

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PLÍNIO PARAVIZO BREGALDA

CLASS.	M 551.574
LETTER	B833P
ANO/EDIÇÃO	2014

PROJETO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O
GALPÃO DA EMPRESA ARMAZÉNS GERAIS LESTE DE MINAS EM
VARGINHA

Varginha
2014

FEPESMIG

PLÍNIO PARAVIZO BREGALDA

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O
GALPÃO DA EMPRESA ARMAZÉNS GERAIS LESTE DE MINAS EM
VARGINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação da Prof.^a Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

**Varginha
2014**

Grupo Educacional UNTS

PLÍNIO PARAVIZO BREGALDA

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O
GALPÃO DA EMPRESA ARMAZÉNS GERAIS LESTE DE MINAS EM
VARGINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em ____ / ____ / ____

Prof. Me. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof. Me. Guaracy Silva

Prof. Me. Hugo Rodrigues Vieira

OBS.:

À Deus, à minha família, aos meus amigos e a todos aqueles que, de alguma forma contribuíram para o meu crescimento e sucesso nesta etapa de grande importância da minha vida. O meu sincero muito obrigado.

Grupo Educacional UNTS

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela vida, a saúde e por me guiar em todos os momentos.

Aos meus pais Neivaldo Bregalda e Mônica Gonçalves Paravizo Bregalda, que sempre estiveram presentes em minha trajetória, me educaram, apoiaram e muito batalharam para eu concluir a minha graduação, e sempre serviram de exemplo em minha vida.

Ao meu irmão Otávio Paravizo Bregalda por me apoiar sempre.

Aos meus avós pelo eterno auxílio.

Aos meus amigos de faculdade que sempre se mantiveram ao meu lado.

A minha orientadora Ivana Prado de Vasconcelos que me auxiliou no desenvolvimento deste trabalho e no ensino dentro da universidade.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em especial aos diretores e funcionários da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas, pela disponibilidade de informações e incentivo ao meu projeto.

“Vencedor não é apenas quem conquista algo. Vencedor é quem conquista, não perde a sua essência e jamais esquece de onde veio e de quem o ajudou no caminho.”

Angélica Araujo

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios... Por isso cante, dance, pule, ria, chore e... viva intensamente cada minuto de sua vida, antes que a cortina se feche e o espetáculo termine sem aplausos.”

Charles Chaplin

APRESENTAÇÃO

O aproveitamento da água da chuva é um meio pouco utilizado no Brasil, mas é um método capaz de diminuir o consumo de água potável, favorecendo na diminuição de gastos financeiros, na redução de enchentes nas cidades, e sendo um forte instrumento de combate à falta de água. Este trabalho teve como objetivo principal desenvolver um projeto de aproveitamento da água da chuva para o galpão da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas em Varginha. Primeiramente foi iniciada uma pesquisa em revistas, sites, normas e literaturas técnicas em geral, a fim de sintetizar os conceitos teóricos necessários para a elaboração do projeto, sempre buscando uma forma de minimizar os custos com sua implantação inicial. Posteriormente partiu-se para a coleta de dados da incidência de chuvas na região estudada, foram analisados os projetos existentes do armazém, visitas à empresa e entrevistas com funcionários e diretores para uma melhor análise da situação, determinando assim o potencial de captação da água da chuva pela cobertura. O passo seguinte foi dimensionar e verificar: as calhas, condutores verticais e horizontais, o desarenador, os reservatórios, as bombas e por fim, a rede de distribuição, assim foi elaborado o projeto de aproveitamento, para fins de se avaliar a viabilidade de adoção técnica.

Palavras-chave: Aproveitamento de Água da Chuva, Armazém, Desenvolvimento do projeto, Minimizar custos.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	i
Lista de Figuras	ii
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.2 Justificativa	13
2 BREVE DIAGNÓTICO	14
2.1 Apresentação e descrição do local de estudo	14
2.2 Informações a respeito da empresa	16
3 MEMORIAL DESCRITIVO	18
3.1 Determinação do consumo de água	18
3.2 Dados pluviométricos e meteorológicos	19
3.3 Área de cobertura contribuinte	21
3.4 Determinação da captação de água da chuva	22
3.5 Dimensionamento de calhas e condutores	22
3.5.1 Calhas	22
3.5.2 Condutores Verticais	24
3.5.3 Condutores Horizontais	25
3.6 Desarenador (Caixa de Areia)	26
3.7 Reservatórios	27
3.8 Sistema Elevatório	28
3.9 Rede de distribuição	29
3.10 Viabilidade econômica	30
4 MEMORIAL DE CÁLCULO	31
4.1 Determinação do consumo de água	31
4.2 Área de cobertura contribuinte	32
4.3 Determinação da captação de água da chuva	32
4.4 Verificação do dimensionamento das calhas	32
4.5 Verificação do dimensionamento dos condutores verticais	33
4.6 Dimensionamento dos condutores horizontais	34
4.7 Desarenador (Caixa de Areia)	35
4.8 Reservatórios	37
4.9 Sistema Elevatório	38
4.10 Rede de distribuição	39
4.11 Viabilidade econômica	41
5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE APROV. DE ÁGUA DA CHUVA	42
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	44

ANEXOS	47
ANEXO A – Tabela com as chuvas intensas no Brasil	47
ANEXO B – Tabela com as chuvas intensas no Brasil	48
ANEXO C – Entrevista com o diretor da empresa Armazéns Leste de Minas .	49
ANEXO D – Planilha para cálculo do Método de Análise de Simulação	50
ANEXO E – Planilha para cálculo do Método de Rippl	52
ANEXO F – Tabela de Comprimento Equivalente em metros	54
ANEXO G – Tarifas aplicáveis aos usuários da concessionária Copasa	55
ANEXO H – Projeto em AutoCAD	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização de Varginha no Estado de MG e no Brasil	14
Figura 02 – Vista aérea da empresa, via satélite	15
Figura 03 – Vista interna do galpão estudado.....	16
Figura 04 – Média mensal pluviométrica da estação	20
Figura 05 – Calha existente com suas dimensões	23
Figura 06 – Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador em planta	26
Figura 07 – Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador em corte	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Consumo de água por mês	18
Tabela 02 – Média mensal pluviométrica de Varginha-MG	20
Tabela 03 – Determinação do raio hidráulico em função de y/D	25
Tabela 04 – Consumo de água por mês	31
Tabela 05 – Características das calhas	33
Tabela 06 – Vazão máxima em cada condutor vertical	34
Tabela 07 – Determ. da vazão por Manning-Strickler, com fator de correção β	34
Tabela 08 – Determ. da veloc. por Manning-Strickler, com fator de correção β	35
Tabela 09 – Planilha para cálculo do Método de Análise de Simulação	37
Tabela 10 – Planilha para cálculo do Método de Rippl	37
Tabela 11 – Cálculo de pressões – Rede Água Fria	40

1 INTRODUÇÃO

Água, recurso essencial para a manutenção da vida no planeta, sem ela a atmosfera, o clima, a vegetação, a fauna e todos os seres vivos não existiriam. Além de ser também um dos principais fatores do desenvolvimento, e considerada um bem econômico, pois sua escassez pode paralisar uma região.

Em contrapartida, o grande avanço no setor tecnológico e o crescimento demográfico têm gerado diversas atividades humanas que contribuem por uma maior demanda de uso da água, o que já se percebe que a qualidade da água disponível para a captação e também para o tratamento encontra-se comprometido em vários lugares, devido os diversos tipos de poluição. Fator este, que afeta os principais rios, lagos e represas, onde grande parte da população vive, encaminhando a problemas de saúde, e a um colapso na oferta dos recursos hídricos.

Em virtude da escassez da água, um sistema já vem sendo colocado em uso, que é a prática da coleta, reservação e utilização de água de chuva, nos centros urbanos, para usos que não exigem a água potável, como a limpeza de pisos e pátios, descarga de vasos sanitários, lavagem de roupas, irrigação de jardins e reserva de incêndio, além de diversas outras utilidades.

Este trabalho iniciou-se através de um estudo de técnicas e sugestões da primeira etapa do trabalho de conclusão de curso, buscando um resgate da prática de aproveitamento de água pluvial no Brasil, porém com a utilização de novas tecnologias que viabilizem a implantação do sistema. Algumas diretrizes foram seguidas a fim de solucionar problemas na implementação do sistema de aproveitamento de água, como as vantagens e desvantagens; a situação do aproveitamento do Brasil e no mundo; alguns tipos de sistemas adotados, as fórmulas, os cálculos e as normas necessárias para o projeto; as funções de cada componente; tipos de reservatórios; entre vários outros aspectos, ou seja, apresenta-se apenas uma base teórica, sendo uma análise preliminar.

Nesta segunda etapa do trabalho apresentam-se o projeto completo, com todos os dimensionamentos, análises, considerações e desenhos da implantação do sistema no galpão da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas, sendo os custos dispensados devido à complexidade no seu cálculo.

Com a adoção do aproveitamento de água da chuva, muitos litros de água potável não serão mais utilizados, contribuindo em muito para a preservação de rios, poços e lagos, além de dar uma visão mais sustentável à empresa.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral desenvolver um estudo e um projeto de aproveitamento da água de chuva em um galpão de armazenamento de café da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas em Varginha-MG.

Sobretudo, o trabalho apresenta os demais objetivos específicos:

- Estabelecer um sistema de aproveitamento da água de chuva analisando a área de captação, os meios de captação: tubulações e calhas, e os reservatórios;
- Analisar a possibilidade de adaptar o sistema de drenagem já existente na edificação, para um sistema de aproveitamento da água pluvial;
- Dimensionar um sistema de captação e reservação da água da chuva para o armazém da empresa em questão;
- Analisar se há viabilidade econômica e financeira do projeto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho de conclusão de curso visa apresentar um projeto de aproveitamento de água da chuva de um armazém de café, que possui uma grande área de telhado, de $(66\text{m} \times 210\text{m} = 13860 \text{ m}^2)$, que gera um volume considerável de água não potável, sendo passível de ser coletado e futuramente usufruído.

