



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

SELEÇÃO DE BOMBA E EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS PARA REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

João Marcello M da Rosa Maia

Projeto de graduação apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Reinaldo de Falco

Rio de Janeiro
Setembro de 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Departamento de Engenharia Mecânica

DEM/POLI/UFRJ



SELEÇÃO DE BOMBA E EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS PARA
REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

João Marcello M da Rosa Maia

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO MECÂNICO.

Aprovado por:

Prof. Reinaldo de Falco, M.Sc.

Prof. Fábio Luiz Zamberlan, D.Sc.

Prof. Daniel Onofre de Almeida Cruz, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

SETEMBRO de 2016

Maia, João Marcello M. da Rosa

Seleção de bomba e equipamentos hidráulicos para reaproveitamento de água de chuva/ João Marcello M da Rosa Maia – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

X, 60 p.: il.; 29,7 cm

Orientador: Reinaldo de Falco

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Mecânica, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 70.

1.Hidráulica. 2. Equipamentos Hidráulicos. 3.Perda de Carga. I. De Falco, Reinaldo. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Mecânica. III. Título.

Agradecimentos

Aos meus pais por todo o investimento e incentivo à minha educação, além de todo o amor e carinho ao longo da minha vida.

Às minhas irmãs pela amizade e apoio em todos os momentos.

Aos meus amigos, pois sem eles não seria possível chegar onde cheguei.

Ao meu orientador Reinaldo De Falco, não só pela orientação neste trabalho como por todos os conselhos e ensinamentos.

Especialmente ao meu avô que faleceu esse ano e teria gostado muito de ter visto este projeto.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

SELEÇÃO DE BOMBA E EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS PARA REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

João Marcello M da Rosa Maia

Setembro/2016

Orientador: Reinaldo de Falco

Curso: Engenharia Mecânica

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema hidráulico a ser implantado em um shopping de grande porte, para a substituição por parte da água consumida por este por água da chuva. Ao longo do trabalho, foi exposto, detalhadamente, todo o processo de implantação do projeto, desde a captação da água da chuva até a sua entrega para o consumo. Neste aspecto, o trabalho em tela tem por objetivo demonstrar o excelente retorno financeiro bem como os benefícios ao meio ambiente.

Palavras-chave: Sistema hidráulico, Reaproveitamento, Água, Shopping, Retorno financeiro, Meio ambiente

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Mechanical Engineer.

PUMP SELECTION AND HYDRAULIC EQUIPMENT FOR RAIN WATER REUSE

João Marcello M da Rosa Maia

September/2016

Advisor: Reinaldo de Falco

Course: Mechanical Engineering

This paper presents the development of a hydraulic system to be deployed in a large shopping mall to replace the water consumed by the mall by rainwater.

Throughout the work , it was exposed in detail the entire project implementation process , from the rainwater capture to its delivery to the consume.

In this respect , the screen work aims to demonstrate the excellent financial return as well as the environmental benefits .

Keywords: Hydraulics , Reuse , Water, Shopping, Financial return, Environment

Sumário

1 Introdução	11
2 Objetivo do trabalho.....	13
3 Índice Pluviométrico.....	15
3.1 Conceito.....	15
3.2 Pluviômetro.....	15
3.3 Índice Pluviométrico no Rio de Janeiro.....	16
3.4 Shopping Tijuca.....	18
4 Consumo de água no Shopping.....	20
4.1 O Shopping Tijuca.....	20
4.2 Consumo de água no Shopping.....	21
4.2.1 Tipos de água.....	21
4.2.2 Análise do consumo.....	24
4.2.3 Estrutura do sistema de armazenamento e distribuição de água.....	27
5 Potencial reaproveitamento de água.....	38
5.1 Conceito.....	38
5.2 O shopping.....	39
6 Dimensionamento da bomba.....	44
6.1 Cisterna 4 - Reservatório de sucção.....	44
6.2 Volume de água da chuva.....	47
6.2.1 Substituição da água.....	48
6.2.2 Considerações.....	48
6.2.3 Potencial máximo de substituição pela água de chuva.....	50

6.3 Dimensionamento da bomba.....	50
6.3.1 Vazão.....	50
6.3.2 Head.....	50
6.3.2.1 Alturas geométricas (Z_d e Z_s).....	51
6.3.2.2 Perda de carga.....	53
6.4 Seleção da bomba.....	60
6.4.1 Tipo de bomba.....	60
6.4.2 - Comparação entre os tipos.....	61
6.4.3 - Modelo da bomba.....	61
7 Retorno financeiro e benefícios ao meio ambiente.....	65
7.1 Retorno financeiro.....	65
7.1.1 - Economia financeira.....	65
7.1.2 - Consumo de energia da bomba.....	65
7.1.3 - Economia financeira final.....	66
7.2 - Payback.....	66
7.3 Benefícios ao meio ambiente.....	66
8 Conclusão.....	68
Referências Bibliográficas.....	69

Índice de figuras

Figura 1 - Pluviômetro.....	16
Figura 2 - Fachada do Shopping Tijuca.....	20
Figura 3 - Entrada do Shopping.....	21
Figura 4 - Relatório físico-químico da água do poço	23
Figura 5 - Relatório bacteriológico da água da CEDAE	24
Figura 6 - Estação de tratamento	29
Figura 7 - Estação de tratamento (vista superior).....	29
Figura 8 - Equipamentos de filtragem e limpeza.....	30
Figura 9 - Cisterna 3	31
Figura 10 - Medidor de vazão.....	32
Figura 11 - Sistema de recalque 1 (água da CEDAE)	33
Figura 12 - Sistema de recalque 2 (água de poço).....	34
Figura 13 - Caixas de água localizadas no terraço	35
Figura 14 - Caixa d'água 1	35
Figura 15 - Caixa d'água 2	36
Figura 16 - Figura esquemática	37
Figura 17 - Exemplo prático	38
Figura 18 - Índice pluviométrico e Volume acumulado	39
Figura 19 - Piso de estacionamento G3 [1]	40
Figura 20 - Piso de estacionamento G3 [2]	41
Figura 21 - Piso de estacionamento G3 [3]	42
Figura 22 - Filtro Eterclean.....	45
Figura 23 - Cisterna 4	46
Figura 24 - Esquema gráfico do bombeamento da água da chuva	47
Figura 25 - Planta vertical AUTOCAD	52
Figura 26 - Planta vertical simplificada.....	53
Figura 27 - Diagrama de Moody	56
Figura 28 - Planta vertical com trajetória da tubulação	57
Figura 29 - Planta baixa com trajetória da tubulação	58
Figura 30 - Bomba Megabloc	61

