coluna 2 = Demanda anual de água de chuva em m³ da edificação nos aparelhos contemplados de acordo com o levantamento feito do Centro Tecnológico na tabela 27.

Coluna 3 = Volume de chuva anual aproveitável em m³ para fins de determinação do volume do reservatório, onde se obteve em m³ pela equação: coluna 1 x 6 %.

Coluna 4 = Demanda anual de água de chuva em m³ para fins de determinação do volume do reservatório, dado pela coluna 2 x 6 %.

Coluna 5 = Volume do reservatório adotado, sendo determinado pelo menor valor entre as colunas 3 e 4.

4.9.3 Método prático inglês

O volume do reservatório obtido pelo cálculo utilizando o método inglês determinou-se pela equação 14, onde foram empregados somente a precipitação média anual de chuva e a área de captação, não levando em conta os dados sobre demanda de água na edificação. Este método considera que o volume ideal do reservatório seja de 5 % do volume de água captada pela cobertura. Para a precipitação média anual adotou-se $P = 1545,9$ mm e a área de captação $A = 2121,93$ m², conforme já apresentados nos métodos anteriores. Para fins de cálculo substituindo os valores adotados na equação, os resultados são apresentados na tabela 35.

Tabela 35 - Planilha do Método Prático Inglês

Precipitação média anual (mm)	Precipitação média anual x 0,05 (mm)	Área de captação (m²)	Volume do Reservatório (m³)
1545,9	77,30	2121,93	164,01

Fonte: Próprio Autor, 2015.

A partir dos resultados obtidos, adotou-se o volume do reservatório de 39m³, o qual foi determinado pelo Método da Análise de Simulação, por conter mais variáveis para análise e dimensionamento, sendo eficaz e satisfatório para os presentes estudos elaborados. Este volume foi dividido entre o reservatório inferior e o reservatório superior.

4.10 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Por meio de visitas e análises no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA, possibilitou-se a definição sobre a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuvas na edificação. O Sistema começará pela captação da água precipitada através da calha já existente que recebe a contribuição das coberturas internas e das calhas nas extremidades que foram implantadas para receberem a contribuição das coberturas externas. Esta água de chuva captada pelas calhas seguirá por condutores verticais, onde para a captação interna já existem tubos com diâmetro de 100 mm e para a captação das partes externas seguirão por condutores de 75

mm. Vale ressaltar que deve ser instalado em cada prumada ou condutor vertical o filtro de descida 3P Rainus, apresentado no item 2.15.1.

Em seguida para a captação das coberturas externas, serão utilizadas para ligação entre o condutor vertical e o condutor horizontal de cada prumada as reduções excêntricas de 75 mm para 100 mm e posteriormente será conectado o condutor horizontal através de uma curva de 90° de raio longo de 100 mm, conduzindo até a caixa de areia. Conectados os condutores das cinco prumadas até as caixas de areias, o fluxo da água seguirá até o final da edificação, interligando as caixas de areia, por meio de condutores verticais de 250 mm até o final da edificação, onde haverá outra caixa de areia para a mudança de direção do fluxo da água captada, conduzindo até o reservatório de autolimpeza. Considerando que esse sistema de captação e condução da água de chuva, correspondentes às coberturas internas, já existem, havendo apenas a necessidade de direcionamento deste fluxo até o reservatório de autolimpeza.

Ao ser conduzido o fluxo de água de chuva captado, é feito o descarte da primeira água através do reservatório de autolimpeza de 4,5 m³, o qual realizado automaticamente, sem intervenção humana por meio de um sistema denominado separador de fluxo, onde sua função é desviar o primeiro fluxo de água, com descarte lento, para que apenas água limpa seja encaminhada ao reservatório inferior de reservação, sendo que este descarte lento foi determinado através de um orifício de saída com 14 mm conectado diretamente na galeria de água pluvial. O filtro indicado para o sistema, conforme o item 2.15.7, por possuir área de captação maior que 500 m² e menor que 3.000 m², foi o Filtro Fino Vortex WFF 300. Do reservatório inferior a água deverá ser bombeada por uma bomba centrífuga para o reservatório superior, distribuindo para os aparelhos contemplados.

O reservatório de armazenamento foi dividido em dois, sendo o inferior enterrado com 36 m³, feito de concreto armado e o superior com 3 m³ de polietileno. O reservatório inferior deverá ser munido em seu interior os seus componentes, demonstrados no item 2.15 como, freio d'água, sifão ladrão e filtro flutuante de sucção ou boia-mangueira. O reservatório superior deverá estar equipado com a boia de mercúrio, apresentada no item 2.15.4.

O sistema de aproveitamento de água de chuva deverá contar também com um kit de interligação automática de água potável, o qual utilizado em casos de estiagens prolongadas ou demanda acima do potencial de captação.

O reservatório inferior foi pré-lançado, sendo locado aos fundos da edificação mostrado na figura 41 e o reservatório superior acima do forró da edificação apoiado sobre uma estrutura metálica, juntamente com os demais já existentes como mostra na figura 42, servin-

do para o abastecimento diário e fornecendo pressão suficiente para os pontos de utilização de água de chuva.

Figura 41 - Fachada posterior do Centro Tecnológico



Fonte: Próprio Autor, 2015.

Figura 42 - Reservatórios já existentes na edificação.



Fonte: Próprio Autor, 2015.

O modelo utilizado para o bombeamento da água armazenada no reservatório inferior, para o reservatório superior é a moto-bomba BC-91 S/T de 1/6 CV, fornecida pela empresa Schneider Motobombas (2015) com tubulação de sucção de 1 ¼ polegadas e tubulação de recalque de 1 polegada. Definiu-se seu tempo de funcionamento de 1 hora para encher o reservatório superior e seu acionamento a cada 1,66 dias, sendo que foi dimensionada a partir

do software Hydros V4 fornecido pela empresa Altoqi, obedecendo os conceitos descritos na ABNT NBR 5626:1998 e ABNT NBR 12214:1992.

No apêndice C apresentou-se no projeto duas moto-bombas, em razão de um ser utilizado como reserva para os casos de manutenção.

Segundo Couto (2012), a água de chuva captada deverá ser clorada com hipoclorito de sódio ou de cálcio com uma dosagem de 30 ml/1000l de água (12,5% de cloro) do tipo flutuante (de piscinas) utilizando pastilhas de cloro. É aconselhável segundo Tomaz (2009) que se utilize um dosador automático, na saída da bomba de recalque, principalmente quando está água captada das chuvas, forem utilizadas para descargas em bacias sanitárias.

Nos pontos onde houver abastecimento por água não potável deverá haver registro de acionamento restrito em caso de torneiras e identificação de água não potável, como mostra as figuras 36 e 37, no item 2.22.

Depois de implantado o sistema, deve-se manter uma rotina de inspeção e limpeza do sistema, segundo as orientações da ABNT NBR 15527:2007, apresentada na tabela 15, garantindo um bom funcionamento do sistema.

Em seguida foi dimensionado e validado o sistema de aproveitamento de água de chuva, apresentados em geral nos apêndices A B e C o projeto com as soluções adotadas e os devidos detalhes em ambiente CAD. O dimensionamento do sistema de distribuição de água não potável realizou-se através do software Hydros da empresa Altoqi.

4.11 VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a análise da viabilidade técnico-econômica foram levantados os quantitativos de materiais e mão de obra, mediante o projeto executivo elaborado apresentados nos apêndices A B e C. Após a primeira etapa realizou-se com base nos quantitativos o levantamento dos preços dos insumos, os quais foram obtidos através das tabelas do SINAPI e AGETOP. Além destes, foram pesquisados custos em empresas especializadas em captação e aproveitamento de água de chuva, que dispõem de lojas virtuais, onde foram encontrados componentes mais específicos do sistema, como as empresas Leroy Merlin, Greens Store, Reser Ecomateriais e Eco Sustentável.