Informações a respeito do risco de escassez de água no mundo vêm gerando uma preocupação e conseqüentemente uma conscientização cada vez maior da população com relação à utilização desse recurso. A água potável encontrada na natureza é um recurso essencial para a manutenção da vida no nosso planeta, sendo um meio primordial para a existência dos seres vivos. No entanto esse recurso tem se tornado cada vez mais escasso, devido ao crescimento populacional exacerbado e desordenado, que são as principais causas do aumento do consumo de água, principalmente nos grandes centros urbanos. (MAY, 2004)

Desta forma, justifica-se este trabalho pelo fato de que o aproveitamento da água poderá apresentar uma contribuição significativa à natureza e ao bolso da empresa. Evitando desperdícios com água potável, e contribuindo para mitigar problemas com escassez de recursos hídricos e para a redução de enchentes, além de tornar a empresa mais sustentável. Este trabalho também poderá servir como material de pesquisa, análise e auxílio no desenvolvimento de outros estudos.

2 BREVE DIAGNÓTICO

2.1 Apresentação e descrição do local de estudo

O município de Varginha está localizado na região sudeste do Brasil, no sul de Minas Gerais, como observado da Figura 01. A cidade destaca-se por ser um dos principais centros de comércio e produção de café do Brasil e do mundo, sendo a cidade polo de exportação de café escoando a produção para vários países, pois conta com uma localização privilegiada e estratégica, situada a 318 km de Belo Horizonte, 316 km de São Paulo e 380 km do Rio de Janeiro, além disso, fica na porta de entrada do circuito do Lago de Furnas.

Varginha é uma das cidades-pólo da região Sul de Minas, destacando-se por seu parque industrial diversificado, comércio e prestação de serviços variados. É importante polo regional, principalmente nas áreas de educação, saúde, esportes e cultura. Com aproximadamente 123 mil habitantes e área de 395.396 Km². (Fonte: IBGE)

Figura 01: Localização de Varginha no Estado de MG e no Brasil



Fonte: Disponível em: <<http://www.geneaminas.com.br/genealogia-mineira/cidades/Varginha-MG-Brasil.asp>>.

Uma das unidades da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas, juntamente com o galpão a ser estudado, Figura 02, está situado no Distrito Industrial Cláudio Galvão Nogueira em Varginha na Avenida Aprígio Tavares de Souza, número 825.

Figura 02: Vista aérea da empresa, via satélite



Fonte: Software, Google Earth, 2013.

O galpão, Figura 03, é uma das edificações dentro da unidade em questão. A mesma ainda apresenta: Depósito e manutenção de sacarias e bags; dick de lavagem e manutenção; oficina de empilhadeiras; área de subestação, gerador e compressor; almoxarifado; banheiros; vestiários; áreas de vivência; refeitório; prédio de administração com dois pavimentos; guarita de segurança e fiscal; balança; cubículo de medição; castelo d'água; estacionamento de carros e caminhões; entre outras construções.

Figura 03: Vista interna do galpão estudado



Fonte: Autor, 2014.

2.2 Informações a respeito da empresa

Os Armazéns Gerais Leste de Minas (AGLM) buscam a excelência no atendimento e na qualidade da prestação de serviços em armazenagem e rebeneficiamento de cafés. Conta com unidades operacionais instaladas nas principais praças de comercialização de cafés do Estado de Minas Gerais. Com mais de 15 anos de atuação neste segmento, hoje a empresa já faz parte da história da cafeicultura mineira.

Em 1997, a família Tavares, aproveitando-se dos largos conhecimentos obtidos em anos de experiência e da sua tradição no mercado cafeeiro, decidiu pela compra dos Armazéns Gerais Leste de Minas na Cidade de Manhuaçu, importante região produtora da Zona da Mata.

A experiência adquirida ao longo dos anos, aliada ao conhecimento na armazenagem e rebeneficiamento de café, propiciou a expansão dos negócios, amparada no reconhecimento e aprovação por parte dos clientes.

Em 2005, inaugurou-se Unidade Cerrado, na cidade de Patrocínio. A opção da escolha foi favorecida em função das extensas áreas de plantio de cafés especiais e a demanda de armazéns gerais na região.

Em 2006, iniciaram-se as atividades no Sul de Minas, maior região de cultivo do café no Estado, com a Unidade Varginha. Consolidou-se, assim, a posição estratégica no segmento da prestação de serviços nos principais mercados de café no País.

Em 2013, é inaugurada a segunda unidade de Varginha. Com um projeto arrojado e moderno esta unidade se torna uma referência na prestação de serviços com alta produtividade, qualidade e com excelente logística operacional.

Por todas essas qualificações, a AGLM, atualmente, é uma das maiores e mais modernas empresas do país no seu segmento de atuação, tendo como clientes consagrados exportadores do mercado cafeeiro. (Informações fornecidas pela própria empresa).

3 MEMORIAL DESCRITIVO

3.1 Determinação do consumo de água

Através de um estudo no galpão e uma entrevista com o diretor da empresa o Sr. João Aparecido Da Silva, a utilização da água pluvial será destinada a irrigação dos gramados e limpeza de pisos e pátios. Foram definidos tais modos de utilização, a partir da possibilidade de implantar um sistema de aproveitamento de águas pluviais sem gerar grandes custos e mudanças na construção existente.

Para a determinação do consumo de água, foi realizada uma entrevista com os funcionários do setor de limpeza da empresa. A Tabela 01 apresenta o resultado da entrevista:

Tabela 01: Consumo de Água por mês				
	Setorização/Ambientes	Frequência	Lavar	Passar Pano
01	GALPÃO DE ARMAZENAGEM CONSTRUÍDO	Uma vez por mês		x
02	DEPÓSITO / MANUTENÇÃO DE SACARIAS E BAGS	Uma vez por semana		x
03	PIT STOP / DICK LAVAGEM E MANUTENÇÃO	Duas vezes por semana	x	
04	OFICINA / MANUTENÇÃO DE EMPILHADEIRAS	Uma vez por semana		x
05	ALMOXARIFADO / APOIO	Uma vez por semana		x
06.1	W.C. COLETIVO (LIMPEZA)	Duas vezes por semana	x	
06.2	W.C. COLETIVO (LIMPEZA)	Duas vezes por dia		x
07.1	VIVÊNCIA / REFEITÓRIO	Duas vezes por semana	x	
07.2	VIVÊNCIA / REFEITÓRIO	Uma vez por dia		x
08	ADMINISTRAÇÃO (DOIS PAVIMENTOS)	Uma vez por dia		x
09	GUARITA / GUARITA FISCAL	Uma vez por dia		x
10.1	VEST. FUNC. / TRANSP./APOIO CAMINHONEIRO	Uma vez por semana	x	
10.2	VEST. FUNC. / TRANSP./APOIO CAMINHONEIRO	Duas vezes por dia		x
11	CUBÍCULO DE MEDIÇÃO	Uma vez por semana		x
12	GRAMADO (JARDIM / TALUDE)	Uma vez por semana	x	

Fonte: Autor, 2014

Coletados os dados da entrevista, mensurou-se a área de cada ambiente da edificação através dos projetos arquitetônicos fornecidos pela empresa e multiplicou-se a taxa de consumo de água dada na Tabela 04 pela área correspondente. Na taxa de lavagem de piso equivale a 2,0 litros/m²xdia, no entanto, adotou-se como taxa 1,0 litros/m²xdia para os locais onde a limpeza era somente passar um pano úmido ao invés de lavar, e para o prédio de administração que apresenta banheiros em seu interior a taxa adquirida é de 1,3 litros/m²xdia, devido à lavagem dos mesmos. Para irrigação, a taxa adotada é de 2,0 litros/m².

Resultado apresentado no item 4.1.

3.2 Dados pluviométricos e meteorológicos

A intensidade pluviométrica (I) foi adquirida através da NBR 10844/1989, de acordo com a cidade de Bonsucesso-MG, pois o município é o mais próximo a Varginha-MG, com um período de retorno de cinco anos, como pode ser observado no Anexo A. Onde $I = 196\text{mm/h}$, sendo a duração da precipitação fixada em cinco minutos.

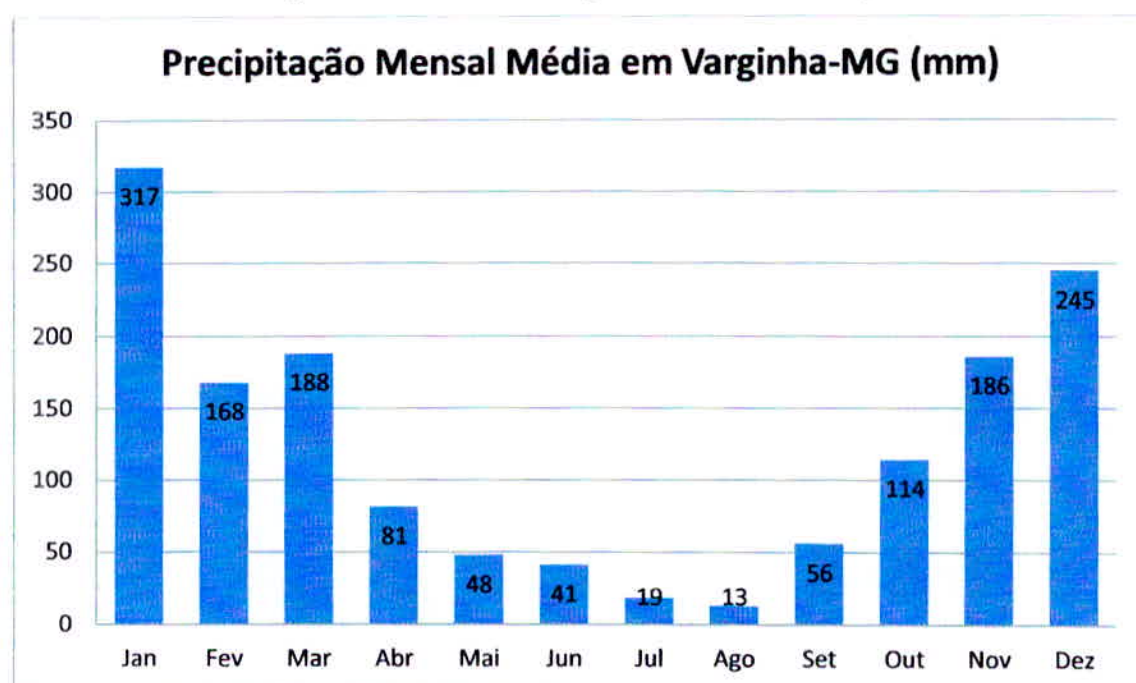
Foram obtidos os dados pluviométricos mensais de chuva do período de 2004 a 2013 (10 anos) da estação pluviométrica da Fundação Procafé, como pode ser visto na Tabela 02, localizada em Varginha-MG, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 21°34'00" Sul, Longitude: 45°24'22" Oeste e Altitude: 940 metros.