Figura 31 - Campo de aplicação	62
Figura 32 - Diâmetros do impelidor	63
Figura 33 - Gráfico Vazão x Rendimento.....	63
Figura 34 - Gráfico Vazão x Potência requerida	64

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Registros Pluviométricos RJ.....	17
Tabela 2 - Dados Pluviométricos Mensais	18
Tabela 3 - Consumo de água 2015	25
Tabela 4 - Pontos de consumo (Porcentagem)	26
Tabela 5 - Pontos de consumo (metros cúbicos)	27
6 Tabela - Consumo de água 2015 [2].....	43
Tabela 7: Livro Fluid Mechanics (WHITE, FRANK, 1998).....	54

1 Introdução

É notório que a água é uma das grandes preocupações mundiais, por constituir um recurso natural essencial à vida e insubstituível. Recentemente, durante a semana mundial de água em Estocolmo, o jornalista Marcelo Leite destacou que embora a água seja um recurso renovável, existem limites a serem respeitados, o que torna vital o correto manejo desses recursos.

Em alguns países, a escassez de água já vem sendo debatida e é motivo de disputas, inclusive territoriais, há muito tempo.

Para o Brasil, o ano de 2014 representou um marco, sobretudo para a região Sudeste e, em menor grau, para as regiões Nordeste e Centro-Oeste. Como resultado de uma forte seca e uma série de erros de planejamento, instalou-se uma verdadeira crise da água no país, o que gerou a queda dos níveis dos reservatórios de abastecimento de grandes cidades, com destaque para a cidade de São Paulo, que viveu um de seus momentos mais dramáticos em toda a sua história.

Uma das causas para a crise da água é de ordem natural, pois embora o Brasil seja o país com a maior quantidade de água per capita do mundo, a sua disponibilidade é má distribuída ao longo do território. A região Norte, que apresenta as menores densidades demográficas, possui cerca de 70% das reservas nacionais.

Por outro lado, é justamente onde existem menos reservas de água no país - regiões Sul e Sudeste - que reside a maior parte da população e também onde acontece a maior parte das atividades econômicas, industriais, comerciais e agrícolas. Assim, os sistemas de abastecimento ficam cada vez mais sobrecarregados, tornando-se vulneráveis a qualquer grande seca que ocorra.

Como já citado, a falta de água, mais especificamente em São Paulo, está relacionada com problemas de gestão pública e planejamento de infraestrutura. Em 2004, na renovação de sua concessão, a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) já tinha conhecimento de que a quantidade limitada de água existente, bem como a grande dependência em relação ao sistema Cantareira – o maior da região –, seria um grave problema nos anos posteriores. Entretanto, não foi tomada nenhuma medida para evitar ou minimizar o problema.

No ano de 2015, os sistemas de abastecimento de São Paulo sofreram baixas históricas, com destaque para o próprio sistema Cantareira, que teve de liberar suas reservas do primeiro e do segundo volume morto. Com isso, um racionamento de água parece ser a única solução a curto prazo, além da construção de novas barragens e realização de obras de transposição local.

Os impactos da falta de água no Brasil são variados. Muitos analistas, em razão das chuvas abaixo da média no início de 2015, apontam cenários caóticos caso medidas urgentes não sejam tomadas.

Além disso, vale lembrar que outras regiões brasileiras, além do Sudeste, vêm passando pelo mesmo problema, o que gera certa preocupação em torno da produção de energia, que, por ser em maior parte fornecida por hidrelétricas, depende muito da disponibilidade de água no país.

Tendo em vista tamanha crise hídrica no Brasil e no mundo, este projeto visa o reaproveitamento da água da chuva em um Shopping center de grande porte no Rio de Janeiro, hoje esgotada na rede da concessionária.

Tal projeto aplicado para um Shopping em particular, caso reaplicado para outros shoppings e estabelecimentos comerciais que consumam grande quantidade de água, poderia significar uma enorme redução no consumo de água do país.

Além do aspecto sustentável, existe o econômico. Como as concessionárias cobram altas tarifas para o abastecimento de água, é possível dizer que o reaproveitamento de água de chuva implica diretamente em retorno financeiro.

2 Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como objetivo diminuir o consumo de água do Shopping Tijuca, localizado no bairro da Tijuca no Rio de Janeiro, substituindo parte da água utilizada por água tratada proveniente da chuva. Cabe destacar que apenas parte da água será substituída, pois a legislação veda a utilização de tal água caso haja contato humano. Sobram, entretanto, muitos pontos dentro de um Shopping onde não há este contato, como será visto no decorrer do trabalho.

Para facilitar o entendimento, será necessário discorrer sobre alguns assuntos que serão divididos e expostos nos capítulos subsequentes.

Inicialmente, é importante identificar qual a quantidade de água total disponível da chuva. Quem nos responde com precisão a respeito desta quantidade é o chamado índice pluviométrico, que será visto em detalhes no **capítulo 3**.

Conhecer bem sobre este índice permite prever, com base no histórico, a quantidade de chuva para os próximos meses e anos. Assim, ter esse parâmetro passa a ser nosso principal interesse, já que o objetivo é especificar o quanto economizaremos de água a partir da implementação do projeto.

No **capítulo 4**, será detalhada a distribuição do consumo de água em todo o shopping.

Para isso, torna-se necessário conhecer a estrutura física do shopping, os diferentes tipos de água utilizados e seus pontos de consumo.

Assim, no referido capítulo será possível identificar em quais pontos podemos usar a água de nosso interesse (a água da chuva), a quantidade exata necessária em cada um destes pontos e, conseqüentemente, a quantidade total utilizada em todo o shopping.

Após o conhecimento da quantidade de chuva disponível (**capítulo 3**) e de como se dá o consumo de água do shopping (**capítulo 4**), temos que relacionar tais informações, contidas nestes dois capítulos, para determinar quanto de água consumida poderemos substituir por água da chuva.

Tal questão será analisada detalhadamente no **capítulo 5**.

A água da chuva armazenada precisa ser bombeada para uma caixa d'água localizada no terraço do Shopping para que possa ser distribuída por gravidade para todos os pontos de consumo. No **capítulo 6** será feito o dimensionamento da bomba hidráulica que desempenhará tal função.

No **capítulo 7** será determinado o retorno financeiro, ou seja a economia em reais que a implementação deste projeto representará para o Shopping Tijuca e o impacto positivo no meio ambiente.

Finalmente o **capítulo 8** será destinado à conclusão e considerações finais do trabalho.