Tabela 36 - Planilha Orçamentária

Orçamento							
Projeto: Aproveitamento de Água de Chuva no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA							
Acadêmicos: Victor Manoel Matias Romão e Vinícius César Gomes							
Data: Novembro/2015						BDI	25%
Item	Descrição	Referência	Unidade	Quantidade	Valor/Unid. R\$	Total R\$	% Item
1	Moto-bomba Centrifuga Monoestágio BC-91 S/T - Schneider 1 1/4"	SINAPI	pç	2,00	R\$ 698,59	R\$ 1.397,18	2,159%
2	Válvula de pé com crivo - 1"	SINAPI	pç	1,00	R\$ 36,82	R\$ 36,82	0,057%
3	Adapt PVC sold.curto c/bolsa-rosca p registro 32 mm - 1"	SINAPI	pç	1,00	R\$ 1,38	R\$ 1,38	0,002%
4	Tubo PVC rígido soldável 25 mm - água fria	SINAPI	m	16,48	R\$ 3,00	R\$ 49,44	0,076%
5	Tubo PVC rígido soldável 32 mm - água fria	SINAPI	m	3,74	R\$ 6,44	R\$ 24,09	0,037%
6	Registro metal bruto de gaveta industrial - 1"	SINAPI	pç	2,00	R\$ 34,13	R\$ 68,26	0,106%
7	Registro metal bruto de gaveta industrial - 3/4"	SINAPI	pç	3,00	R\$ 21,62	R\$ 64,86	0,100%
8	Adapt PVC sold. c/ flange livre p/cx. d'água 25 mm - 3/4"	SINAPI	pç	1,00	R\$ 9,40	R\$ 9,40	0,015%
9	Adapt PVC sold.curto c/bolsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	SINAPI	pç	2,00	R\$ 0,70	R\$ 1,40	0,002%
10	Joelho 90° PVC soldável - 25 mm	SINAPI	pç	5,00	R\$ 0,42	R\$ 2,10	0,003%
11	Joelho 90° PVC soldável água fria - 32 mm	SINAPI	pç	2,00	R\$ 1,10	R\$ 2,20	0,003%
12	Tê 90° PVC soldável - 25 mm	SINAPI	pç	1,00	R\$ 1,15	R\$ 1,15	0,002%
13	Tê 90° PVC soldável - 32 mm	SINAPI	pç	1,00	R\$ 2,87	R\$ 2,87	0,004%
14	Kit de realimentação automática - 1 "	Greens Store	pç	1,00	R\$ 349,70	R\$ 349,70	0,540%
15	Caixa d'água 3000 litros - Polietileno	Leroy Merlin	pç	1,00	R\$ 1.275,90	R\$ 1.275,90	1,972%
16	Válvula de retenção vertical - 3/4 "	SINAPI	pç	2,00	R\$ 23,48	R\$ 46,96	0,073%
17	Boia de nível inferior - Acionamento automático	SINAPI	pç	1,00	R\$ 33,00	R\$ 33,00	0,051%
18	Boia de nível superior - Acionamento automático	SINAPI	pç	1,00	R\$ 33,00	R\$ 33,00	0,051%
19	Boia Mangueira flutuante de sucção - 1 1/4	ECO Sustentável	pç	1,00	R\$ 250,00	R\$ 250,00	0,386%
20	Curva 45° longa - PVC esgoto - 75 mm	SINAPI	pç	20,00	R\$ 15,91	R\$ 318,20	0,492%
21	Curva 90° longa - PVC esgoto - 100 mm	SINAPI	pç	10,00	R\$ 28,61	R\$ 286,10	0,442%
22	Tubo PVC rígido soldável 75 mm - esgoto predial	SINAPI	m	84,25	R\$ 7,60	R\$ 640,30	0,990%
23	Tubo PVC rígido soldável 100 mm - esgoto predial	SINAPI	m	16,55	R\$ 8,63	R\$ 142,83	0,221%
24	Redução excêntrica PVC 100 x 75	SINAPI	pç	10,00	R\$ 1,85	R\$ 18,50	0,029%

mm - esgoto predial							
25	Tubo PVC rígido leve - 250 mm	SINAPI	m	152,95	R\$ 38,00	R\$ 5.812,10	8,983%
26	Tubo PVC rígido leve - 200 mm	SINAPI	m	0,59	R\$ 35,00	R\$ 20,65	0,032%
27	Tê 90° PVC coleta de esgoto - 250 mm	SINAPI	m	1,00	R\$ 756,09	R\$ 756,09	1,169%
28	Calha de chapa galvanizada	SINAPI	m ²	31,74	R\$ 18,38	R\$ 583,38	0,902%
29	Freio d'água - 200mm	RESER Ecomateriais	pç	1,00	R\$ 733,00	R\$ 733,00	1,133%
30	Sifão Ladrão c/ Válvula de Retenção - 200mm	RESER Ecomateriais	pç	1,00	R\$ 970,00	R\$ 970,00	1,499%
31	Filtro Fino Vortex WFF 300	Acquatech	pç	1,00	R\$ 5.142,00	R\$ 5.142,00	7,947%
32	Tela arame galvanizado fio 18 - malha 2 cm x 2 cm quadrada ou losango	SINAPI	m ²	40,36	R\$ 18,74	R\$ 756,35	1,169%
33	Mão-de-obra para instalação dos itens acima	SINAPI	h	72,00	R\$ 45,43	R\$ 3.270,96	5,056%
34	Caixa de inspeção 60x60 com tampa de concreto (material + mão de obra)	SINAPI	und	10,00	R\$ 107,98	R\$ 1.079,80	1,669%
35	Caixa de inspeção 80x80 com tampa de concreto (material + mão de obra)	SINAPI	und	4,00	R\$ 192,11	R\$ 768,44	1,188%
36	Caixa de inspeção 100x100 com tampa de concreto (material + mão de obra)	SINAPI	und	1,00	R\$ 309,93	R\$ 309,93	0,479%
37	Caixa de inspeção 120x120 com tampa de concreto (material + mão de obra)	SINAPI	und	1,00	R\$ 440,18	R\$ 440,18	0,680%
38	Casa de máquinas - Moto-Bombas (material + mão de obra)	SINAPI	und	1,00	R\$ 800,00	R\$ 800,00	1,236%
39	Reservatório de descarte enterrado de concreto armado com tampa - 4,5 m ³ (material + mão de obra)	SINAPI	m ³	4,50	R\$ 666,82	R\$ 3.000,69	4,638%
40	Reservatório enterrado inferior de concreto armado com tampa - 36m ³ de água (material + mão de obra)	SINAPI	m ³	52,79	R\$ 666,82	R\$ 35.201,4	54,407%
Valor total do sistema de aproveitamento de água de chuva (R\$)						R\$ 64.700,63	

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Foram estimados que para as instalações dos aparelhos citados no item 1 ao 32 da tabela orçamentária abaixo (tabela 36), foram gastos 8 dias de serviço com uma jornada de trabalho de 9 horas por dia, totalizando 72 horas, onde foram pagas a 3 profissionais. Não foram orçados as calhas e condutores responsáveis pela captação de água pluvial das coberturas intermediárias, sendo computada na tabela orçamentária somente a tela de proteção da calha contra possíveis sólidos em seu interior, vindo a ocorrer entupimentos dos condutores verticais.

Analisando a planilha orçamentária, podemos observar que o reservatório inferior de reservação, contribui para 54,40% do valor total estimado do sistema. Isso mostra que ele representa a parte mais cara do sistema, sendo passível de novos estudos para utilização de

outros tipos de reservatórios podendo possibilitar um menor custo total do sistema, o tornando mais viável economicamente. Os 45,60% são outros componentes do sistema.