Disponibilizados os índices pluviométricos, foi possível obter as médias mensais pluviométricas apresentadas no gráfico da Figura 04. Estas médias foram utilizadas no cálculo do dimensionamento do reservatório de aproveitamento da água pluvial.

Mês	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
Jan	293	466	157	437	263	263	199	339	335	420	317
Fev	303	71	183	70	342	207	141	91	49	222	168
Mar	101	183	306	46	290	233	117	261	185	161	188
Abr	156	83	10	38	200	68	18	93	85	61	81
Mai	73	116	21	67	35	42	15	6	34	72	48
Jun	65	71	9	5	36	44	17	20	111	36	41
Jul	33	39	4	23	1	21	11	1	23	30	19
Ago	2	27	16	0	35	37	0	12	1	1	13
Set	26	69	103	0	81	121	84	2	29	46	56
Out	190	115	103	110	135	91	126	121	47	106	114
Nov	196	150	267	201	249	124	225	110	140	200	186
Dez	291	324	261	190	252	343	176	226	225	166	245
Total	1729	1714	1440	1187	1919	1594	1129	1282	1264	1521	1478

Fonte: Fundação Procafé, 2014

Figura 04: Média mensal pluviométrica da estação



Fonte: Fundação Procafé, 2014.

Observa-se na Tabela 02 e na Figura 04, que os meses de julho e agosto são os meses que apresentam os menores índices pluviométricos, já o mês de janeiro é o que apresenta maior índice. O ano de 2014 não foi adotado para cálculo da média pluviométrica, pelo fato, que este ano apresentou-se, até então, com pouquíssimas chuvas, no qual iria impactar e influenciar significativamente no resultado final.

3.3 Área de cobertura contribuinte

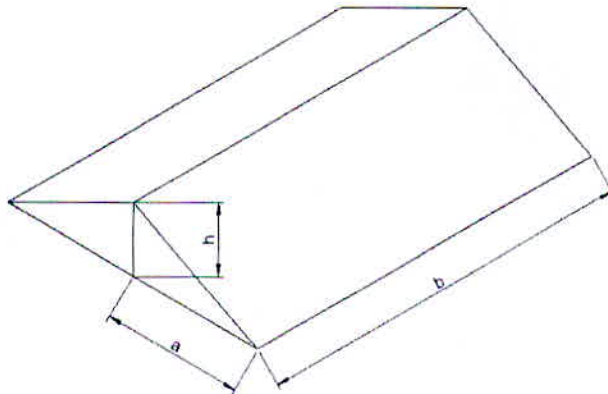
Uma análise cautelosa e precisa de projeto, levantou os dados necessários de área e da inclinação do telhado principal, sendo estes números fundamentais para o cálculo do volume de água pluvial captada.

Área de telhado (análise detalhada) = $66\text{m} \times 210\text{m} = 13860\text{m}^2$

Inclinação do telhado de galvalume trapezoidal (análise detalhada) = 10%

Com os dados anteriores, é possível fazer o cálculo da área de contribuição, que é diferente da área de telhado, por isso é utilizado à Equação 01, obtida na NBR 10844/1989, como observa-se a Figura 05.

Figura 05: Área contribuinte – Superfície Inclinada



Fonte: Adaptado, NBR 10844 (ABNT, 1989)

$$\text{Área} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (01)$$

Sendo:

Área – Área em metros quadrados

a – Menor dimensão (Largura) = 33,0 metros

b – Maior dimensão (Comprimento) = 210,0 metros

h – Altura do telhado = 3,3 metros

Assim obtêm-se a área de contribuição, que é considerada apenas para um dos lados do telhado, que no caso, será a única área utilizada, pois o volume de água pluvial nesta parte já supriu a demanda.

Resultado apresentado no item 4.2.

3.4 Determinação da captação de água da chuva

Calculada a área de cobertura contribuinte e obtida a intensidade pluviométrica, é possível se quantificar a porção de água da chuva, ou seja, a vazão de projeto que o sistema pode ofertar. De acordo com a Equação 02, retirada da NBR 10844/1989.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (02)$$

Sendo:

Q – Vazão em litros por minuto

I – Intensidade pluviométrica = 196mm/h

A – Área de contribuição = 7276,5m²

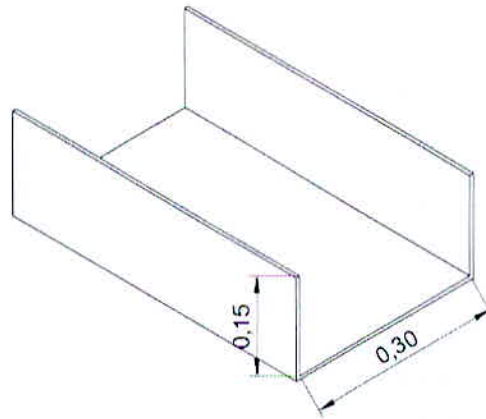
Resultado apresentado no item 4.3.

3.5 Dimensionamento de Calhas e Condutores

3.5.1 Calhas

Há na edificação, uma calha retangular com trinta centímetros de largura por quinze centímetros de altura, onde foi ilustrado na Figura 05. O comprimento é de acordo com a planta baixa e delimitada em cada trecho, variando em seções de 10 a 25 metros, limitando-as de acordo com os condutores verticais.

Figura 05: Calha existente com suas dimensões



Fonte: Autor, 2014

A NBR 10844/1989, exige que a inclinação das calhas de beiral e a platibanda devem obedecer ao valor mínimo de 0,5%, e quando necessário, a cobertura deve ser subdividida em áreas menores, com variadas orientações dos caimentos, para evitar que a água da chuva percorra grandes percursos, sendo estes aspectos adotados em projeto.

O material normalmente utilizado na confecção de calhas é o alumínio, e este é o existente na edificação, assim obtemos um coeficiente de rugosidade (n) igual a 0,011. O perímetro e a área molhada da calha foi um dado recolhido em campo.

Com os dados em mãos é possível calcular o raio hidráulico e conseqüentemente a vazão de projeto, quantificando o quanto essa calha pode suportar sem que transborde e deixe de realizar sua função.

Na verificação do dimensionamento da calha, foi utilizada a equação de Manning-Strickler indicada na Equação 03 e o raio hidráulico pela Equação 04.

$$Q = 60.000 \times \left(\frac{S}{n} \right) \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{0,5} \quad (03)$$

Onde:

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (04)$$

Sendo:

Q – Vazão de projeto em litros por minuto

S – Área da seção molhada = $0,30\text{m} \times 0,15\text{m} = 0,045\text{m}^2$

n – Coeficiente de rugosidade = 0,011 (Alumínio)

P – Perímetro molhado = $0,15\text{m} + 0,30\text{m} + 0,15\text{m} = 0,60\text{m}$

l – Declividade da calha = 0,5%

Rh – Raio hidráulico em metros

Resultado apresentado no item 4.4.

3.5.2 Condutores Verticais

Para conferir os diâmetros dos condutores verticais ocorreu um problema, pois a norma adotada no TCC 1, a NBR 10844/1989, abrange o cálculo para diâmetros que correspondem a até 150mm, e o existente na edificação é de 300mm. Para conseguir averiguar a possibilidade da utilização do mesmo para aproveitamento de água pluvial, foi necessário recorrer à outra fórmula.

Segundo a norma em questão, tais procedimentos para obtenção de resultados são apenas indicativos, sendo permitido utilizar outras fórmulas para execução dos cálculos. Assim, de acordo com Netto (1998), é possível encontrar o diâmetro ou a vazão do condutor vertical, de acordo com a Equação 05.

$$Q = 0,019 \times R S^{\frac{5}{3}} \times D^{\frac{8}{3}} \quad (05)$$

Q – Vazão de projeto, em litros/min

$R_s = y/D$ (Relação da altura da lâmina d'água e o diâmetro) = 25 a 30%

D – Diâmetro do condutor vertical, em mm

Assim, foi considerado um percentual de 25% para o R_s , e o diâmetro de 300mm, que é a única dimensão existente no galpão, para condutores verticais.

3.5.3 Condutores Horizontais

Os condutores horizontais não puderam ser utilizados para o aproveitamento de água da chuva, devido à união da tubulação existente com os bueiros, assim foi necessário criar uma linha do mesmo até a entrada no desarenador.

Para que a qualidade da água seja mantida, foi adotado que não se irá recolher águas da chuva que entrem em contato com o asfalto ou solo, sendo permitido apenas as que sejam captadas diretamente pelo telhado.

Desta forma, para o dimensionamento do mesmo, utiliza-se a Equação 03, que é a de Manning-Strickler, sendo que para isso, adotou-se o material PVC, com um coeficiente de rugosidade de 0,010, uma inclinação de 1,0%, respeitando a velocidade máxima do fluido de 3m/s, conforme a NBR 5626/1998 nos coloca.