3 Índice Pluviométrico

3.1 - Conceito

O Índice Pluviométrico refere-se à quantidade de chuva por metro quadrado em determinado local e em determinado período. Este índice é calculado em milímetros. Se dissermos que o índice pluviométrico de um dia, em um certo local, foi de 2mm, significa que se tivéssemos nesse local uma caixa aberta com 1 metro quadrado de base, o nível da água dentro dela teria atingido 2 mm de altura naquele dia. Ou seja, a quantidade de chuva seria de 2 litros neste metro quadrado.

É importante ressaltar que deste valor não é descontada a evaporação decorrente de outros fatores climáticos. A “caixa”, exposta ao clima, está a todo momento sofrendo evaporação, seja do vento ou do sol, por exemplo, e isso pode causar variações nas medições.

Um exemplo interessante é o índice pluviométrico do semi-árido nordestino, que não é um índice baixo, muito pelo contrário. Mas a evaporação na região nordeste é altíssima, principalmente porque os raios solares incidem muito perpendiculares ao solo na região.

Enquanto os índices pluviométricos do Nordeste Brasileiro semi-árido são de até 800mm (ou seja, 80 cm de profundidade de água em nosso reservatório de superfície de 1m², durante o ano todo), a evaporação na região é de 2000mm (2m de profundidade). Ou seja, toda a água do reservatório secaria e, caso houvesse mais água até a marca de 1200mm, ela também secaria. Portanto, há uma espécie de déficit, um balanço hídrico negativo. Isso confere à região a classificação semi-árida.

3.2 - Pluviômetro

Para chegar ao índice pluviométrico, as centenas de estações meteorológicas espalhadas pelo país utilizam um aparelho conhecido como Pluviômetro. Há vários modelos diferentes, mas o instrumento constitui-se, basicamente, do funil de captação e básculas que enviam sinais elétricos para uma estação meteorológica, conforme explicado na ilustração abaixo:



Figura 1 - Pluviômetro

Com base em todos os aparelhos instalados na cidade, é possível chegar à média da precipitação observada na área total. Quando escutamos que choveu 7 milímetros na cidade, por exemplo, significa que essa seria a altura média alcançada pela água a partir do chão, na área total da cidade em determinado período de tempo, caso essa água não fosse escoada.

3.3 - Índice Pluviométrico no Rio de Janeiro

O Alerta Rio é o sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas da cidade do Rio de Janeiro. Foi criado em 25 de setembro de 1996 (Decreto “N” No 15142) e desde então é gerenciado pela Fundação GEO-RIO, com o objetivo de emitir BOLETINS DE ALERTA à população sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações de vias públicas e/ou acidentes geotécnicos em encostas (deslizamentos).

No site do Alerta Rio, pode-se obter o Relatório GEO-RIO/DEP/GPE, que é o Relatório anual de chuvas. Este apresenta um resumo da pluviometria para o Município do Rio de Janeiro ao longo de um determinado ano. As informações contidas neste documento são obtidas com base nos registros coletados pela rede telepluviométrica do Sistema Alerta Rio, a qual é composta por um conjunto de estações remotas automáticas que realizam a medição dos índices pluviométricos e o envio dos dados coletados em intervalos regulares de 15 minutos para a Estação Central localizada no Centro de Operações Rio (CO-RIO).

Os relatórios anuais são emitidos após o encerramento do ano, e todos os registros pluviométricos mensais, assim como o total anual e média anual, estão expostos na forma de uma tabela como esta abaixo ("Tabela 1"), extraída do Relatório GEO-RIO/DEP/GPE - N.º 001/2016, com os dados referentes ao ano de 2015.

Registros Pluviométricos (mm) do Sistema Alerta Rio para o ano de 2015													TOTAL ANUAL	MÉDIA ANUAL
Estações Telepluviométricas	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
Alto da Boa Vista	125,8	133,4	215,6	140,4	75,0	307,4	71,4	26,4	193,0	108,8	230,2	110,2	1737,6	144,8
Anchieta	101,8	122,0	201,6	51,8	41,0	62,0	7,6	2,8	74,8	14,4	141,0	111,2	932,0	77,7
Av. Brasil/Mendanha	243,2	126,0	137,4	82,4	48,6	79,0	14,0	5,2	98,6	15,4	123,4	92,8	1066,0	88,8
Bangu	71,2	156,6	163,6	100,2	43,0	43,8	4,8	3,0	70,6	14,6	130,8	99,0	901,2	75,1
Barra/Barrinha	104,4	137,8	180,8	99,6	53,6	108,2	30,6	9,2	135,0	50,0	352,0	95,2	1356,4	113,0
Barra/Rioceentro	94,8	175,6	120,8	82,4	56,4	105,0	25,4	3,2	109,0	43,0	186,8	78,4	1080,8	90,1
Campo Grande	156,4	119,8	102,2	95,4	87,6	50,8	15,6	3,6	92,0	15,2	140,2	77,2	956,0	79,7
Copacabuna	79,6	72,0	92,4	159,8	44,2	77,2	23,2	7,6	81,6	32,2	224,8	69,2	963,8	80,3
Estrada Grajaú/Jacarepaguá	62,2	134,0	138,4	71,2	47,6	107,4	26,6	7,2	90,0	27,4	121,8	61,4	895,2	74,6
Grajaú	83,8	107,0	123,0	79,6	50,0	74,8	4,6	11,6	79,8	29,8	133,2	66,4	843,6	70,3
Grande Méier	59,4	154,8	130,4	85,0	43,6	73,2	9,4	6,2	74,8	15,8	134,0	52,0	838,6	69,9
Grota Funda	156,6	314,4	132,8	205,4	67,4	131,0	33,6	10,0	131,4	55,4	215,8	72,2	1526,0	127,2
Guaratiba	148,2	213,0	164,6	81,8	62,0	50,4	7,2	4,2	82,4	16,4	185,8	63,6	1079,6	90,0
Iba do Governador	44,6	78,4	139,2	52,0	34,6	55,0	13,4	3,2	77,6	13,8	183,2	104,2	799,2	66,6
Irajá	44,4	145,6	164,8	84,2	36,0	43,8	4,0	5,6	48,4	17,0	126,8	81,2	801,8	66,8
Jacarepaguá/Cidade de Deus	66,2	119,8	104,6	56,0	33,6	78,4	19,6	3,8	78,8	25,0	142,4	55,0	783,2	65,3
Jacarepaguá/Tanque	59,0	147,0	129,0	44,2	29,8	45,8	10,2	3,4	78,0	14,0	112,0	45,0	717,4	59,8
Jardim Botânico	75,4	89,6	111,8	159,0	40,8	151,4	44,2	7,2	145,6	64,0	240,8	111,2	1241,0	103,4
Laranjeiras	47,8	58,2	132,4	124,4	64,4	86,0	19,6	7,4	112,8	36,6	181,6	105,6	976,8	81,4
Madureira	66,4	72,4	134,0	46,6	39,8	100,4	6,6	0,6	63,0	15,6	155,6	76,4	777,4	64,8
Penha	38,8	111,4	87,8	83,4	26,2	51,2	6,6	2,8	58,8	12,4	141,0	71,6	692,0	57,7
Piedade	50,4	98,8	111,4	41,8	49,8	60,2	4,8	5,2	47,6	17,4	118,4	45,4	651,2	54,3
Recreio dos Bandeirantes	120,2	178,8	114,4	111,4	56,2	72,2	22,6	3,0	102,8	30,2	204,0	65,6	1081,4	90,1
Rocinha	143,8	81,0	127,0	163,2	55,0	227,8	49,8	12,4	229,2	162,0	325,2	129,2	1705,6	142,1
Santa Cruz	168,6	148,2	216,6	59,6	53,8	64,8	17,0	4,4	80,8	25,6	228,4	111,4	1179,2	98,3
Santa Teresa	48,6	66,8	133,0	119,8	62,2	112,2	14,2	12,4	121,6	50,8	207,8	121,4	1070,8	89,2
Saúde	50,6	95,2	113,2	31,6	34,8	62,2	6,2	0,8	67,8	7,0	194,6	80,4	744,4	62,0
Sepetiba	36,8	71,8	143,4	61,6	47,6	72,0	12,2	2,6	75,4	6,2	167,8	105,6	803,0	66,9
São Cristóvão	100,2	149,0	189,6	24,0	30,4	50,4	7,0	3,8	57,0	20,6	135,0	83,4	850,4	70,9
Tijuca	78,8	84,8	136,8	118,4	40,0	131,2	13,4	10,4	130,0	32,0	197,4	80,4	1053,6	87,8
Tijuca/Muda	92,8	97,2	132,8	107,4	51,4	133,2	11,4	9,6	86,8	26,2	144,0	71,0	963,8	80,3
Urcá	60,8	55,6	137,0	134,8	48,2	86,4	20,6	8,6	89,0	23,4	177,4	89,6	931,4	77,6
Vidigal	98,8	87,2	99,2	155,2	42,0	122,0	36,0	9,0	124,6	42,2	218,2	108,8	1143,2	95,3
Médias Pluviométricas da Rede Alerta Rio	90,3	121,3	138,2	94,4	48,4	93,2	18,6	6,6	96,6	32,7	179,4	84,6	1004,4	83,7