A estimativa custo de energia elétrica para o funcionamento da moto-bomba Centrífuga Monoestágio BC-91 S/T 1/6 cv/hp, foi estimado através do tempo de utilização e a potência em Watts demandada. Sabendo-se que a tarifa de energia elétrica para edificações do subgrupo B3 (Industrial – Comercial – Serviços – Poder Público – Consumo próprio) tem o valor de 0,46660 R\$/KWh segundo a CELG (2015). Sabendo-se que 1 Cv é igual a 7355 W, portanto 1/6 Cv equivale a cerca de 122,6 W. A bomba entrará em funcionamento a cada 1,66 dias e levará 1 hora para preencher o reservatório superior, desconsiderando os domingos seu consumo anual será de 23,11 KWh, gerando um valor de R\$ 10,78.

Com uma demanda de água potável de 373,69 m³ segundo a tabela 27, é possível aproveitar a água de chuva para toda essa demanda no ano. De acordo com dados obtidos SANEAGO (2015), para edificações do tipo Comercial I (edificações não residenciais e não industriais de médio e grande porte) e com demanda mensal maior que 10 m³, o custo da tarifa de água potável é de R\$ 7,50 m³. Sendo assim, se esta demanda anual da edificação fosse suprida pela SANEAGO, o Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA gastaria um total de R\$ 2802,67 anuais com abastecimento de água potável.

Para a verificação do retorno do investimento do sistema utilizou-se a divisão entre o valor estimado do sistema de água de chuva através da tabela 36 orçamentária e o valor total anual da tarifa de água potável, concebida pela concessionária local. A partir destas premissas, determinou-se então que o sistema seria pago em 23,08 anos, ou seja, quase 23 anos e um mês, onde nestes anos serão gastos cerca de R\$ 248,80 com energia para funcionamento da bomba.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água por ser uma fonte finita e dependermos dela para a nossa sobrevivência, necessitamos de técnicas para de alguma forma economizarmos tendo uma visão para o futuro, evitando que a população seja vítima de conflitos de uso e restrita ao consumo em regiões que apresentam um estado de calamidade em relação a crise hídrica. Seguindo esta linha de pensamento, este trabalho alcançou os objetivos propostos, onde primeiramente através de uma revisão literária bem formulada por meio de estudos e pesquisas, apresentamos os principais critérios de dimensionamento e requisitos para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, aplicando estes em um estudo de caso no Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA de Anápolis-GO.

No decorrer do trabalho, depois de realizado um estudo de campo, foram analisados e determinados os aparelhos contemplados pelo sistema e as áreas de captação de água de chuva e suas respectivas vazões. Através de pesquisas bibliográficas foram obtidos os índices pluviométricos da região, seguidos de uma coleta de dados com funcionários e técnicos de laboratórios para uma estimativa de consumo de água não potável mensal e anual dos aparelhos determinados.

Estimado o consumo médio de água nos aparelhos, foram dimensionados os componentes de transporte da água precipitada através principalmente das vazões nos determinados transportadores, como as calhas, condutores verticais e horizontais, os quais transmovem a água captada até o reservatório de autolimpeza, que depois dos seus devidos procedimentos conduz a água de chuva até o reservatório de armazenamento inferior, que por meio de bombeamento é lançado até o reservatório superior pronto para ser distribuído para os aparelhos contemplados.

A maior dificuldade veio em determinar o volume do reservatório, por existir vários métodos descritos na ABNT NBR 15527:2007 para o dimensionamento deste volume e estes métodos chegando a resultados bastante divergentes quando dimensionados. As análises comparativas foram feitas entre os métodos de Rippl, Análise da Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão e o Prático Inglês, restando somente o Prático Australiano que não foi realizado por conter os mesmos parâmetros de dimensionamento do Método da Análise de Simulação. O método determinado para o dimensionamento, por contar com a maior quantidade de parâmetros a ser utilizado foi o Método da Análise de Simulação, onde por meio da inserção dos dados solicitados foi determinado o volume do reservatório para que atendesse toda a demanda de água nos aparelhos contemplados, sem ter que utilizar água vinda de outras fon-

tes. Sendo assim, o sistema por conter uma área de captação capaz de atender muito mais que a demanda dos aparelhos contemplados, extravasou água em 75% dos meses. Salientamos que por não contarmos com um aparelho de medição preciso do consumo de água nos aparelhos, os valores obtidos através dos levantamentos não apresentam resultados muito precisos.

Depois de realizado todo o dimensionamento do sistema, foi elaborado um projeto executivo para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva para o Centro Tecnológico da UniEVANGÉLICA. Após realizado o projeto executivo do sistema, foi desenvolvido o orçamento discriminado estimado por meio do levantamento de quantitativos do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Este projeto não demonstrou uma viabilidade econômico-financeira devido ao seu tempo de retorno do investimento gasto na implantação ser relativamente longo, levando em torno de 23 anos e um mês. A inviabilidade econômico-financeira se deve ao alto valor do custo do reservatório de armazenamento inferior, chegando a ultrapassar 54% do valor de implantação de água de chuva. Porém, não se deve olhar somente a viabilidade técnica-econômica, mas também a viabilidade sócio-ambiental, onde além de trazer uma economia em alguns casos, contribuem para os problemas diversos relacionados contra a escassez de recursos hídricos e enchentes em grandes cidades. Portanto, um sistema de aproveitamento de água de chuva sustentável deve garantir água de boa qualidade para serem utilizadas pelos aparelhos, com segurança de drenagem e baixo custo para funcionamento, durante toda a vida útil da edificação aonde será instalado sistema de aproveitamento de água de chuva.

Por meio destas conclusões, recomenda-se para futuros acadêmicos que tiverem a possibilidade de realizar estudos de caso como este, elabore e procure meios alternativos para que o projeto se torne mais viável.

REFERÊNCIAS

ALTOQI HYDROSV4. **AltoQI**. Tecnologia em Informática Ltda. Florianópolis/SC,2015.

AMORIM, Simar Veira; PEREIRA, Daniel José de Andrade. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ANA (Agência Nacional de Águas). **GEO Brasil: recursos hídricos**. Brasília, p. 27, 2007.

ANA, Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; SindusCon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do SindusConSP - **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo, junho de 2005. Prol Editora Gráfica.

ANA; FIESP; SindusCon-SP. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória, 2005**. Disponível em: http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20%20Karla%20Ponzo.PRN_.pdf>. Acesso em: mai. 2015

AQUASTOCK CATÁLOGO DE PRODUTOS. Disponível em: **AQUASTOCK CATÁLOGO DE PRODUTOS**. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/>>. Acesso em: maio. 2015.

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

_____. **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. NBR 12213 de abril de 1992.

_____. **Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis** – Requisitos, setembro de 2007. NBR 15527/07.

BRASIL. Secretaria de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente – **Água: Manual de Uso**. Brasília – DF, 2006.

CAMPOS, Marcus André Siqueira. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CATÁLOGO DE COMPOSIÇÕES ANALÍTICAS – **SINAPI** - Data Base: agosto/2015.

CLARK, Robin; KING, Jannet. **O Atlas da água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

Clube de Notícias. Goiânia-GO. **Clube de Engenharia de Goiás**, 2015. 9912330570/2013-DR/GO.

COHIM, E. *et al.*, Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte: ABES, 2007.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/MMA/ IDEC, 2002. Disponível em: <http://www.idec.org.br/esp_ma_manualconsumo.asp>. Acesso: 21 jan. 2005.

COSTA, Cássio Giovanni de Aguiar. **Água de chuva para fins não potáveis: análise da percepção dos atores sociais de Rondonópolis em Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado) - Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande, 2007.