Segundo Tomaz (2011), a melhor relação lâmina d'água sobre diâmetro (y/D) é de 0,9 para condutores horizontais, sendo necessário fazer a correção do raio hidráulico por $\beta = 0,299$, como pode ser visto na Tabela 03, assim consequentemente altera-se a velocidade e a vazão de projeto. A velocidade mínima a ser adotada, segundo ele, é de 0,6m/s. Resultado apresentado no item 4.6.

Tabela 03: Determinação do raio hidráulico em função de y/D			
$\frac{Y}{D}$	$\beta = \frac{Rh}{D}$	$\frac{Y}{D}$	$\beta = \frac{Rh}{D}$
0,025	0,016	0,550	0,265
0,050	0,033	0,600	0,278
0,075	0,048	0,650	0,288
0,100	0,064	0,700	0,297
0,125	0,079	0,750	0,302
0,150	0,093	0,775	0,304
0,175	0,107	0,800	0,304
0,200	0,121	0,825	0,304
0,225	0,134	0,850	0,304
0,250	0,147	0,875	0,301
0,300	0,171	0,900	0,299
0,350	0,194	0,925	0,294
0,400	0,215	0,950	0,287
0,450	0,234	0,975	0,277
0,500	0,250	1,000	0,250

Fonte: Adaptado, Tomaz (2011)

3.6 Desarenador (Caixa de Areia)

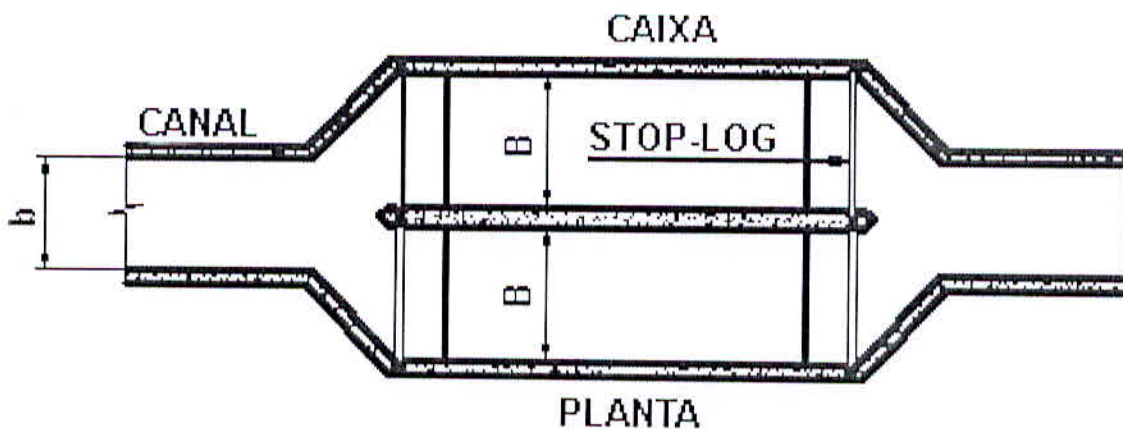
A opção de utilização do desarenador, Figura 06 e 07, surgiu para substituir a ideia principal de um filtro industrial, em conjunto com um reservatório de descarte da primeira água de chuva (*first flush*), a fim de minimizar os gastos.

Conforme Ciesielski (2011), a função do mesmo é reduzir e controlar a velocidade de escoamento de forma a forçar a sedimentação ou deposição de partículas acima de um determinado padrão. O mais comum é a remoção de partículas de diâmetros médios e grandes, superiores a 0,2mm. Com isso, ganhasse na qualidade da água e no aproveitamento mais eficiente do sistema de captação.

Dados adotados no dimensionamento: Tamanho mínimo das partículas de areia: $\varnothing = 0,30\text{mm}$. Velocidade de sedimentação da areia: $V = 0,032\text{ m/s}$ – velocidade de deposição na vertical; Velocidade máxima do fluxo na caixa de areia – para deposição: $V1 < 0,30\text{ m/s}$; Velocidade mínima do fluxo no canal de aproximação – para não haver deposição: $V2 > 0,60\text{ m/s}$.

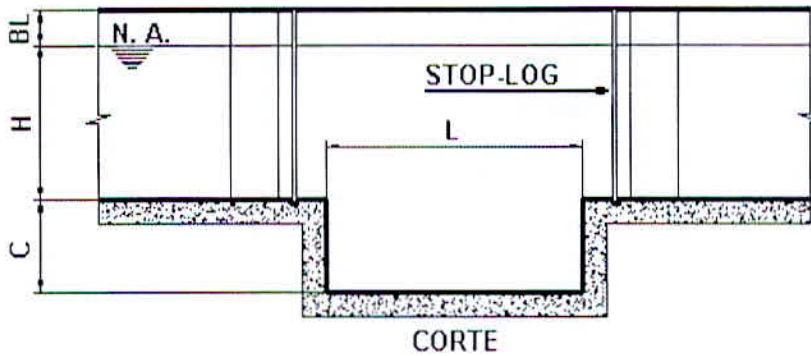
É comum a divisão da caixa de areia em duas células, cada uma delas deve operar separadamente enquanto a outra se encontra em manutenção e limpeza.

Figura 06: Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador em planta



Fonte: Ciesielski (2011)

Figura 07: Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador em corte



Fonte: Ciesielski (2011)

No dimensionamento da caixa de areia foi necessário utilizar várias equações, sendo elas apresentadas no memorial de cálculo, item 4.7.

3.7 Reservatório

De acordo com os dados obtidos até então, foi possível fazer uma análise para saber quais serão as dimensões e as características que o reservatório para aproveitamento de água pluvial possuirá.

Dois métodos foram calculados (Método da Análise de Simulação e Método de Rippl), porém obtiveram relativamente os mesmos resultados. Mas, com o primeiro método, é possível fixar um determinado volume de reservatório, tendo a opção de alterá-lo com facilidade nos cálculos. O Método de Análise de Simulação foi escolhido.

O Método da Análise de Simulação realiza várias verificações para diferentes volumes com suas respectivas eficiências, para que se chegue à desejada para o sistema. Ao se utilizar este método, através de dados de chuva média mensal, para qualquer o volume de reservatório, inclusive zero, haveria *overflow* para todos os meses. Isto se justifica pelo fato de a chuva média desconsiderar a sazonalidade da chuva durante o mês e a chuva média mensal captada ser maior que a demanda.

Assim sendo, foi testado o valor comercial de 150m³ no método, tendo-se utilizado a Tabela 09 apresentada no item 4.8 como auxílio de cálculo, seguindo-se as orientações expostas no Anexo D.

Os cálculos referentes ao Método de Rippl também se encontram neste trabalho, com os resultados apresentados na Tabela 10, no item 4.8. A descrição das fórmulas da tabela em questão está no Anexo E.

Depois de analisado os diagramas, gráficos e tabelas dos dois métodos, constatou-se que existirão dois reservatórios com 50m³ e 100m³, respectivamente, para assim atender a demanda de cada mês do ano de 149m³, além de ter uma sobra de 1000 litros, para eventuais diferenças pequenas de consumo e pluviometria.

3.8 Sistema Elevatório

Segundo Netto (1998), sistema elevatório é um conjunto de tubulações que tem por objetivo transportar água ou outro fluido de pontos de cotas mais baixos, para outro mais alto, utilizando-se para tal injeção de energia.

A localização do desarenador e do primeiro reservatório de 50m³, foi aderida por ser uma área que não tinha nenhuma utilidade para a empresa, não impactando no desenvolvimento da mesma, e também um local de fácil captação da água de chuva.

Para que fosse possível ter uma rede de distribuição de água pluvial atendendo as outras edificações, foi colocado um segundo reservatório ao lado do banheiro coletivo, mas para que a água chegasse até este, foi necessário o cálculo de sistema elevatório, com implantação de moto bombas.

O dimensionamento foi dado seguindo as equações apresentadas por Netto (1998):

Equação 06: Cálculo do diâmetro da unidade de recalque, segundo Besse.

Equação 07: Cálculo do diâmetro da unidade de recalque de acordo com as horas de funcionamento do conjunto moto bomba, segundo NBR 5626/1998.

Equação 08: Cálculo da perda de carga de acordo com o comprimento da tubulação e perdas localizadas (delimitadas no Anexo F, de acordo com seu diâmetro), segundo Hazen-Williams.

Equação 09: Cálculo da Potência – Motor Bomba

$$\phi_{\text{recalque}} = k \times \sqrt{Q} \quad (06)$$

$$\phi_{\text{recalque ABNT}} = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (07)$$

$$Hf = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L \quad (08)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times Hman}{75 \times \mu} \quad (09)$$

Sendo

K – Coeficiente = 1,20

Q – Vazão de sucção = 0,00464m³/s

X – Horas de funcionamento da bomba = 6 horas

C – Coeficiente Hazen-Williams = PVC - 140

D – Diâmetro em metros

P – Potência da bomba em cavalos

γ – Peso específico da água = 1000

$Hman$ – Altura Manométrica em metros

μ – Rendimento da bomba = 50%

Será adotado no sistema: uma vazão de sucção de 16,7m³/h = 0,00464m³/s, sendo que para encher o segundo reservatório seja necessários seis horas de funcionamento do moto bomba; a tubulação será de PVC.

Resultado apresentado no item 4.9 e em projeto.

3.9 Rede de Distribuição

A rede de distribuição de água pluvial segue as mesmas regras que uma rede de distribuição de água fria, sendo a NBR 5626/1998 uma diretriz para o seu cálculo. Obedecendo assim as seguintes exigências, nas quais foram adotadas:

Velocidade máxima da água = 3m/s; Pressão mínima de 10 KPa ou 1 m.c.a (metro de coluna d'água); Pressão máxima de 400 KPa ou 40 m.c.a; Material da tubulação em PVC.

Esta rede tem a finalidade de abastecer quatro torneiras, todas próximas às edificações, que necessitarão de seu uso.