Tabela 1 - Registros Pluviométricos RJ

3.4 - Shopping Tijuca

Como o Shopping Tijuca está situado no bairro da Tijuca, estamos interessados na estação telepluviométrica desta região, conforme indicada na Tabela 3.1 acima.

Utilizando os 5 últimos relatórios anuais, como este de 2015, obtidos facilmente no site do Alerta Rio, teremos os seguintes dados:

Dados Pluviométricos Mensais													
2015													
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Tijuca	78.8	84.8	136.8	118.4	40	131.2	13.4	10.4	130	32	197.4	80.4	87.8
2014													
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Tijuca	28.8	30.4	98.6	177	45.8	106	100.6	48.4	47.4	54.2	82.2	40.4	71.7
2013													
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Tijuca	353.8	83.4	358	85	169.2	42.6	171.8	22.2	75	88.8	138.4	221	150.8
2012													
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Tijuca	180	14.4	91	100.8	99.6	147.8	46.6	20.6	124.6	74.4	119.8	28.2	87.3
2011													
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
Tijuca	103.6	87.4	149.6	357.4	171.4	39.8	46.6	36.2	57.2	138.2	33	172.6	116.1

Tabela 2 - Dados Pluviométricos Mensais

Analisando a tabela 2, podemos observar uma grande irregularidade entre os índices pluviométricos, não só entre os meses de um mesmo ano, como também na média anual de um ano para o outro.

Considerando por exemplo o ano de 2011, observamos um índice de 357,4 milímetros em Abril e outro de 33 milímetros em Novembro. Ou seja, temos meses com muita incidência de chuva e outros praticamente sem chuvas.

Já considerando a média anual, observa-se um índice de 71,7 mm no ano de 2014 e 150,8 mm em 2013, o que significa mais que o dobro de chuvas de um ano para o outro.

Entretanto, é possível dizer que a média do índice pluviométrico, com base na análise anual dos últimos 5 anos, é de 102,7 milímetros/mês.

Desta forma, concluímos que para um consumo regular de água no Shopping ao longo dos meses, temos que armazenar água nos meses com maior incidência de chuva para suprir as

deficiências dos meses com menor incidência desta. Discorreremos detalhadamente a respeito deste fato ao longo do trabalho.

4 Consumo de água no Shopping

4.1 - O Shopping Tijuca

Inaugurado em 1996, o Shopping Tijuca está localizado no coração da Grande Tijuca e é o maior complexo comercial do bairro com cerca de 300 lojas e 117.790 metros quadrados de área construída. Destes, 35.055 metros quadrados são destinados ao aluguel de lojas.



Figura 2 - Fachada do Shopping Tijuca

Além das lojas com as principais marcas do cenário carioca e nacional, o shopping conta com academia, cinema com seis salas e excelentes restaurantes, o que garante um fluxo médio mensal de 1,5 milhões de pessoas.



Figura 3 - Entrada do Shopping

Os 117.790 metros quadrados do shopping são bem distribuídos por 11 andares. Os 3 primeiros (L0 ao L2) com o mix de lojas, o quarto andar (L3) com a praça de alimentação e a alameda de restaurantes, do quinto ao décimo (G1 ao G6) com o estacionamento e o último andar (G7) com o cinema.

O shopping, para atender a clientes e lojistas, conta com dois banheiros por andar (um masculino e um feminino), do L0 ao L2 e mais quatro no L3, sendo dois localizados na praça de alimentação e dois na alameda, perfazendo um total de dez banheiros. Veremos mais a frente a importância da quantidade de banheiros para este projeto.

Os 5 andares de estacionamento comportam um fluxo de em média 4 mil carros por dia. Este imenso fluxo de carros é responsável por um faturamento médio de R\$ 1.500.000,00 mensais.

Um shopping com este tamanho e este fluxo de pessoas consome uma quantidade muito grande de água. Detalharemos esse consumo no próximo tópico.