COUTO, Vanessa Bacca. **Projeto de aproveitamento da água da chuva para o Ginásio de Esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) Em Joinville**. 2012 . p. 2005. Trabalho de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina.

CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO ONERADOS - SINAPI - Data Base: setembro/2015 - Região: Goiás - Leis Sociais: 121,34%;

DANTAS, T. **Avaliação de qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Pirangi/RN**. Monografia (Curso de Tecnologia em Controle Ambiental) - Centro federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

DANTAS, T. N. P., 2008. **Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Pirangi/RN**. Monografia (Curso de Tecnologia em Controle Ambiental) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Natal

DE LIMA, Ricardo Paganelli.; Machado, Thiago Garcia. **Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações**. 2008. p. 46. Monografia (Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, São Paulo. 2008.
doc>. Acesso em: 24 mai 2015.

DORNELLES, Fernando; TASSI, Rutinéia; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. **Revista brasileira de recursos hídricos**, Porto Alegre, v. 15, n.2, p. 59-68,

EBC. **Agricultura é quem gasta mais água no Brasil e no Mundo**. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo>>. Acessado em maio de 2015.

ECOÁGUA. Disponível em: <<http://ecoagua.pt/sbo/downloads/3P%20Rainus.pdf>>. Acesso: 18 ago. 2015.

ECOSUSTENTÁVEL EQUIPAMENTOS E SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Equipamentos avulsos**. Disponível em: <<http://www.ecosustentavel.eng.br/captacaodeaguadechuva/equipamentosavulsos>>. Acesso: 03 Nov. 2015.

ECOHABITAT .Disponível em: <http://ecohabitatbrasil.com.br/exibe_produtos.php?id=14&t=2>. Acesso em: mai.

F. A. (Org.) **Ângulos da água: desafios da integração**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. p.157-83 Feito e como Ampliar Sua Aplicação no Campo. Centro de Pesquisa do Trópico.

ECOSUSTENTÁVEL EQUIPAMENTOS E SOLUÇÕES AMBIENTAIS. Equipamentos avulsos. Disponível em: <<http://www.ecosustentavel.eng.br/captacaodeaguadechuva/equipamentosavulsos>>. Acesso: 03 Nov. 2015.

FENDRICH, Roberto. **Chuvas intensas para obras de drenagem no estado do Paraná**. - 2. ed. revisada e ampliada – Curitiba - PR: Vicentina Gráfica e Editora, 2003.

FENDRICH, Roberto; OLIYNIK, Rogério. **Manual de Utilização das Águas Pluviais – 100 Maneiras Práticas**. - 1. ed. - Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FREITAS, Marco Aurélio Vasconcelos de & SANTOS, Afonso Henriques Moreira. **Importância da Água e da Informação Hidrológica**. In: O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL e ANA, 1999.

FT ÁGUA DE CHUVA. Disponível em: <<http://agua-dechuva.com/brazil/index.php?content=kitchuva>>. Acesso em: mai. 2015.

GREENS STORE. **Equipamentos avulsos**. Disponível em:<<http://e-greens.com.br/agua-dechuva/equipamentosavulsosaguadechuva.html?p=2>>. Acesso: 03 Nov. 2015.

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

GNADLINGER, J. Coleta de água de chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2, 2000, Holanda. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: mai. 2015.

GONÇALVES, P. M. Elementos de análise econômica relativos ao consumo predial do PNCDA – DTA B1. In: **Bases Metodológicas para a Racionalização do Uso de Água e Energia no Abastecimento Público de Água em São Paulo** (Dissertação de Mestrado IEE/EP/IF/FEA. p.95). Programa Nacional de Combate Ao Desperdício de Água – DTA B1. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1998, p. 46.

GREENS STORE. **Equipamentos avulsos**. Disponível em: <<http://e-greens.com.br/agua-de-chuva/equipamentosavulsosaguadechuva.html?p=2>>. Acesso: 03 Nov. 2015.

HARVESTING BRASIL. Disponível em: <<http://harvesting.com.br/produto/32-separador-de-fluxo-300-mm/>>. Acesso em: 01.nov. 2015.

HARVESTING BRASIL. Disponível em: <<http://harvesting.com.br/>>. Acesso em: 28.out. 2015.

HARVESTING BRASIL. Disponível em: <<http://harvesting.com.br/wp-content/uploads/2015/08/First-Flush-Water-Diverter-Downpipe-Spec-Brazil1.pdf>>. Acesso em: 01.nov. 2015.

HERRMANN, T.; SHIMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*, 1(4), 308-316, 1999. LEAL, U. Ciclo da água na edificação. **Téchne**, v. 9, n. 48, p. 45-6, abril/maio, 2000. TOMAZ, P. Conservação da água. 1 ed. São Paulo: Parma, 1998.

JCNET. Brasil está entre os quatro líderes mundiais em construções sustentáveis. Disponível em: < <http://www.jcnet.com.br/Geral/2013/06/brasil-esta-entre-os-quatro-lideres-mundiais-em-construcoes-sustentaveis.html>>. Acessado em maio de 2015.

LEROY MERLIN A CASA DA SUA CASA. **Ferramentas**. Disponível em:< <http://www.leroymerlin.com.br/ferramentas>>. Acesso: 03 Nov. 2015.

LEROY MERLIN A CASA DA SUA CASA. **Ferramentas**. Disponível em:< <http://www.leroymerlin.com.br/ferramentas>>. Acesso: 03 Nov. 2015.

LOULY, Alessandro Araujo. **Reuso de águas pluviais em ambientes domésticos e a diminuição de impactos ambientais**. 2008. p. 37. Trabalho de conclusão do Curso de Tecnólogo em Tecnologia em Gestão Ambiental - Centro Federal de Educação Tecnológica, Goiás.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. São Paulo, 2008. 222 p.

MIELI, J. C. de A. - **Reúso de Água Domiciliar**. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2001.

NUNES, Patrícia Amaral Wernke. **Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para um conjunto residencial segundo a norma brasileira NBR 15527 (ABNT, 2007): caso da cidade de Joinville – SC**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2008.

OAS (*Organization of American States*). **Rainwater harvesting from rooftop catchments**. Disponível em: < <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea59e/ch10.htm>>. Acesso em maio. 2015.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; BARBOSA, F. O. A.; ROMÃO, P. A.; CARVALHO, D. F. **Estimativa das Equações de Chuvas Intensas para Algumas Localidades no Estado de Goiás pelo Método da Desagregação de Chuvas**. Universidade Federal de Goiás. [S.D].

OLIVEIRA, N. N. (2008). Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprio da educação da rede Municipal de Guarulhos. p. 80. Otenio; *et al.*, Influencia da Água Industrial em Pontos Críticos de Controle, em Laticínio de Bandeirantes - Paraná. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 60, n. 345, p. 49-52, 2005.

PESSOA, G. B. (2007). Aproveitamento de água: estudo de caso no AISP - Guarulhos. p.48.

PLINIO TOMAZ: Capítulo 22 - **Métodos de avaliação do sistema de aproveitamento de água de chuva**. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/livros.shtml>>. Acesso em: maio. 2015.

PREFEITURA DE ANÁPOLIS. **Aspectos Geográficos**. Disponível em: <
<http://www.anapolis.go.gov.br/portal/anapolis/aspectos-geograficos/>>. Acesso em: 27.Out.
2015.

PORTO, E. R. *et al.*, Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção. RAMOS, André da Costa. **Utilização das Técnicas de Avaliação de Risco como Auxílio nas Decisões de Investimento de Capital**. Disponível em:
www.estacio.br/graduacao/administracao/artigos/tecnicas_avaliacao.pdf. Acesso em: 04 Nov.
2015.

REBOUÇAS, A. da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, v. 13, n. Especial, p. 341-345, 2003.