Resultado apresentado no item 4.10 e em projeto.

3.10 Viabilidade Econômica

Para a determinação da viabilidade econômica, não será mais utilizado o método de *payback*, como descrito no TCC 1, e não serão analisados e computados todos os custos com implantação do sistema, pois esse procedimento seria de grande complexidade.

Uma análise mais simplificada é possível fazer, onde se contabiliza uma previsão da economia que a empresa terá, caso ela implante o sistema e passe a não utilizar mais os serviços da concessionária Copasa.

Mensalmente há um consumo de água de 149m³, que poderia ser utilizada como água cinza ou água pluvial. De acordo com o Anexo G, onde mostra a tarifa paga pela serviço, é feito o cálculo.

Apresentação da previsão de economia no item 4.11.

4 MEMORIAL DE CÁLCULO

4.1 Determinação do consumo de água

Seguem os resultados na Tabela 04, que informa o consumo de água mensal, referente à possível utilização de água da chuva, para limpeza e irrigação:

Tabela 04: Consumo de Água por mês					
Setorização/Ambientes		Frequência	Área (m ²)	Consumo (L/m ² xdia)	Consumo Total (L)
01	GALPÃO DE ARMAZENAGEM CONSTRUIDO	Uma vez por mês	13860,00	1,00	13860,00
02	DEPÓSITO / MANUTENÇÃO DE SACARIAS E BAGS	Uma vez por semana	1200,00	1,00	4800,00
03	PIT STOP / DICK LAVAGEM E MANUTENÇÃO	Duas vezes por semana	100,00	2,00	1600,00
04	OFICINA / MANUTENÇÃO DE EMPILHADEIRAS	Uma vez por semana	153,00	1,00	612,00
05	ALMOXARIFADO / APOIO	Uma vez por semana	255,00	1,00	1020,00
06.1	W.C. COLETIVO (LIMPEZA)	Duas vezes por semana	52,00	2,00	832,00
06.2	W.C. COLETIVO (LIMPEZA)	Duas vezes por dia	52,00	1,00	2704,00
07.1	VIVÊNCIA / REFEITÓRIO	Duas vezes por semana	306,00	2,00	4896,00
07.2	VIVÊNCIA / REFEITÓRIO	Uma vez por dia	306,00	1,00	7956,00
08	ADMINISTRAÇÃO (DOIS PAVIMENTOS)	Uma vez por dia	503,00	1,30	17001,40
09	GUARITA / GUARITA FISCAL	Uma vez por dia	50,00	1,00	1300,00
10.1	VEST. FUNC. / TRANSP./APOIO CAMINHONEIRO	Uma vez por semana	255,00	2,00	2040,00
10.2	VEST. FUNC. / TRANSP./APOIO CAMINHONEIRO	Duas vezes por dia	255,00	1,00	13260,00
11	CUBÍCULO DE MEDIÇÃO	Duas vezes por semana	16,00	1,00	128,00
12	GRAMADO (JARDIM / TALUDE)	Uma vez por semana	9621,92	2,00	76975,36
				TOTAL (m³)	148,98

Fonte: Autor, 2014

Desta forma, a demanda mensal do armazém é de aproximadamente 150m³. Dado este que foi utilizado para cálculo do reservatório.

4.2 Área de cobertura contribuinte

$$\text{Área} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b = \left(33m + \frac{3,3m}{2}\right) \times 210m = 7276,5m^2$$

4.3 Determinação da captação de água da chuva

$$Q = \frac{I \times A}{60} = \frac{196mm/h \times 7276,5m^2}{60} = 23769,9 \text{ litros/min}$$

4.4 Verificação do dimensionamento das Calhas

$$Rh = \frac{S}{P} = \frac{0,30m \times 0,15m}{0,15m + 0,30m + 0,15m} = 0,075 \text{ (adm.)}$$

$$Q = 60.000 \times \left(\frac{S}{n}\right) \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{0,5}$$

$$Q = 60.000 \times \left(\frac{0,30m \times 0,15m}{0,011}\right) \times 0,075^{\frac{2}{3}} \times 0,005^{0,5} = 3086,72 \text{ litros/min}$$

Executando as divisões da área de contribuição existente, as calhas passam a atender tranquilamente as vazões, com as quais elas são solicitadas, como pode ser visto na Tabela 05. As divisões e os caimentos estão apresentados em projeto.

Tabela 05: Características das Calhas			
Calhas	Metros	Contribuição Área (m²)	Volume (litros/min)
01	10,00	346,50	1131,90
02	10,00	346,50	1131,90
03	10,00	346,50	1131,90
04	15,00	519,75	1697,85
05	15,00	519,75	1697,85
06	10,00	346,50	1131,90
07	10,00	346,50	1131,90
08	25,00	866,25	2829,75
09	25,00	866,25	2829,75
10	10,00	346,50	1131,90
11	10,00	346,50	1131,90
12	15,00	519,75	1697,85
13	15,00	519,75	1697,85
14	10,00	346,50	1131,90
15	10,00	346,50	1131,90
16	10,00	346,50	1131,90
TOTAL	210,00	7276,50	23769,90

Fonte: Autor, 2014

4.5 Verificação do dimensionamento dos Condutores Verticais

Considerando um percentual de 25% para o R_s , e o diâmetro de 300mm, é possível calcular a vazão máxima que o condutor pode conduzir:

$$Q = 0,019 \times R_s^{\frac{5}{3}} \times D^{\frac{8}{3}} = 0,019 \times 0,25^{\frac{5}{3}} \times 300^{\frac{8}{3}} = 7602,86 \text{ litros/min}$$

De acordo com a vazão de projeto apresentada anteriormente, é possível verificar que o diâmetro de 300mm para todos os condutos verticais, servem perfeitamente para encaminhar a água das calhas para o condutor horizontal, pois a maior vazão que o condutor pode receber é de 3961,65 litros/min, onde se observa na Tabela 06.

Tabela 06: Vazão máxima em cada condutor vertical		
CV	Calhas	Volume (litros/min)
01	01	1131,90
02	02	1131,90
03	03 e 04	2829,75
04	05 e 06	2829,75
05	07 e 08	3961,65
06	09 e 10	3961,65
07	11 e 12	2829,75
08	13 e 14	2829,75
09	15	1131,90
10	16	1131,90

Fonte: Autor, 2014

4.6 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

A Tabela 07 apresenta o quanto um condutor horizontal pode carregar de água pluvial de acordo com o seu diâmetro e o fator de correção para uma ocupação de 90% do mesmo. Assim, com a soma das vazões dos condutores verticais é possível encontrar a real dimensão do condutor.

Tabela 07: Determinação da vazão por Manning-Strickler, com fator de correção β	
Diâmetro (mm)	Vazão (L/min)
300	6537,35
350	9861,13
400	14079,00
450	19274,30
500	25526,93

Com os dados apresentados anteriormente é possível obter a velocidade que esse fluido vai apresentar. Tabela 09.

Tabela 08: Determinação da velocidade por Manning-Strickler, com fator de correção β					
D (mm)	I (%)	y/D	Rh	n (adm)	Vel. (m/s)
300	1,0	0,9	0,090	0,013	1,54
400	1,0	0,9	0,120	0,013	1,87
450	1,0	0,9	0,135	0,013	2,02
500	1,0	0,9	0,150	0,013	2,17

Constatou-se que com os diâmetros, as inclinações e o material PVC, os condutores horizontais cumprem com os limites de velocidade impostos anteriormente.

4.7 Desarenador (Caixa de Areia)

Todos os cálculos para dimensionamento do desarenador. Através da Figura 06 e 07 é possível ver qual dimensão é analisada.

Vazão:

$$Q = \frac{23769,90 \text{ litros/min}}{60000} \cong 0,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Área:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,40 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,5}{0,6 \text{ m/s}} = 1,00 \text{ m}^2$$

Altura:

$$\frac{B}{H} = 1,5 \rightarrow H = \frac{1,00 \text{ m}^2}{1,5} = 0,67 \text{ m}$$

Comprimento:

$$L = \frac{H \times V_1}{V} = \frac{0,67 \text{ m} \times 0,30 \text{ m/s}}{0,032 \text{ m/s}} = 6,25 \text{ m} \cong 6,50 \text{ m}$$

Área 2:

$$B \times H = \frac{Q}{V_1} = \frac{0,40 \text{ m}^3/\text{s}}{0,30 \text{ m/s}} = 1,33 \text{ m}^2$$

Base / Largura:

$$B = \frac{B \times H}{H} = \frac{1,33 \text{ m}^2}{0,67 \text{ m}} = 2,00 \text{ m}$$

Altura 2:

$$BL = 0,10 \text{ a } 0,25\text{m} \rightarrow BL_{\text{adotado}} = 0,13 \text{ m}$$

VOLUME DIÁRIO:

$$V_{Rd} = S_s \times V_d = 0,0001 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 0,40 \text{ m}^3/\text{s} \times 86400 = 3,46 \text{ m}^3/\text{dia}$$

VOLUME CRÍTICO:

$$V_{CR} = V_{Rd} \times \text{Dias de autonomia} = 3,46 \text{ m}^3/\text{dia} \times 3 \text{ dias} = 10,38 \text{ m}^3$$

Altura 3:

$$C = \frac{V_{CR} \times \text{Coef. segurança}}{B \times L} = \frac{10,38 \text{ m}^3 \times 1,5}{2,00 \text{ m}^2 \times 6,50 \text{ m}} = 1,19 \text{ m} \cong 1,20 \text{ m}$$