4.2 - Consumo de água no shopping

4.2.1 - Tipos de água

Antes de adentrar na questão do consumo, é necessário entender sobre os tipos de água disponíveis para o uso.

Existem 2 tipos. O primeiro deles é proveniente da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro, a CEDAE ("água da CEDAE").

A CEDAE opera e mantém a captação, tratamento, adução, distribuição das redes de águas, além da coleta, transporte, tratamento e destino final dos esgotos gerados dos municípios conveniados do Estado do Rio de Janeiro.

Ou seja, a água chega ao shopping já tratada e disponível para o uso através da infraestrutura da CEDAE, que a disponibiliza ao shopping mediante o pagamento da conta de água no final do mês. Na tarifa cobrada pela concessionária estão incluídos os custos tanto do uso de toda essa infraestrutura necessária para a disponibilização da água ao shopping, como os da infraestrutura necessária para o esgotamento da água, que é escoada pelo ralo.

O segundo tipo é a chamada **água de poço** artesiano. Para se ter acesso a este tipo, é necessário obviamente perfurar o solo até alcançar uma reserva natural de água subterrânea. Porém, este procedimento não é tão simples.

Para a perfuração de poços são necessários licenças e cadastramentos que são regulamentados pelos órgãos gestores dos recursos hídricos de cada estado. É um trabalho importante que auxilia o Estado no controle da exploração das reservas de água subterrânea e precisa ser realizado com responsabilidade.

O Shopping Tijuca possui 2 poços licenciados e cadastrados, o que garante ao shopping mais do que o suficiente em relação a quantidade necessária de consumo deste tipo de água.

Existe grande diferença em relação a qualidade destes 2 tipos de águas citados. A água de poço é de menor qualidade em relação à água da CEDAE. Sendo assim, por lei, a água de poço não pode ser utilizada caso haja contato humano, mesmo que tratada da maneira correta, conforme verificaremos mais a frente.

Para o controle desta qualidade da água, a administração do shopping terceirizou o serviço para a empresa Aqualab.

Tal empresa é responsável por medições diárias de amostras de ambas as águas (CEDAE e poço), onde são analisados diversos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos para que se comprove que as mesmas estão próprias para o consumo.

Feitas as medições, a Aqualab entrega à administração um relatório físico-químico e outro bacteriológico para cada tipo de água analisada. Abaixo temos o exemplo de um relatório físico-químico para a água do poço e outro de um relatório bacteriológico para a água da CEDAE.

Ao
CONDOMÍNIO DO SHOPPING TIJUCA
 Av. Maracanã, 987 – Tijuca.
RIO DE JANEIRO - RJ

A/C.: Sr. Anderson Marangoni

Ref.: Relatório de Análises Físico-Químicas do **CONDOMÍNIO DO SHOPPING TIJUCA** sito à Av. Maracanã, 987 - Tijuca. – **RIO DE JANEIRO.**

AMOSTRA	FQ01873/15	DESCRIÇÃO	Água de Poço (Fins Potáveis)		
Ponto de Coleta	Borda da cisterna, abastecida pela água de poço				
Cliente da Coleta	CONDOMÍNIO DO SHOPPING TIJUCA				
Endereço da Coleta	Av. Maracanã, 987 - Tijuca.				
Data da Coleta	06/10/2015	Hora da Coleta	14:34:00 PM	Técnico	Thiago Edson
Data Receb.	09/10/2015	Hora Receb.	16:00:00 PM	Data Término	14/10/2015

RESULTADOS DAS ANÁLISES					
PARÂMETRO	UNIDADE	MÉTODO	LQ	RESULTADOS	VMP
ALC PARCIAL	mg/L CaCO ₃	SMEWW 2320B	3,0	< 2,4	-
ALC. TOTAL	mg/L CaCO ₃	SMEWW 2320B	3,0	120,5	-
CONDUTIVIDADE	µmhos/cm	SMEWW 2510B	1,0	654,7	-
CLORETOS	mg/L Cl ⁻	SMEWW 4110B	1,1	80,57	250
COR APARENTE	UH	SMEWW 2120B	1,0	1,0	15,0
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO ₃	SMEWW 2340C	1,0	90,0	500
DUREZA PERMANENTE	mg/L CaCO ₃	SMEWW 2340C	1,0	< 1,0	500
FERRO	mg/L Fe ⁺⁺	SMEWW 3500B	0,05	< 0,05	0,3
SILICA	mg/L SiO ₂	SMEWW 4500C	0,1	17,74	-
SULFATOS	mg/L SO ₄ ⁻²	SMEWW 4110B	0,6	30,459	250
SÓL. DISSOLVIDOS	mg/L m NaCl	SMEWW 2520B	2,0	321,3	1000
TURBIDEZ	NTU	SMEWW 2130	0,10	< 0,10	5
VALOR DE pH	-	SMEWW 4500B	-	7,2	6,0 a 9,5

LEGENDA

LQ – Limite de quantificação

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 th edition, 2012.

VMP - Valor Máximo Permitido Segundo a Portaria 2914 de 12 de dezembro do Ministério da Saúde.

PARECER TÉCNICO

Para os parâmetros analisados a amostra apresentou-se dentro dos padrões segundo a Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

Obs.: Os resultados referem-se tão somente aos parâmetros analisados na amostra coletada.


 Chefe do Laboratório
 Cláudia de Pontes Marques
 CFQ 03252717

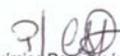

 Químico Responsável
 Eng. Irineu Afonso Machado
 CFQ 03302789

Figura 4 - Relatório físico-químico da água do poço



Rio de Janeiro, 04 de dezembro de 2015

DT/BAC 01750/15

Ao
CONDOMÍNIO DO SHOPPING TIJUCA
Av. Maracanã, 987 - Tijuca.
RIO DE JANEIRO - RJ

A/C: Sr. Anderson Marangoni

Ref.: Relatório de Análises Bacteriológicas.

DADOS DO CLIENTE	
Cliente da Coleta	CONDOMÍNIO DO SHOPPING TIJUCA
Endereço da Coleta	Av. Maracanã, 987 - Tijuca.

DADOS DA AMOSTRA					
Nº DA AMOSTRA	MB06756/15	DESCRIÇÃO	Água Potável		
Ponto de Coleta	Torneira do bebedouro do L3				
Data da Coleta	01/12/2015	Hora da Coleta	14:30:00 PM	Técnico	Thiago Edson
Data Receb.	02/12/2015	Hora Receb.	09:03:00 AM	Data Término	03/12/2015

Informações sobre as Análises, Metodologias e Padrões Utilizados.