RESER ECOMATERIA. **Acessórios**. Disponível em:<
<http://www.reserecomateriais.com.br/Agua-de-chuva/acessorios/>>. Acesso: 03 Nov. 2015.

SANEAGO AGÊNCIA VIRTUAL. **Tarifas de água e esgoto**. Disponível em: <
<https://www.saneago.com.br/site/agencia/tabela.php?servicos=0>>. Acesso em: 04.nov. 2015.

SECURATO, José Roberto. **Decisões Financeiras em Condições de Risco**. São Paulo: Atlas. 1993. Semiárido (CPATSA), 1999. Disponível em: 8 – Referências Bibliográficas 139.

SILVA, C. H. R. T (2012). Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil. **Boletim Legislativo**, n. 3. Disponível em:. Acesso em: 18 jan. 2013.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. **Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso**. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP,

SRINIVASAN, V.S. *et al.* Bacia Experimental de São João do Cariri-PB. In: Righetto, A.M. (Org.), **Implantação de Bacias Experimentais no Semi-árido**, Cap. 4, FI-NEP/FUNPEC/CNPq/CTBRASIL, 2004 p.93-126.

TABELA DE PREÇOS DE INSUMOS ONERADOS - SINAPI - Data Base: agosto/2015 - Região: Goiás - Leis Sociais: 121,34%;

TERPSTRA, P. M. J. Sustainable water usage systems: model for the sustainable utilization of domestic water in urban areas. **Water Science Technology**, v. 39 n. 5, p. 65-72, 1999.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. (P. Tomaz, Ed.) Rio de Janeiro, Brasil: Fundo Editorial, 1998.

_____. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

_____. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar, 2000.

_____. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. Editor Plínio Tomaz, São Paulo, 2009, 268p.

_____. **Instalações prediais de águas pluviais**. NBR 10844 de dezembro de 1989.

Teixeira, L. L. (2008). *Análise Integrada do meio físico como subsídio ao diagnóstico de processos erosivos na bacia do Ribeirão extrema em Anápolis (GO)*. p. 43.

TUNDISI, J. G. *et al.*, **Conservação e uso sustentável de recursos hídricos**. In: BARBOSA,

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acessado em maio de 2015.

UNIEVANGÉLICA. **Centro Tecnológico**. Disponível em: <<http://www.unievangelica.edu.br/>>. Acesso: 21 Out. 2015.

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**. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

APÊNDICE A

APÊNDICE B

APÊNDICE C

APÊNDICE D

Controle de Atividades Práticas dos Laboratórios do Centro Tecnológico

Estimativa total de utilização da
descarga em bacia sanitária por
laboratório/aula

Data	Horário de Início	Horário de Término	Horas utilizadas	Laboratório Utilizado	Quantidade de Alunos	Total de horas - Horas util. X quant. Alunos	Quant. utilização descarga por aula/laboratório
03/fev	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
04/fev	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
04/fev	19:00	22:30	03:30	Saneamento	30	105:00:00	29,17
04/fev	19:00	22:30	03:30	Materiais	30	105:00:00	29,17
04/fev	21:00	22:30	01:30	Entomologia	63	94:30:00	26,25
05/fev	21:00	21:15	00:15	Sala de Prensa	10	2:30:00	0,69
05/fev	10:00	11:45	01:45	Entomologia	60	105:00:00	29,17
06/fev	13:00	19:00	06:00	Saneamento	15	90:00:00	25,00
06/fev	21:15	22:25	01:10	Materiais	20	23:20:00	6,48
06/fev	19:00	22:20	03:20	Saneamento	40	133:20:00	37,04
06/fev	20:00	20:05	00:05	Prensa	1	0:05:00	0,02
06/fev	10:00	12:40	02:40	Física	60	160:00:00	44,44
09/fev	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
09/fev	19:00	22:30	03:30	Saneamento	40	140:00:00	38,89
10/fev	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
10/fev	10:00	11:00	01:00	Topografia	60	60:00:00	16,67
11/fev	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
11/fev	19:00	22:30	03:30	Entomologia	60	210:00:00	58,33
11/fev	19:00	22:30	03:30	Saneamento	40	140:00:00	38,89
11/fev	19:00	22:30	03:30	E.C (Materiais)	50	175:00:00	48,61
11/fev	19:00	22:45	03:45	Materiais	60	225:00:00	62,50
12/fev	10:00	11:45	01:45	Entomologia	60	105:00:00	29,17
12/fev	15:00	17:00	02:00	Saneamento	15	30:00:00	8,33
13/fev	13:00	19:00	06:00	Saneamento	15	90:00:00	25,00
14/fev	08:00	12:00	04:00	Topografia	45	180:00:00	50,00
14/fev	13:00	17:30	04:30	Topografia	38	171:00:00	47,50
14/fev	13:00	17:00	04:00	Aeronaves	60	240:00:00	66,67
19/fev	10:00	11:45	01:45	Entomologia	60	105:00:00	29,17
19/fev	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
20/fev	08:30	11:30	03:00	Topografia	40	120:00:00	33,33
20/fev	13:00	19:00	06:00	Saneamento	15	90:00:00	25,00
21/fev	08:00	12:00	04:00	Topografia	42	168:00:00	46,67
21/fev	13:00	17:00	04:00	Topografia	48	192:00:00	53,33
21/fev	13:00	17:00	04:00	Aeronaves	60	240:00:00	66,67
23/fev	20:00	22:40	02:40	Física	60	160:00:00	44,44

23/fev	15:00	17:00	02:00	Saneamento	15	30:00:00	8,33
23/fev	19:00	22:30	03:30	Saneamento	60	210:00:00	58,33
24/fev	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
24/fev	21:00	22:00	01:00	Prensa	50	50:00:00	13,89
24/fev	21:00	22:30	01:30	Entomologia	30	45:00:00	12,50
25/fev	19:00	22:40	03:40	Materiais	50	183:20:00	50,93
25/fev	21:00	21:20	00:20	Prensa	20	6:40:00	1,85
25/fev	07:15	11:00	03:45	Materiais	50	187:30:00	52,08
26/fev	10:00	11:45	01:45	Entomologia	60	105:00:00	29,17
26/fev	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
26/fev	17:10	18:50	01:40	Química	20	33:20:00	9,26
26/fev	21:00	22:40	01:40	Química	20	33:20:00	9,26
02/mar	10:00	11:00	01:00	Prensa	50	50:00:00	13,89
02/mar	15:00	17:00	02:00	Saneamento	15	30:00:00	8,33
02/mar	19:00	22:30	03:30	Saneamento	60	210:00:00	58,33
02/mar	19:00	22:10	03:10	Física	30	95:00:00	26,39
03/mar	07:00	09:40	02:40	Hidráulica	50	133:20:00	37,04
03/mar	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
03/mar	19:00	22:10	03:10	Saneamento	35	110:50:00	30,79
04/mar	07:15	09:40	02:25	Materiais	50	120:50:00	33,56
04/mar	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
04/mar	08:00	11:00	03:00	Física	40	120:00:00	33,33
04/mar	19:00	22:30	03:30	Saneamento	60	210:00:00	58,33
04/mar	19:00	22:30	03:30	Aeronáutico	32	112:00:00	31,11
05/mar	10:00	11:45	01:45	Entomologia	60	105:00:00	29,17
05/mar	16:30	17:00	00:30	Materiais	30	15:00:00	4,17
05/mar	09:50	12:00	02:10	Hidráulica	50	108:20:00	30,09
06/mar	07:30	11:30	04:00	Topografia	50	200:00:00	55,56
06/mar	08:00	11:30	03:30	Saneamento	60	210:00:00	58,33
07/mar	13:00	17:00	04:00	Aeronaves	45	180:00:00	50,00
10/mar	10:00	11:45	01:45	Topografia	40	70:00:00	19,44
11/mar	07:15	08:45	01:30	Materiais	45	67:30:00	18,75
11/mar	21:00	22:45	01:45	Materiais	60	105:00:00	29,17
12/mar	19:30	22:40	03:10	Física	50	158:20:00	43,98
12/mar	19:00	22:40	03:40	Saneamento	40	146:40:00	40,74
12/mar	10:00	11:45	01:45	Entomologia	60	105:00:00	29,17
12/mar	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
12/mar	19:00	22:30	03:30	Saneamento	30	105:00:00	29,17
13/mar	19:00	22:40	03:40	Química	50	183:20:00	50,93
13/mar	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
16/mar	15:00	17:00	02:00	Saneamento	15	30:00:00	8,33
17/mar	13:00	17:00	04:00	Saneamento	15	60:00:00	16,67
18/mar	13:00	17:00	04:00	Física	1	4:00:00	1,11