4.8 Reservatórios

Tabela 09: Planilha para cálculo do Método de Análise de Simulação

Meses	Chuva média (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva (m³)	Volume do reserv. fixado (m³)	Volume do reserv. no tempo t-1 (m³)	Volume do reserv. no tempo t (m³)	Overflow (m³)	Sup. de água externo
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10
						0,00	150,00		
Jan	317,00	149,00	13860	3734,58	150,00	150,00	150,00	3585,58	0,00
Fev	168,00	149,00	13860	1979,21	150,00	150,00	150,00	1830,21	0,00
Mar	188,00	149,00	13860	2214,83	150,00	150,00	150,00	2065,83	0,00
Abr	81,00	149,00	13860	954,26	150,00	150,00	150,00	805,26	0,00
Mai	48,20	149,00	13860	567,84	150,00	150,00	150,00	418,84	0,00
Jun	41,00	149,00	13860	483,02	150,00	150,00	150,00	334,02	0,00
Jul	19,10	149,00	13860	225,02	150,00	150,00	150,00	76,02	0,00
Ago	13,30	149,00	13860	156,69	150,00	150,00	150,00	7,69	0,00
Set	56,00	149,00	13860	659,74	150,00	150,00	150,00	510,74	0,00
Out	114,00	149,00	13860	1343,03	150,00	150,00	150,00	1194,03	0,00
Nov	186,00	149,00	13860	2191,27	150,00	150,00	150,00	2042,27	0,00
Dez	245,00	149,00	13860	2886,35	150,00	150,00	150,00	2737,35	0,00
Totais	1476,60	1788		17395,82					0,00

Fonte: Autor, 2014

Tabela 10: Planilha para cálculo do Método de Rippl

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda - Vol de chuva Col.3-Col.5	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	P	Dt	A	Qt	Dt - Qt		
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Jan	317,00	149,00	13860,00	3734,58	-3585,58	-3585,58	água aumenta
Fev	168,00	149,00	13860,00	1979,21	-1830,21	-5415,79	água aumenta
Mar	188,00	149,00	13860,00	2214,83	-2065,83	-7481,61	água aumenta
Abr	81,00	149,00	13860,00	954,26	-805,26	-8286,87	água aumenta
Mai	48,20	149,00	13860,00	567,84	-418,84	-8705,72	água aumenta
Jun	41,00	149,00	13860,00	483,02	-334,02	-9039,74	água aumenta
Jul	19,10	149,00	13860,00	225,02	-76,02	-9115,76	água aumenta
Ago	13,30	149,00	13860,00	156,69	-7,69	-9123,44	água aumenta
Set	56,00	149,00	13860,00	659,74	-510,74	-9634,18	água aumenta
Out	114,00	149,00	13860,00	1343,03	-1194,03	-10828,21	água aumenta
Nov	186,00	149,00	13860,00	2191,27	-2042,27	-12870,48	água aumenta
Dez	245,00	149,00	13860,00	2886,35	-2737,35	-15607,82	água aumenta
Total	1476,60	1788,00		17395,82			
Média				1449,65			

Fonte: Autor, 2014

4.9 Sistema Elevatório

$$\varnothing_{\text{recalque}} = k \times \sqrt{Q} = 1,2 \times \sqrt{0,00464 \text{m}^3/\text{s}} = 0,08174 \text{m} = 81,74 \text{mm}$$

$$\begin{aligned} \varnothing_{\text{recalque ABNT}} &= 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} = 1,3 \times \left(\frac{6 \text{horas}}{24 \text{horas}}\right)^{0,25} \times \sqrt{0,00464 \text{m}^3/\text{s}} \\ &= 0,06262 \text{m} = 62,62 \text{mm} \end{aligned}$$

Adota-se o menor diâmetro, que no caso é 60mm para recalque. Já o de sucção é um diâmetro comercialmente maior que o de recalque, sendo assim adotado o de 75mm.

Unidade de Sucção – Ø75mm

- 1 Válvula de Pé com Crivo = 1 x 26,80m = 26,80m
- 2 Cotovelo 90° = 2 x 3,90m = 7,80m
- 1 Tê Passagem Lateral = 1 x 8,00m = 8,00m
- 1 Registro de Gaveta = 1 x 0,90m = 0,90m
- 1 União = 1 x 0,00m = 0,00m
- Altura = 4,65m
- Comprimento da Tubulação = 6,60m

Unidade de Recalque – Ø60mm

- 1 Válvula de Retenção Leve = 1 x 8,20m = 8,20m
- 3 Cotovelo 90° = 3 x 3,70m = 11,10m
- 1 Tê Passagem Direta = 1 x 2,40m = 2,40m
- 2 Registro de Gaveta = 2 x 0,90m = 1,80m
- 6 Curva 45° = 6 x 0,80m = 4,80m
- 1 União = 1 x 0,00m = 0,00m
- Altura = 20,04m
- Comprimento da Tubulação = 173,65m

Resultados:

Q (m ³ /s)	0,00464
Func. Bomba (horas)	6
Rendimento	0,43
Comp. Tub. Sucção (m)	6,60
Comp. Tub. Recalque (m)	173,65
Comp. Equiv. Sucção (m)	43,50
Comp. Equiv. Recalque (m)	28,30
C de Hazen-Williams	140
Altura Man. Sucção (m)	0,83
Altura Man. Recalque (m)	9,89
Diferença de Nível (m)	24,70
Potência (CV)	5,10
Potência (CV) + 20% Segurança	6,12

A potência com 20% de segurança é de 6,17CV. Comercialmente esta potência não existe, então adota-se a de 7,5CV. Segundo catálogo da empresa Schneider, há apenas um tipo de bomba para esta análise de projeto que é o modelo MAS-22 R 1/4.

O projeto apresenta a posição desta motobomba.

4.10 Rede de Distribuição

Peso relativo à torneira: 0,4

Trecho 1 – Ø20mm

- 2 Cotovelo 90° = 2 x 1,20m = 2,40m
- 2 Curva 45° = 2 x 0,30m = 0,60m
- 1 Registro de Gaveta = 1 x 0,20m = 0,20m
- Comprimento da tubulação = 11,10m

Trecho 2.1 – Ø20mm

- 1 Tê Passagem Lateral = 1 x 2,40m = 2,40m
- Comprimento da tubulação = 12,45m

Trecho 2.2 – Ø15mm

- 1 Cotovelo 90° = 1 x 1,10m = 1,10m
- 1 Curva 90° = 1 x 0,40m = 0,40m
- 1 Tê Passagem Lateral = 1 x 2,30m = 2,30m
- Comprimento da tubulação = 1,60m

Trecho 2.3 – Ø15mm

- 1 Cotovelo 90° = 1 x 1,10m = 1,10m
- 2 Curva 90° = 2 x 0,40m = 0,80m
- 1 Tê Passagem Direta = 1 x 0,70m = 0,70m
- Comprimento da tubulação = 31,70m

Trecho 3.1 – Ø20mm

- 1 Tê Passagem Lateral = 1 x 2,40m = 2,40m
- Comprimento da tubulação = 17,55m

Trecho 3.2 – Ø15mm

- 1 Cotovelo 90° = 1 x 1,10m = 1,10m
- 1 Curva 90° = 1 x 0,40m = 0,40m
- 1 Tê Passagem Lateral = 1 x 2,30m = 2,30m
- Comprimento da tubulação = 1,60m

Trecho 3.3 – Ø15mm

- 1 Cotovelo 90° = 1 x 1,10m = 1,10m
- 3 Curva 90° = 3 x 0,40m = 1,20m
- 1 Tê Passagem Lateral = 1 x 2,30m = 2,30m
- Comprimento da tubulação = 26,90m

Tabela 11: Cálculo de pressões - Rede Água Fria

Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	Ø (mm)		J (m/m)	Vel. (m/s)	Comprimento (m)			Hf (m)		Cota (m)	Pressão (mca)	
			Tab.	Utiliz.			Real	Equiv.	Total	Unit.	Total		M	J
1	1,6	0,38	20	20	10,488	1,21	11,10	3,2	14,30	0,1049	1,50	0,00	9,80	8,30
2.1	0,8	0,27	20	20	5,719	0,85	12,45	2,4	14,85	0,0572	0,85	0,00	8,30	7,45
2.2	0,4	0,19	15	15	12,228	1,07	1,60	3,8	5,40	0,1223	0,66	-0,60	7,45	6,19
2.3	0,4	0,19	15	15	12,228	1,07	31,70	2,6	34,30	0,1223	4,19	-0,60	6,19	1,40
3.1	0,8	0,27	20	20	5,719	0,85	17,55	2,4	19,95	0,0572	1,14	0,00	8,30	7,16
3.2	0,4	0,19	15	15	12,228	1,07	1,60	3,8	5,40	0,1223	0,66	-0,60	7,16	5,90
3.3	0,4	0,19	15	15	12,228	1,07	26,90	4,6	31,50	0,1223	3,85	-0,60	5,90	1,45

4.11 Viabilidade Econômica

Cálculos da estimativa de consumo e valores de água da concessionária.

Variação	m ³	R\$/m ³	R\$
0 - 6	0	0	23,79
6 - 10	4	3,966	15,86
10 - 20	10	6,947	69,47
20 - 40	20	6,969	139,38
40 - 100	60	7,037	422,22
100 - 150	50	7,229	361,45
TOTAL			1032,17

Segundo os cálculos, é possível fazer uma estimativa do quanto economizará mensalmente, com a não utilização de 150m³ de água da concessionária, o valor de R\$1032,17. Totalizando por ano R\$12386,09.

5 Descrição do Sistema de Aproveitamento da Água da chuva

Através de visitas a campo foi possível definir onde será implantado o sistema de aproveitamento da água da chuva no galpão de armazenamento.

O sistema se inicia através de 16 seguimentos de calhas existentes que recebem contribuição de água de metade do telhado principal, na extremidade do galpão, e segue por dez condutores verticais com diâmetro de 300mm.

As vazões dos condutores verticais se unem em quatro caixas de passagem, que se interligam posteriormente a uma rede de condutores horizontais, variando de 300mm até 500mm, com uma relação de y/D igual a 0,90, ou seja, 90% do diâmetro pode estar sendo ocupado por água pluvial.