METODOLOGIA: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 th edition, 2012.*
Coliformes Totais cultivados em meio substrato enzimático a 35 °C por 24 horas .
E. coli (Escherichia coli) cultivados em meio substrato enzimático a 35 °C por 24 horas.

LEGISLAÇÃO UTILIZADA *: Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

RESULTADOS

PARÂMETRO	REFERÊNCIA	MÉTODO	RESULTADO	PADRÕES*
COLIFORMES TOTAIS	Ausência/Presença	SMEWW 9223Bc	Ausência	Ausência
ESCHERICHIA COLI	Ausência/Presença	SMEWW 9223Bc	Ausência	Ausência
RESULTADO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE APOIO				
CLORO RESIDUAL LIVRE	mg/L	SMEWW 4500 Cl B	0	0,2 à 5,0

LEGENDA

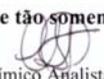
SMEWW - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 th edition, 2012*

PARECER TÉCNICO

A amostra analisada apresentou-se dentro dos padrões bacteriológicos de potabilidade segundo a Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

NOTA: devido ao equipamento de filtração do bebedouro possuir um decolorador à base de carvão ativado, não foi detectado residual de cloro livre.

OBS.: os resultados referem-se tão somente à amostra coletada.


Químico Analista
Claudia de Pontes Marques
CFQ 03252717


Químico Responsável
Eng. Irineu Afonso Machado
CFQ 03302789

Figura 5 - Relatório bacteriológico da água da CEDAE

4.2.2 - Análise do consumo

Como não é permitido o contato humano para a água de poço, esta é utilizada apenas em pontos onde não existe este contato. Em todo o resto utiliza-se a água da CEDAE.

A tabela abaixo contém o consumo de água, separado em água do poço e água da CEDAE, mês a mês do Shopping Tijuca no ano de 2015:

CONSUMO DE ÁGUA 2015 (m ³)													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
CEDAE	11972	8578	9365	7924	11581	10039	10037	9479	10802	11004	7866	11360	10001
POÇO	3924	3093	3455	3041	3244	3063	3379	3126	3184	3335	3372	3787	3334
Total	15896	11671	12819	10966	14825	13103	13416	12606	13986	14339	11239	15146	13334

Tabela 3 - Consumo de água 2015

Observa-se na tabela acima que a utilização da água de poço atinge em média 3334 metros cúbicos por mês, o que representa 25% do total de consumo.

Ao contrário do que se pensa então, são muitos os pontos de água dentro de um shopping onde não há o contato humano. No Shopping Tijuca, são eles:

- Torre de resfriamento

Para sistemas de grande porte como shopping centers, hotéis, hospitais e grandes edifícios comerciais, geralmente são utilizados sistemas de expansão indireta, também chamados de sistemas de água gelada. Nos sistemas de água gelada o equipamento de refrigeração é instalado em uma área da edificação, chamada de Central de Água Gelada (CAG).

A CAG incorpora equipamentos denominados de chillers, que produzem o resfriamento da água. A água gelada, produzida nos chillers, é bombeada e distribuída por uma rede de tubulações para todas as áreas que serão condicionadas.

Os chillers precisam ser resfriados. Nesse momento, entra em ação a torre de resfriamento, que será responsável por fazer circular uma água resfriada (não tão gelada como a água que deixa o chiller) por tubulações que estão em contato com os chillers, não permitindo que este supraqueça. No Shopping Tijuca é utilizada para esta, a água de poço.

Já para a própria água gelada, resfriada no chiller, deve ser usada a água da CEDAE, devido às especificações do fabricante.

- Retrolavagem

Será visto que a água que sai diretamente do poço artesiano é muito suja e necessita ser filtrada. O filtro que realiza esse processo precisa ser "lavado" periodicamente. Utiliza-se a própria água do poço já filtrada para este procedimento.

- Banheiros (descarga)

A descarga dos banheiros pode ser feita com a água do poço, já que esta não passa pelo contato humano em nenhum momento.

- Jardinagem

Existe um grande jardim ao redor do shopping e muitas plantas em seu interior que podem ser regadas sem problema algum com a água do poço.

- Limpezas em geral

Para finalizar, toda e qualquer limpeza realizada no shopping é feita com água do poço. Existem 5 pontos espalhados pelo shopping, onde a água é disponibilizada para este fim.

Temos, em média, a seguinte distribuição de consumo para cada ponto citado:

Porcentagem de consumo água do poço	
Pontos	%
Torre de resfriamento	49
Retrolavagem	13
Banheiros (descarga)	23
Jardinagem	9
Limpezas em geral	6

Tabela 4 - Pontos de consumo (Porcentagem)

Considerando o consumo total de água de poço no ano de 2015, observa-se o seguinte consumo para estes pontos em metros cúbicos:

Consumo água do poço 2015	
Pontos	(m ³)
Torre de resfriamento	19601,45
Retrolavagem	5200,38
Banheiros (descarga)	9200,68
Jardinagem	3600,27
Limpezas em geral	2400,18

Tabela 5 - Pontos de consumo (metros cúbicos)

Assim, a título de exemplo, é possível dizer que a torre de resfriamento consumiu 19.601,45 metros cúbicos de água do poço no ano de 2015.

Observamos ainda que os dez banheiros citados no início deste capítulo possuem grande importância no consumo de água do poço, utilizando cerca de 9.200 metros cúbicos desta.

Neste sentido, resta claro que há uma utilização significativa de água do poço para a manutenção do shopping, água esta que será o foco do nosso trabalho, na medida em que poderá ser substituída pela água da chuva. Tal ação resultará, conforme será demonstrado, em consideráveis benefícios tanto econômicos quanto ambientais.

4.2.3 - Estrutura do sistema de armazenamento e distribuição de água

Há um local no térreo do Shopping Tijuca, chamado Casa de bombas. Neste local, chegam os dois tipos de água - a água do poço e a água da Cedae.

Existem três cisternas neste espaço, duas localizadas à direita (Cisterna 1 e 2), responsáveis pelo armazenamento somente da água da CEDAE e uma à esquerda (Cisterna 3), que armazena exclusivamente a água do poço.

- CEDAE

A água da CEDAE, conforme já foi visto, já é entregue tratada e pronta para o consumo, sendo necessário apenas armazená-la nas duas cisternas existentes. A primeira delas com capacidade para 253,2 metros cúbicos e a segunda com capacidade para 152,4 metros cúbicos.

O shopping é capaz de armazenar em suas cisternas então, um total de 405,6 metros cúbicos de água da CEDAE.