18/mar	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
18/mar	19:00	22:30	03:30	Química	40	140:00:00	38,89
19/mar	13:00	17:00	04:00	Física	1	4:00:00	1,11
19/mar	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
20/mar	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
23/mar	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
23/mar	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
23/mar	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
24/mar	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
24/mar	20:30	21:00	00:30	Prensa	50	25:00:00	6,94
25/mar	08:00	11:00	03:00	Física	60	180:00:00	50,00
25/mar	19:00	22:00	03:00	Física	1	3:00:00	0,83
25/mar	19:00	22:00	03:00	Materiais	50	150:00:00	41,67
25/mar	21:00	22:30	01:30	Entomologia	60	90:00:00	25,00
25/mar	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
30/mar	17:00	22:00	05:00	Física	4	20:00:00	5,56
30/mar	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
30/mar	19:00	22:00	03:00	Química	50	150:00:00	41,67
31/mar	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
31/mar	19:00	22:30	03:30	Química	30	105:00:00	29,17
31/mar	21:00	22:30	01:30	Entomologia	60	90:00:00	25,00
31/mar	19:00	22:00	03:00	Física	1	3:00:00	0,83
01/abr	13:00	17:00	04:00	Química	17	68:00:00	18,89
01/abr	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
01/abr	19:00	22:00	03:00	Materiais	50	150:00:00	41,67
01/abr	13:00	21:40	08:40	Topografia	3	26:00:00	7,22
02/abr	14:00	16:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
02/abr	15:30	17:00	01:30	Solos	15	22:30:00	6,25
02/abr	13:00	19:00	06:00	Topografia	3	18:00:00	5,00
02/abr	19:00	20:00	01:00	Química	30	30:00:00	8,33
02/abr	21:00	22:30	01:30	Química	30	45:00:00	12,50
02/abr	20:00	22:30	02:30	Física	2	5:00:00	1,39
07/abr	19:00	22:00	03:00	Química	60	180:00:00	50,00
07/abr	19:00	22:00	03:00	Topografia	1	3:00:00	0,83
08/abr	19:00	22:00	03:00	Solos	30	90:00:00	25,00
08/abr	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
08/abr	21:00	21:30	00:30	CT	1	0:30:00	0,14
08/abr	13:00	17:00	04:00	Química	20	80:00:00	22,22
09/abr	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
09/abr	14:00	16:00	02:00	Química	20	40:00:00	11,11
09/abr	20:00	21:00	01:00	Topografia	40	40:00:00	11,11
13/abr	14:00	17:00	03:00	Química	17	51:00:00	14,17
13/abr	13:00	22:00	09:00	Topografia	3	27:00:00	7,50

13/abr	19:00	22:20	03:20	Química	60	200:00:00	55,56
14/abr	14:00	19:00	05:00	Química	17	85:00:00	23,61
14/abr	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
14/abr	20:00	22:30	02:30	Topografia	60	150:00:00	41,67
16/abr	14:00	17:00	03:00	Química	20	60:00:00	16,67
16/abr	17:00	22:00	05:00	Química	60	300:00:00	83,33
16/abr	19:00	20:00	01:00	Solos	10	10:00:00	2,78
16/abr	19:00	22:30	03:30	Hidráulica	60	210:00:00	58,33
16/abr	19:00	20:30	01:30	Física	2	3:00:00	0,83
16/abr	20:30	22:00	01:30	Física	3	4:30:00	1,25
17/abr	08:00	11:00	03:00	Física	60	180:00:00	50,00
17/abr	13:00	19:00	06:00	Química	20	120:00:00	33,33
24/abr	19:00	22:30	03:30	Física	60	210:00:00	58,33
24/abr	19:00	22:30	03:30	Topografia	60	210:00:00	58,33
24/abr	19:00	22:00	03:00	Topografia	60	180:00:00	50,00
29/abr	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
29/abr	19:00	22:30	03:30	Química	45	157:30:00	43,75
29/abr	19:00	22:30	03:30	Topografia	60	210:00:00	58,33
29/abr	19:00	22:30	03:30	Materiais	60	210:00:00	58,33
30/abr	14:00	16:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
30/abr	17:00	19:00	02:00	Química	20	40:00:00	11,11
30/abr	21:00	22:30	01:30	Química	20	30:00:00	8,33
30/abr	21:00	22:30	01:30	Aeronáutico	55	82:30:00	22,92
30/abr	19:00	22:30	03:30	Física	60	210:00:00	58,33
30/abr	17:00	22:30	05:30	Química	60	330:00:00	91,67
04/mai	08:00	11:40	03:40	Conforto	20	73:20:00	20,37
04/mai	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
04/mai	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
05/mai	10:00	12:30	02:30	Conforto	53	132:30:00	36,81
05/mai	20:00	22:00	02:00	Topografia	60	120:00:00	33,33
05/mai	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
07/mai	21:00	22:30	01:30	Química/Topografia	60	90:00:00	25,00
07/mai	13:00	17:00	04:00	Hidráulica	30	120:00:00	33,33
08/mai	07:10	12:30	05:20	Maquete	48	256:00:00	71,11
08/mai	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
11/mai	21:00	22:30	01:30	Materiais	40	60:00:00	16,67
11/mai	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
11/mai	19:00	22:30	03:30	Química	40	140:00:00	38,89
11/mai	20:00	22:30	02:30	Topografia	60	150:00:00	41,67
11/mai	08:00	11:40	03:40	Conforto	20	73:20:00	20,37
12/mai	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
12/mai	07:00	12:00	05:00	Física	60	300:00:00	83,33
12/mai	08:00	12:30	04:30	Conforto	53	238:30:00	66,25