O último condutor horizontal dimensionado é o de 500mm, este ao qual possui a maior vazão, termina seu comprimento dentro de um desarenador. Este possui a função de retirar particulados da água, melhorando sua qualidade e consequentemente protegendo a bomba centrífuga. Uma peneira foi adicionada a caixa de areia para retirar materiais como folhas e gravetos que estejam por ventura suspensos no dispositivo.

Após a caixa, o fluido segue para o primeiro reservatório de 50.000 litros e também para o segundo reservatório de 100.000 litros que é bombeado do primeiro, com uma motobomba modelo MAS-22 R 1 $\frac{1}{4}$ 7,5CV. Depois de cheio os dois reservatórios, a água que sobra vai para a rede pluvial.

O segundo reservatório serve para alimentar a rede de distribuição que alimenta quatro torneiras. Estas com a função de limpeza de pisos e irrigação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água tem se tornado um fator limitante para o desenvolvimento das empresas e indústrias, mesmo em regiões nas quais o recurso é abundante. O mau gerenciamento pode comprometer a sua qualidade. A escassez não é atributo somente de regiões áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes podem sofrer por demandas excessivamente elevadas, podendo ser vítimas de conflitos de uso e restrições de consumo. Neste contexto é necessário procurar, ou ter sempre ao alcance novas fontes para complementar a reduzida disponibilidade hídrica ou substituir um recurso por um determinado tempo quando necessário.

Este trabalho alcançou os objetivos propostos de desenvolver um projeto de aproveitamento da água da chuva no galpão principal da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas em Varginha, no qual foram definidos os equipamentos constituintes do projeto, estimado o consumo médio mensal de água não potável para limpeza e irrigação, dimensionamento das calhas, condutores, reservatórios, rede de distribuição, entre outros componentes. Apenas a viabilidade do empreendimento que não foi realizada, pois o foco foi a estrutura.

No decorrer da realização deste trabalho, encontrou-se maior dificuldade em determinar quais os métodos de filtração que deveriam ser implantados. Ao se utilizar o desarenador como um processo de filtração juntamente com a peneira, foi o processo mais simples adotado para uma grande vazão de projeto. Salientasse que a estimativa de consumo de água não potável para limpeza foi obtida através de entrevista aos funcionários da empresa e por meio de valores médios tabelados de consumo, não apresentando dessa forma um resultado muito preciso.

Este trabalho mostrou ser viável tecnicamente a implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva em uma edificação existente, porém deixa dúvidas em relação à sua viabilidade econômico-financeira. Portanto, sugere-se para futuros trabalhos acadêmicos, um estudo que permita a elaboração de um projeto que se torne viável financeiramente. Estimar o consumo de água não potável de uma forma mais precisa e também uma análise financeira seriam os primeiros passos a se tomar.

Conclui-se que com essa vazão, muitos litros de água potável não serão mais utilizados, contribuindo em muito para a preservação de rios, poços e lagos, além de dar uma visão mais sustentável à empresa.

REFERÊNCIAS

- AGLMINAS. Armazéns Gerais Leste de Minas website. Disponível em: <<http://www.aglminas.com.br/portugues//>>. Acesso em: 25 mai. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12211: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5626: Instalação predial de água fria, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15527: Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos, 2007.
- AYUB, Omar; CASTRO, Silvia R. S. S.; REBELLO, Guilherme A. O.; ZANELLA, Luciano; ALVES, Wolney C.; MARQUES, Ricardo B. Aproveitamento de água de chuva em edificações: Reflexões e Necessidades. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Jul. 2005, Teresina. Anais eletrônicos... ABCMAC, 2005.
- BREGALDA, Plínio Paravizo. Projeto de aproveitamento de água da chuva para o galpão da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas em Varginha. Parte I. Trabalho de graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Varginha, 2014.

- CAMPOS, Marcus André Siqueira. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos. Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre. São Carlos, 2004.
- CIESIELSKI, João Vitor Rosset. Dimensionamento de uma nova estação de tratamento de efluentes domésticos da Central de Abastecimento do Paraná – CEASA/PR, Curitiba. Trabalho de graduação apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tuiuti do Paraná, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. Curitiba, 2011.
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/>>. Acesso em: 02 nov. 2014.
- 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. Trabalho de graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Joinville, 2012.
- FERREIRA, Daniel Fabrício. Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC. Trabalho de graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Florianópolis, 2005.
- GENEAMINAS website. Disponível em: <<http://www.geneaminas.com.br/>>. Acesso em: 11 jun. 2014.
- GIACCHINI, Margolaine. Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Paraná para obtenção do título de mestre. Curitiba, 2010.
- GOOGLE. Google Earth Software. Disponível em: < <http://earth.google.com/>>. Acesso em: 25 mai. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 25 abr. 2014.
- JÚNIOR, Arlindo Philippi; BORANGA, José Aurélio. Livro: Reuso de Água. In: Júnior, Arlindo Philippi (Coo.). Prefácio. Barueri – SP: Editora Manole, 2003.

- MAY, Simone. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificação. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre. São Paulo, 2004.
- NETO, Cícero Onofre de Andrade. Aproveitamento imediato da água de chuva. In: REVISTA ELETRÔNICA DE GESTÃO E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS, VOL. 1, NO 1 (2013). Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/viewArticle/7106>>. Acesso em: 02 jun. 2014.
- NETTO, José Martiniano Azevedo. Manual de hidráulica. 8. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1998.
- PHILIPPI, Luís Sergio; VACCARI, Karla Ponzio; PETERS, Madelon Rebelo; GONÇALVES, Ricardo Franci. Aproveitamento da Água da Chuva. In: Gonçalves, Ricardo Franci (Coo.). Uso racional da água em edificações. Vitória: Projeto Gráfico, 2006. p.73-152.
- SCHNEIDER MOTOBOMBAS. Disponível em: <<http://schneider.ind.br/>>. Acesso em: 11 nov. 2014.
- TOMAZ, Plínio. Água de Chuva. 4. Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011.
- TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis – diretrizes básicas para um projeto. In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Jul. 2007, Belo Horizonte. Anais eletrônicos... Petrolina: ABCMAC, 2007.
- WERNECK, Guilherme Augusto Miguel. Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Pirai. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do título de mestre. Rio de Janeiro, 2006.

ANEXO A – Tabela com as chuvas intensas no Brasil, com duração de 5min. NBR
10844 (ABNT, 1989)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
1 - Alegrete/RS	174	238	313(17)
2 - Alto Itatiaia/RJ	124	164	240
3 - Alto Tapajós/PA	168	229	267(21)
4 - Alto Teresópolis/RJ	114	137(3)	-
5 - Aracaju/SE	116	122	126
6 - Avaró/SP	115	144	170
7 - Bagé/RS	126	204	234(10)
8 - Barbacena/MG	156	222	265(12)
9 - Barra do Corda/MA	120	128	152(20)
10 - Bauru/SP	110	120	148(9)
11 - Belém/PA	138	157	185(20)
12 - Belo Horizonte/MG	132	227	230(12)
13 - Blumenau/SC	120	125	152(15)
14 - Bonsucesso/MG	143	196	-
15 - Cabo Frio/RJ	113	146	218
16 - Campos/RJ	132	206	240
17 - Campos do Jordão/SP	122	144	164(9)
18 - Catalão/GO	132	174	198(22)
19 - Caxambu/MG	106	137(3)	-
20 - Caxias do Sul/RS	120	127	218
21 - Corumbá/MT	120	131	161(9)
22 - Cruz Alta/RS	204	246	347(14)
23 - Cuiabá/MT	144	190	230(12)
24 - Curitiba/PR	132	204	228
25 - Encruzilhada/RS	106	126	158(17)
26 - Fernando de Noronha/FN	110	120	140(6)
27 - Florianópolis/SC	114	120	144
28 - Formosa/GO	136	176	217(20)
29 - Fortaleza/CE	120	156	180(21)
30 - Goiânia/GO	120	178	192(17)
31 - Guaramiranga/CE	114	126	152(19)
32 - Iral/RS	120	198	228(16)
33 - Jacarezinho/PR	115	122	146(11)
34 - João Pessoa/PB	115	140	163(23)
35 - Juaretê/AM	192	240	288(10)
36 - km 47 - Rodovia Presidente Dutra/RJ	122	164	174(14)
37 - Lins/SP	96	122	137(13)
38 - Macalé/AL	102	122	174
39 - Manaus/AM	138	180	198
40 - Natal/RN	113	120	143(19)
41 - Nazaré/PE	118	134	155(19)
42 - Niterói/RJ	130	183	250
43 - Nova Friburgo/RJ	120	124	156
44 - Olinda/PE	115	167	173(20)
45 - Ouro Preto/MG	120	211	-
46 - Paracatu/MG	122	233	-
47 - Paranaguá/PR	127	186	191(23)
48 - Paratins/AM	130	200	205(13)
49 - Passa Quatro/MG	118	180	192(10)
50 - Passo Fundo/RS	110	125	180
51 - Petrópolis/RJ	120	126	156
52 - Pinheira/RJ	142	214	244
53 - Piracicaba/SP	119	122	151(10)
54 - Ponta Grossa/PR	120	126	148

/continua

ANEXO B – Continuação: Tabela com as chuvas intensas no Brasil, com duração de 5min. NBR 10844 (ABNT, 1989)