- POÇO

A água do poço envolve um processo mais complexo e, por este motivo, a administração do shopping conta com o apoio de uma empresa terceirizada chamada Filtrabem. Esta empresa não só é responsável pela retirada da água do poço e sua disponibilização para o shopping, como por todo o processo que a deixará disponível para o consumo, como veremos a seguir.

A água não sai do poço artesianos e chega no Shopping pronta para o consumo. Ao contrário disso, a água chega barrenta e extremamente suja. Por isso, não pode ir diretamente para a Cisterna 3.

Assim, a água chega primeiramente a uma estação de tratamento, ilustrada na foto abaixo.



Figura 6 - Estação de tratamento

Na imagem seguinte, com uma vista superior, é possível notar como a água chega suja à estação.



Figura 7 - Estação de tratamento (vista superior)

Para a limpeza da mesma, a Filtrabem conta com uma série de filtros e equipamentos, responsáveis pela total limpeza da água, conforme é possível observar na imagem abaixo:



Figura 8 - Equipamentos de filtração e limpeza

A água então deixa esta série de filtros e segue pela tubulação até a Cisterna 3.



Figura 9 - Cisterna 3

Este medidor azul acoplado à tubulação verde, mostrado abaixo no detalhe, marca quantos metros cúbicos foram entregues à Cisterna 3.



Figura 10 - Medidor de vazão

Finalmente, toda a água de poço, agora tratada, é armazenada na Cisterna 3, que possui uma capacidade de 380 metros cúbicos.

- CEDAE E POÇO

Considerando cheias as três cisternas, temos 405,6 metros cúbicos de água da CEDAE nas Cisternas 1 e 2; e 380 metros cúbicos de água de poço na Cisterna 3, localizadas na casa de bombas no térreo do shopping, que precisam ser bombeadas para o último andar, onde estão localizadas duas caixas d'água. Uma exclusivamente para a água da CEDAE (Caixa d'água 1) e a outra exclusivamente para a água do poço (Caixa d'água 2).

O sistema de recalque 1 é composto por duas bombas hidráulicas para o bombeamento da água da CEDAE, sendo uma delas a principal (bomba 1) e a outra a reserva (bomba 2) para o

caso de parada da principal por qualquer tipo de problema, que terão a função de bombear a água das Cisternas 1 e 2 para a Caixa d'água 1.

O sistema de recalque 2 é composto por mais duas bombas hidráulicas, para o bombeamento da água do poço, funcionando exatamente da mesma forma, uma principal (Bomba 1) e uma reserva (Bomba 2), responsáveis por transportar a água da Cisterna 3 até a Caixa d'água 2.



Figura 11 - Sistema de recalque 1 (água da CEDAE)

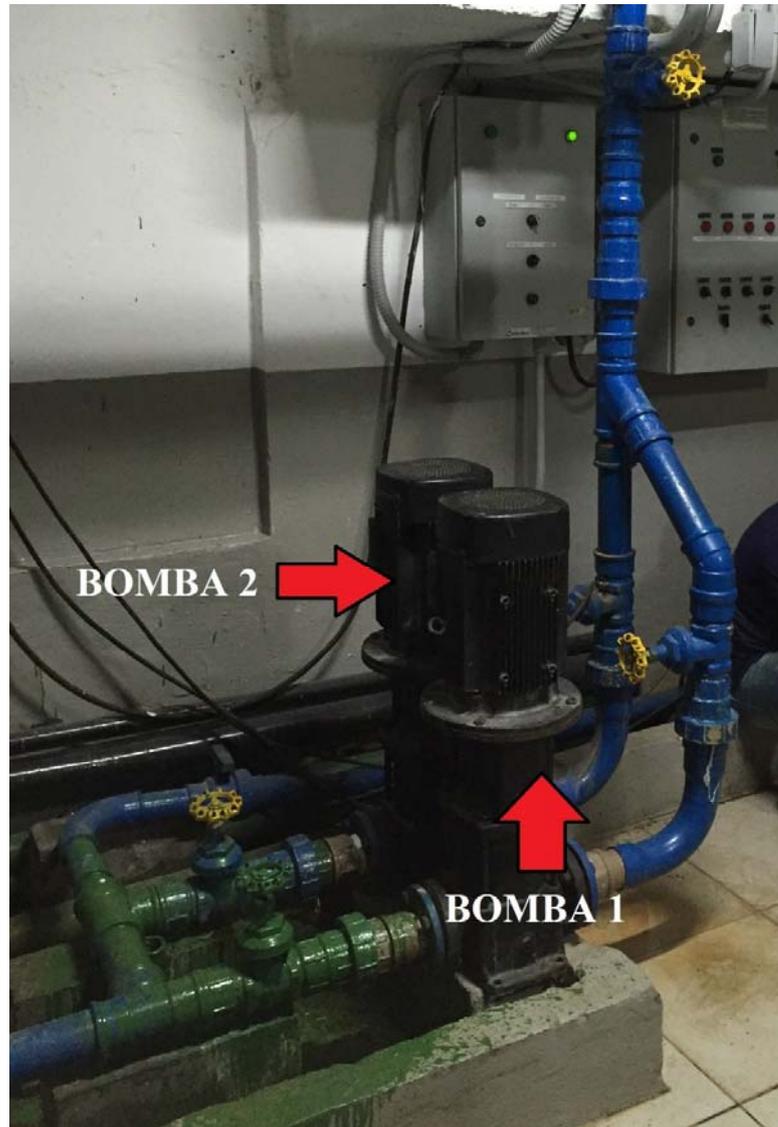


Figura 12 - Sistema de recalque 2 (água de poço)



Figura 13 - Caixas de água localizadas no terraço



Figura 14 - Caixa d'água 1



Figura 15 - Caixa d'água 2

Ambas as caixas de água possuem capacidade de 163,5 metros cúbicos.

Da Caixa d'água 2, a água do poço desce por gravidade para todos os pontos citados e comentados neste capítulo.

Já da Caixa 1, desce por gravidade a água da CEDAE para todos os outros pontos do shopping, inclusive para cada uma das cerca de 300 lojas, já que para elas é disponibilizado apenas a água da CEDAE.

Abaixo temos uma figura esquemática simplificada, resumindo toda a estrutura e o processo desde a chegada da água às cisternas até sua distribuição por gravidade das caixas d'águas até seus pontos de consumo, conforme descrito nesta sessão.