13/mai	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
14/mai	19:00	22:00	03:00	Hidráulica	30	90:00:00	25,00
14/mai	20:00	21:30	01:30	Física	25	37:30:00	10,42
14/mai	19:00	22:30	03:30	Solos	20	70:00:00	19,44
14/mai	14:00	17:00	03:00	Química	20	60:00:00	16,67
15/mai	07:10	12:30	05:20	Maquete	48	256:00:00	71,11
15/mai	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
15/mai	19:00	22:30	03:30	Materiais	30	105:00:00	29,17
15/mai	19:00	22:30	03:30	Solos	60	210:00:00	58,33
15/mai	19:00	22:50	03:50	Topografia	60	230:00:00	63,89
15/mai	21:00	22:35	01:35	Química	60	95:00:00	26,39
18/mai	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
18/mai	21:00	22:30	01:30	Física	60	90:00:00	25,00
18/mai	21:00	22:30	01:30	Topografia	45	67:30:00	18,75
19/mai	19:00	20:30	01:30	Química	50	75:00:00	20,83
20/mai	11:00	12:00	01:00	Física	60	60:00:00	16,67
20/mai	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
20/mai	19:00	22:00	03:00	Materiais/Prensa	50	150:00:00	41,67
21/mai	08:00	10:15	02:15	Materiais	40	90:00:00	25,00
21/mai	14:00	16:45	02:45	Química	15	41:15:00	11,46
21/mai	17:10	18:30	01:20	Entomologia	30	40:00:00	11,11
21/mai	21:00	22:30	01:30	Entomologia	30	45:00:00	12,50
21/mai	19:00	21:00	02:00	Hidráulica	60	120:00:00	33,33
22/mai	08:00	10:15	02:15	Materiais	40	90:00:00	25,00
22/mai	08:00	11:00	03:00	Física	60	180:00:00	50,00
22/mai	19:00	21:00	02:00	Topografia	60	120:00:00	33,33
22/mai	19:00	22:40	03:40	Solos	60	220:00:00	61,11
22/mai	13:00	19:00	06:00	Química	15	90:00:00	25,00
23/mai	08:00	13:00	05:00	Física	25	125:00:00	34,72
25/mai	10:00	11:15	01:15	Materiais	50	62:30:00	17,36
25/mai	08:00	11:40	03:40	Conforto	20	73:20:00	20,37
25/mai	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
25/mai	21:00	22:40	01:40	Topografia	60	100:00:00	27,78
26/mai	07:30	10:00	02:30	Hidráulica	50	125:00:00	34,72
26/mai	09:30	10:00	00:30	Prensa	20	10:00:00	2,78
26/mai	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
27/mai	10:00	12:30	02:30	Conforto	53	132:30:00	36,81
27/mai	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
27/mai	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
28/mai	14:00	16:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
28/mai	17:00	19:00	02:00	Topografia	30	60:00:00	16,67
28/mai	21:00	22:30	01:30	Entomologia	25	37:30:00	10,42
29/mai	07:15	12:30	05:15	Maquete	48	252:00:00	70,00

29/mai	09:00	09:30	00:30	Materiais/Prensa	40	20:00:00	5,56
29/mai	13:00	19:00	06:00	Química	15	90:00:00	25,00
01/jun	10:45	11:00	00:15	Materiais/Prensa	40	10:00:00	2,78
01/jun	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
01/jun	19:00	22:30	03:30	Química	30	105:00:00	29,17
02/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
03/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
03/jun	19:00	22:30	03:30	Química	7	24:30:00	6,81
03/jun	19:00	20:30	01:30	Materiais	60	90:00:00	25,00
05/jun	13:00	17:30	04:30	Química	15	67:30:00	18,75
05/jun	19:00	22:30	03:30	Materiais	50	175:00:00	48,61
08/jun	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
08/jun	19:00	21:00	02:00	Química	45	90:00:00	25,00
09/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
10/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
10/jun	19:00	22:30	03:30	Química	40	140:00:00	38,89
11/jun	14:00	16:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
11/jun	19:00	22:30	03:30	Química	30	105:00:00	29,17
12/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
15/jun	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
16/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
17/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
18/jun	14:00	19:00	05:00	Química	15	75:00:00	20,83
19/jun	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
22/jun	13:00	19:00	06:00	Química	12	72:00:00	20,00
24/jun	13:00	19:00	06:00	Química	12	72:00:00	20,00
25/jun	13:00	19:00	06:00	Química	12	72:00:00	20,00
26/jun	13:00	17:30	04:30	Química	12	54:00:00	15,00
29/jun	15:00	18:30	03:30	Química	12	42:00:00	11,67
04/ago	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
05/ago	21:00	22:30	01:30	Entomologia	20	30:00:00	8,33
08/ago	13:00	16:00	03:00	Física	20	60:00:00	16,67
10/ago	21:00	22:45	01:45	Física	20	35:00:00	9,72
10/ago	14:00	17:00	03:00	Física	6	18:00:00	5,00
10/ago	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
10/ago	07:10	12:40	05:30	Maquete	30	165:00:00	45,83
11/ago	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
12/ago	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
12/ago	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
12/ago	21:00	22:40	01:40	Entomologia	60	100:00:00	27,78
12/ago	07:10	12:40	05:30	Conforto	45	247:30:00	68,75
13/ago	19:00	22:40	03:40	Física	30	110:00:00	30,56
13/ago	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78

14/ago	13:00	16:30	03:30	Química	14	49:00:00	13,61
14/ago	07:10	12:40	05:30	Maquete	50	275:00:00	76,39
15/ago	14:00	16:00	02:00	Física	30	60:00:00	16,67
17/ago	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
17/ago	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
17/ago	19:00	22:30	03:30	Física	50	175:00:00	48,61
17/ago	21:00	22:40	01:40	Topografia	30	50:00:00	13,89
18/ago	10:00	12:00	02:00	Materiais	50	100:00:00	27,78
18/ago	09:30	10:30	01:00	Topografia	50	50:00:00	13,89
18/ago	21:00	22:40	01:40	Física	60	100:00:00	27,78
18/ago	21:00	22:40	01:40	Topografia	60	100:00:00	27,78
18/ago	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
18/ago	21:00	21:40	00:40	Materiais/Prensa	60	40:00:00	11,11
18/ago	07:10	12:00	04:50	Maquete	30	145:00:00	40,28
19/ago	07:30	09:30	02:00	Materiais	60	120:00:00	33,33
19/ago	10:00	12:30	02:30	Topografia	50	125:00:00	34,72
19/ago	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
19/ago	14:00	22:30	08:30	Química	50	425:00:00	118,06
19/ago	07:10	12:40	05:30	Conforto	45	247:30:00	68,75
20/ago	15:00	22:30	07:30	Química	14	105:00:00	29,17
20/ago	21:00	22:30	01:30	Química	25	37:30:00	10,42
20/ago	19:00	22:00	03:00	Física	15	45:00:00	12,50
20/ago	21:00	22:40	01:40	Física/Topografia	60	100:00:00	27,78
21/ago	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
21/ago	07:10	12:40	05:30	Maquete	50	275:00:00	76,39
22/ago	13:00	17:00	04:00	Laboratório Utilizado	18	72:00:00	20,00
22/ago	13:00	15:00	02:00	Sala de Aula	28	56:00:00	15,56
22/ago	15:00	17:00	02:00	Sala de Aula	32	64:00:00	17,78
22/ago	15:00	17:00	02:00	Laboratorio Eletron	42	84:00:00	23,33
22/ago	08:00	12:00	04:00	Topografia	52	208:00:00	57,78
22/ago	13:00	17:00	04:00	Topografia	47	188:00:00	52,22
24/ago	10:00	11:00	01:00	Materiais	60	60:00:00	16,67
24/ago	19:00	22:40	03:40	Física	20	73:20:00	20,37
24/ago	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
24/ago	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
24/ago	08:00	12:40	04:40	Conforto	40	186:40:00	51,85
25/ago	10:00	12:00	02:00	Materiais	40	80:00:00	22,22
25/ago	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
25/ago	07:16	12:40	05:24	Maquete	30	162:00:00	45,00
26/ago	07:30	09:30	02:00	Materiais	60	120:00:00	33,33
26/ago	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
26/ago	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
26/ago	07:10	12:40	05:30	Conforto	50	275:00:00	76,39