/continuação Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	período de retorno (anos)		
	1	5	25
55 - Porto Alegre/RS	118	146	167(21)
56 - Porto Velho/RO	130	167	184(10)
57 - Quixeramobim/CE	115	121	126
58 - Resende/RJ	130	203	264
59 - Rio Branco/AC	126	139(2)	-
60 - Rio de Janeiro/RJ (Bangu)	122	156	174(20)
61 - Rio de Janeiro/RJ (Ipanema)	119	125	160(15)
62 - Rio de Janeiro/RJ (Jacarepaguá)	120	142	152(6)
63 - Rio de Janeiro/RJ (Jardim Botânico)	122	167	227
64 - Rio de Janeiro/RJ (Praça XV)	120	174	204(14)
65 - Rio de Janeiro/RJ (Praça Saenz Peña)	125	139	167(18)
66 - Rio de Janeiro/RJ (Santa Cruz)	121	132	172(20)
67 - Rio Grande/RS	121	204	222(20)
68 - Salvador/BA	108	122	145(24)
69 - Santa Maria/RS	114	122	145(16)
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152(7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152(18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204(21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161(10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167(18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152(15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152(21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	253(21)
79 - São Paulo/SP (Congonhas)	122	132	-
80 - São Paulo/SP (Mirante Santana)	122	172	191(7)
81 - São Simão/SP	116	148	175
82 - Sena Madureira/AC	120	160	170(7)
83 - Sete Lagoas/MG	122	182	281(19)
84 - Soure/PA	149	162	212(18)
85 - Taperinha/PA	149	202	241
86 - Taubaté/SP	122	172	208(6)
87 - Teófilo Otoni/MG	108	121	154(6)
88 - Teresina/PI	154	240	262(23)
89 - Teresópolis/RJ	115	149	176
90 - Tupi/SP	122	154	-
91 - Turiaçu/MG	126	162	230
92 - Uaupés/AM	144	204	230(17)
93 - Ubatuba/SP	122	149	184(7)
94 - Uruguaiana/RS	120	142	161(17)
95 - Vassouras/RJ	125	179	222
96 - Viamão/RS	114	126	152(15)
97 - Vitória/ES	102	156	210
98 - Volta Redonda/RJ	156	216	265(13)

Notas: a) Para locais não mencionados nesta Tabela, de ve-se procurar correlação com dados dos postos mais próximos que tenham condições meteorológicas semelhantes às do local em questão.

ANEXO C – Entrevista com o diretor da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas, o Sr. João Aparecido Da Silva no dia 04/06/2014

Perguntas feitas por Plínio Paravizo Bregalda.

Questionamentos:

1) A água pluvial será utilizada para qual finalidade? (Explico quais as possibilidades)

Resposta: A água será utilizada, principalmente, para irrigação e limpeza de pátio, janelas, pisos, etc. Se for possível, gostaríamos de utilizar para o sistema de incêndio também.

2) Pretende utilizá-la para limpeza do piso do galpão, irrigação e incêndio?

Resposta: Sim, conforme explicado na questão 1.

3) A construção do novo galpão de mesma dimensão que o existente, já tem uma previsão de início?

Resposta: Por enquanto não há previsão para início das obras, estamos em fase de cotação. Caso o projeto de ampliação seja aprovado pela diretoria do Leste de Minas, talvez a construção se inicie no início de 2015.

4) Dependendo da utilização da água pluvial, o que se gasta com água potável para estes fins, consumo?

Resposta: Gastamos aproximadamente 200 m³ de água por mês, mas quase não utilizamos água para irrigação, que representaria um volume muito maior.

ANEXO D – Planilha para cálculo do Método de Análise de Simulação

Na tabela a seguir está o exemplo de aplicação da análise de simulação do reservatório (NUNES, 2008).

Planilha para cálculo do Método de Análise de Simulação									
Meses	Chuva média (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva (m ³)	Volume do reserv. fixado (m ³)	Volume do reserv. no tempo t-1 (m ³)	Volume do reserv. no tempo t (m ³)	Overflow (m ³)	Sup. de água externo
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10

Fonte: Adaptado, Tomaz, 2011

De acordo com Tomaz (2011):

- Col. 1 = Constan os meses do ano;
- Col. 2 = Chuvas médias mensais (mm);
- Col. 3 = Demanda mensal (m³);
- Col. 4 = Área de captação da água de chuva (m²);
- Col. 5 = E o volume que poderá ser usufruído, calcula-se:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (00)$$

Sendo:

V - Volume da cisterna em litros

P - Precipitação média mensal (mm)

C - Coeficiente de *runoff* do telhado (adimensional) = 1,00

$\eta \text{ first flush}$ - é dado relativo ao rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado, sendo isso referenciado na norma. Tomaz (2011), apresenta um valor usual de 0,85, de acordo com suas análises.

A - é a área do telhado contribuinte do sistema (m²)

- Col. 6 = Volume do reservatório que é fixado.
- Col. 7 = 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).
- Col. 8 = Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Obtém-se a coluna 8 da seguinte maneira: coluna 8 = SE (coluna 5 + coluna7 – coluna 3 > coluna6; coluna7; coluna5 + coluna7 – coluna3).
- Col. 9 = 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).
- Col. 10 = 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).

ANEXO E – Planilha para cálculo do Método de Rippl

Na tabela a seguir, está a aplicação prática do Método de Rippl (NUNES, 2008).

Planilha para cálculo do Método de Rippl							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda - Vol de chuva Col.3-Col.5	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Obs.
	P	Dt	A	Qt	Dt - Qt		
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8

Fonte: Adaptado, Tomaz, 2011

As colunas presentes na Tabela 13 representam (TOMAZ, 2011):

- Coluna 1 = período de tempo em meses;
- Coluna 2 = chuvas médias mensais (mm);
- Coluna 3= demanda mensal (m³);
- Coluna 4 = 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);
- Coluna 5 = volumes mensais disponíveis da água de chuva (m³);
- Coluna 6 = 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.
- Coluna 7 = 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.

- Coluna 8 = o preenchimento da C8 é feito usando as letras E, D e S, sendo: E a água escoando pelo extravasor; D o nível de água baixando e S o nível de água subindo.

ANEXO F – Tabela de Comprimento Equivalente em metros de canalizações de PVC rígido ou cobre. Adaptado, NBR 5626 (ABNT, 1998)

Comprimento equivalente em metros de canalizações de PVC rígido ou Cobre																		
Diâmetro Referência (mm) (pol.)	Cotovelo 90°		Cotovelo 45°		Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direta	Tê 90° Saída Lateral	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canaliz.	Válvula Pé e Crivo	Válvula Retenção		Registro Globo Aberto	Registro Gaveta Aberto	Registro Angular Aberto
	90°	45°	90°	45°										Leve	Pesado			
15	1,2	1,1	0,4	0,2	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	6,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	3,4	1,2	0,5	0,3	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	1	1,5	0,7	0,4	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	6,4
32	1,1/4	2,0	1,0	0,5	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	1,1/2	3,2	1,0	0,6	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	2	3,4	1,3	0,7	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	2,1/2	3,7	1,7	0,8	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	3	3,9	1,8	0,9	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	4	4,3	1,9	1,0	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	5	4,9	2,4	1,1	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	17,5	19,2	50,9	1,1	25,2
150	6	5,4	2,6	1,2	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

ANEXO G – Tarifas aplicáveis aos usuários da concessionária Copasa.

TARIFAS APLICÁVEIS AOS USUÁRIOS

Considerar apenas as colunas correspondentes aos serviços prestados:

- Água: Abastecimento de água
- EDC: esgotamento dinâmico com coleta
- EDT: esgotamento dinâmico com coleta e tratamento

Classe de Consumo	Código Tarifário	Intervalo de Consumo m ³	Tarifas de Aplicação				
			maio/13 a abr/14				
			1	2	3		
			Água	EDC	EDT		
Residencial Tarifa Social até 10 m ³	Res TS até 10 m ³	0 - 6	8,31	4,16	7,50	R\$/mês	
		> 6 - 10	1,850	0,925	1,665	R\$/m ³	
Residencial Tarifa Social maior que 10 m ³	Res TS > 10m ³	0 - 6	8,76	4,39	7,88	R\$/mês	
		> 6 - 10	1,948	0,975	1,753	R\$/m ³	
		> 10 - 15	4,262	2,131	3,835	R\$/m ³	
		> 15 - 20	4,747	2,374	4,273	R\$/m ³	
		> 20 - 40	4,770	2,385	4,293	R\$/m ³	
		> 40	8,750	4,377	7,876	R\$/m ³	
Residencial até 10 m ³	Res até 10 m ³	0 - 6	13,86	6,93	12,50	R\$/mês	
		> 6 - 10	2,313	1,156	2,081	R\$/m ³	
Residencial maior que 10 m ³	Res > 10m ³	0 - 6	14,60	7,30	13,13	R\$/mês	
		> 6 - 10	2,435	1,218	2,191	R\$/m ³	
		> 10 - 15	4,735	2,368	4,262	R\$/m ³	
		> 15 - 20	4,747	2,374	4,273	R\$/m ³	
		> 20 - 40	4,770	2,385	4,293	R\$/m ³	
		> 40	8,750	4,377	7,876	R\$/m ³	
Comercial	Com	0 - 6	22,42	11,21	20,19	R\$/mês	
		> 6 - 10	3,737	1,869	3,365	R\$/m ³	
		> 10 - 40	7,146	3,574	6,431	R\$/m ³	
		> 40 - 100	7,205	3,601	6,484	R\$/m ³	
		> 100	7,240	3,620	6,516	R\$/m ³	
Industrial	Ind	0 - 6	23,79	11,90	21,42	R\$/mês	
		> 6 - 10	3,966	1,983	3,570	R\$/m ³	
		> 10 - 20	6,947	3,474	6,253	R\$/m ³	
		> 20 - 40	6,969	3,485	6,272	R\$/m ³	
		> 40 - 100	7,037	3,520	6,333	R\$/m ³	
		> 100 - 600	7,229	3,614	6,506	R\$/m ³	
Pública	Pub	0 - 6	21,11	10,55	19,01	R\$/mês	
		> 6 - 10	3,520	1,760	3,166	R\$/m ³	
		> 10 - 20	6,069	3,034	5,462	R\$/m ³	
		> 20 - 40	7,336	3,667	6,602	R\$/m ³	
		> 40 - 100	7,429	3,715	6,687	R\$/m ³	
		> 100 - 300	7,451	3,725	6,705	R\$/m ³	
		> 300	7,514	3,758	6,763	R\$/m ³	

ANEXO H – Projeto completo e detalhado em AutoCAD