27/ago	21:00	22:40	01:40	Topografia	20	33:20:00	9,26
27/ago	21:00	22:30	01:30	Física	60	90:00:00	25,00
27/ago	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
27/ago	21:00	22:30	01:30	Química	30	45:00:00	12,50
28/ago	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
28/ago	19:20	22:30	03:10	Química	45	142:30:00	39,58
28/ago	07:10	12:40	05:30	Maquete	50	275:00:00	76,39
29/ago	08:00	12:00	04:00	Topografia	36	144:00:00	40,00
29/ago	09:00	13:20	04:20	Física e Elétrica	28	121:20:00	33,70
29/ago	14:00	02:00	12:00	Física e Elétrica	17	204:00:00	56,67
29/ago	13:00	17:00	04:00	Aeronáutica	42	168:00:00	46,67
29/ago	13:00	17:00	04:00	Aeronáutica	23	92:00:00	25,56
29/ago	13:00	17:00	04:00	Aeronáutica	32	128:00:00	35,56
31/ago	10:00	12:00	02:00	Materiais	60	120:00:00	33,33
31/ago	20:00	22:40	02:40	Física	60	160:00:00	44,44
31/ago	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
31/ago	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
01/set	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
01/set	07:10	12:40	05:30	Maquete	30	165:00:00	45,83
01/set	19:00	22:40	03:40	Física	60	220:00:00	61,11
02/set	07:30	09:40	02:10	Materiais	60	130:00:00	36,11
02/set	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
02/set	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
02/set	07:10	12:40	05:30	Conforto	45	247:30:00	68,75
03/set	08:30	10:00	01:30	Materiais	50	75:00:00	20,83
03/set	09:30	09:40	00:10	Materiais	30	5:00:00	1,39
03/set	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
03/set	21:00	22:30	01:30	Química	30	45:00:00	12,50
04/set	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
04/set	07:10	12:40	05:30	Maquete	50	275:00:00	76,39
08/set	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
08/set	19:00	22:00	03:00	Química	25	75:00:00	20,83
08/set	21:00	22:30	01:30	Entomologia	60	90:00:00	25,00
08/set	07:10	12:40	05:30	Maquete	30	165:00:00	45,83
09/set	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
09/set	07:10	12:40	05:30	Conforto	45	247:30:00	68,75
09/set	19:00	22:00	03:00	Materiais	50	150:00:00	41,67
10/set	09:00	11:00	02:00	Materiais	50	100:00:00	27,78
10/set	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
10/set	21:00	22:00	01:00	Materiais	50	50:00:00	13,89
10/set	19:00	22:00	03:00	Materiais	50	150:00:00	41,67
10/set	21:00	22:40	01:40	Física	60	100:00:00	27,78
11/set	07:10	12:40	05:30	Maquete	50	275:00:00	76,39

11/set	21:00	22:00	01:00	Física	60	60:00:00	16,67
11/set	19:00	22:30	03:30	Materiais	60	210:00:00	58,33
11/set	13:00	13:00	00:00	Química	14	0:00:00	0,00
12/set	09:00	13:20	04:20	Física	60	260:00:00	72,22
12/set	13:30	15:00	01:30	Física	60	90:00:00	25,00
14/set	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
14/set	19:00	22:00	03:00	Física	60	180:00:00	50,00
14/set	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
15/set	10:00	12:00	02:00	Materiais	60	120:00:00	33,33
15/set	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
15/set	07:10	12:40	05:30	Maquete	35	192:30:00	53,47
16/set	08:00	11:00	03:00	Física	60	180:00:00	50,00
16/set	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
16/set	07:00	17:00	10:00	Conforto	40	400:00:00	111,11
16/set	08:00	12:40	04:40	Desenho Técnico	80	373:20:00	103,70
17/set	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
17/set	21:00	22:30	01:30	Química	30	45:00:00	12,50
18/set	07:30	11:30	04:00	Arquitetura	30	120:00:00	33,33
18/set	07:00	12:40	05:40	Maquete	45	255:00:00	70,83
18/set	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
21/set	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
22/set	14:00	17:00	03:00	Química	15	45:00:00	12,50
22/set	08:00	10:00	02:00	Mecânica/Fluidos	50	100:00:00	27,78
22/set	19:00	22:40	03:40	Física	60	220:00:00	61,11
23/set	14:00	17:00	03:00	Química	15	45:00:00	12,50
23/set	14:00	22:30	08:30	Química	45	382:30:00	106,25
23/set	19:00	21:00	02:00	Física	60	120:00:00	33,33
24/set	15:00	17:00	02:00	Química	15	30:00:00	8,33
24/set	20:00	21:00	01:00	Materiais	3	3:00:00	0,83
24/set	06:00	19:00	13:00	Materiais	7	91:00:00	25,28
24/set	20:00	22:40	02:40	Física	25	66:40:00	18,52
24/set	20:00	22:40	02:40	Topografia	60	160:00:00	44,44
24/set	21:00	22:40	01:40	Química	30	50:00:00	13,89
25/set	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
25/set	21:00	22:40	01:40	Física	60	100:00:00	27,78
25/set	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
26/set	09:00	13:00	04:00	Física	60	240:00:00	66,67
26/set	14:00	16:00	02:00	Eng. Mecânica	60	120:00:00	33,33
28/set	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
28/set	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
28/set	20:00	22:40	02:40	Física	60	160:00:00	44,44
28/set	07:10	12:30	05:20	Conforto	60	320:00:00	88,89
29/set	08:00	10:00	02:00	Hidráulica	40	80:00:00	22,22

29/set	09:00	11:00	02:00	Topografia	50	100:00:00	27,78
29/set	14:00	17:00	03:00	Química	15	45:00:00	12,50
29/set	19:00	21:00	02:00	Química	20	40:00:00	11,11
30/set	14:00	17:00	03:00	Química	15	45:00:00	12,50
30/set	19:00	22:30	03:30	Química	60	210:00:00	58,33
30/set	19:00	22:00	03:00	Materiais	60	180:00:00	50,00
30/set	07:10	12:30	05:20	Conforto	60	320:00:00	88,89
01/out	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
01/out	19:00	22:40	03:40	Química	40	146:40:00	40,74
02/out	07:10	12:30	05:20	Conforto	55	293:20:00	81,48
02/out	13:00	17:00	04:00	Química	14	56:00:00	15,56
02/out	19:00	22:30	03:30	Química	30	105:00:00	29,17
05/out	19:00	22:00	03:00	Física	60	180:00:00	50,00
05/out	19:00	22:40	03:40	Solos	60	220:00:00	61,11
05/out	19:00	22:40	03:40	Saneamento Básico	60	220:00:00	61,11
05/out	15:00	17:00	02:00	Química	60	120:00:00	33,33
05/out	19:00	22:40	03:40	Topografia	60	220:00:00	61,11
05/out	08:00	10:30	02:30	Materiais	50	125:00:00	34,72
06/out	19:00	21:00	02:00	Solos	60	120:00:00	33,33
06/out	19:00	21:00	02:00	Química	60	120:00:00	33,33
06/out	15:00	17:00	02:00	Química	6	12:00:00	3,33
07/out	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
07/out	19:00	22:30	03:30	Química	50	175:00:00	48,61
07/out	07:30	10:30	03:00	Materiais	60	180:00:00	50,00
07/out	19:00	22:30	03:30	Materiais	50	175:00:00	48,61
07/out	15:00	17:00	02:00	Química	14	28:00:00	7,78
08/out	20:00	22:40	02:40	Física	30	80:00:00	22,22
08/out	15:00	17:00	02:00	Química	30	60:00:00	16,67
08/out	19:00	22:40	03:40	Química	60	220:00:00	61,11
09/out	21:00	22:30	01:30	Química	60	90:00:00	25,00
09/out	13:00	17:00	04:00	Química	15	60:00:00	16,67
09/out	19:00	22:00	03:00	Materiais	50	150:00:00	41,67
09/out	20:00	22:40	02:40	Física	30	80:00:00	22,22
10/out	09:00	11:00	02:00	Física	15	30:00:00	8,33
10/out	11:10	12:00	00:50	Física	15	12:30:00	3,47
14/out	09:00	10:00	01:00	Materiais	50	50:00:00	13,89
14/out	10:00	12:00	02:00	Topografia	40	80:00:00	22,22
14/out	14:00	17:00	03:00	Química	14	42:00:00	11,67
media						14995:10:00	29,97

Fonte: Próprios Autores, 2015.