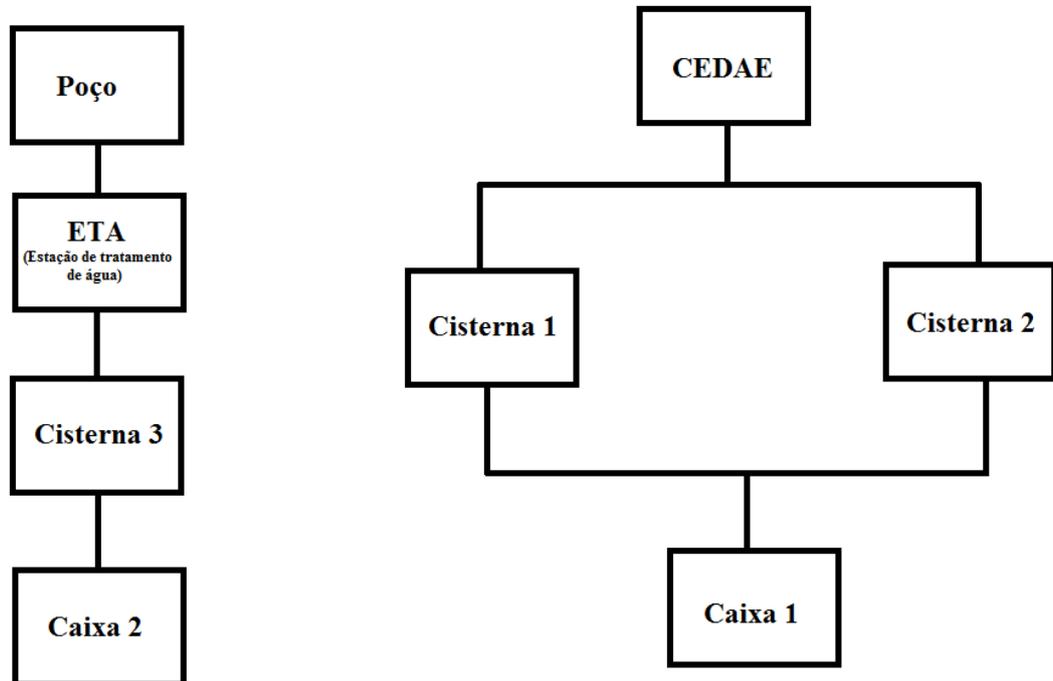


Figura 16 - Figura esquemática

5 Potencial reaproveitamento de água

5.1 Conceito

O objetivo deste projeto é substituir o máximo da água consumida pelo shopping, através do reaproveitamento de água da chuva.

Como foi visto no capítulo 3, são necessárias duas informações para identificarmos a quantidade, ou o volume de água da chuva que será possível captar.

São elas:

- Índice Pluviométrico
- Área em contato com a chuva

Para o entendimento mais claro da relação entre estes dois parâmetros, será utilizado o seguinte exemplo prático:

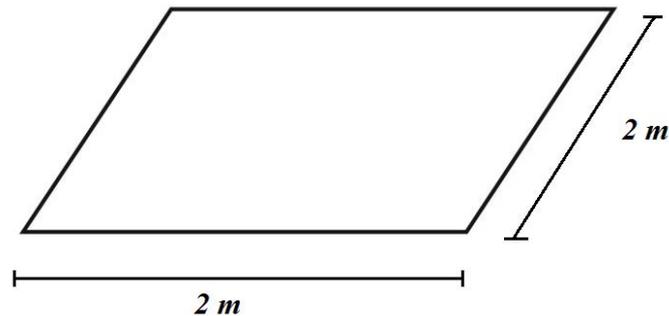


Figura 17 - Exemplo prático

Consideramos esta área de 4 metros quadrados exposta ao tempo.

Supondo que ela seja completamente fechada, de modo que não seja possível o escoamento e que toda a água da chuva seja armazenada, teríamos a seguinte relação entre ela, o índice pluviométrico e o volume acumulado:

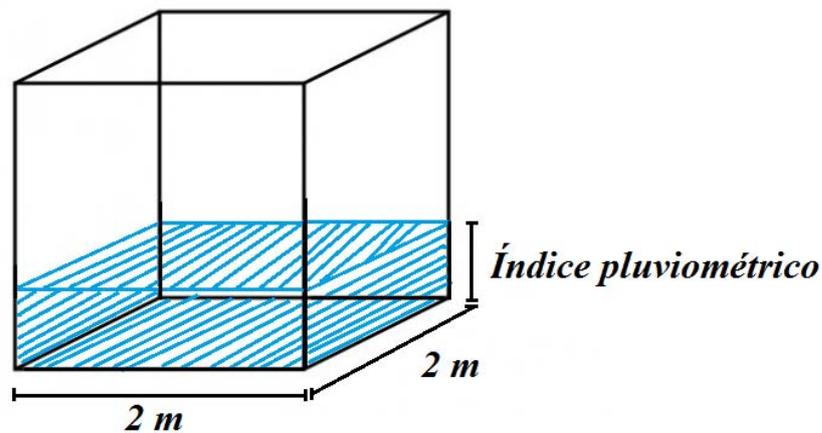


Figura 18 - Índice pluviométrico e Volume acumulado

Ou seja, para um índice pluviométrico de 10 milímetros, teríamos o seguinte volume de água de chuva armazenado:

$$V = 2 \text{ [m]} \times 2 \text{ [m]} \times 0,01 \text{ [m]} = 0,04 \text{ m}^3 \text{ ou } 40 \text{ litros}$$

É importante destacar que o índice pluviométrico deve estar associado a um período de tempo. Portanto, se este índice de 10 mm foi diário, por exemplo, significa que teríamos acumulado na nossa área do exemplo 0,04 metros cúbicos em um dia inteiro.

5.2 O Shopping

Trazendo este conceito para o Shopping Tijuca, precisaremos, assim, de uma área exposta 24 horas ao tempo e, portanto, à chuva.

A única área descoberta do shopping Tijuca fica localizada no sétimo andar, no piso de estacionamento G3. Desta forma, será esta utilizada para a captação da água da chuva.



Figura 19 - Piso de estacionamento G3 [1]



Figura 20 - Piso de estacionamento G3 [2]



Figura 21 - Piso de estacionamento G3 [3]

A referida área, exposta nas figuras acima, possui exatos 7.663 metros quadrados e conta com um eficiente sistema de escoamento da água para o esgoto da concessionária.

Utilizaremos a média do índice pluviométrico mensal dos últimos 5 anos do bairro da Tijuca, de 102,7 milímetros, conforme visto no capítulo 3.

Com as duas informações necessárias (área em contato com a chuva e índice pluviométrico), pode-se calcular a quantidade de água da chuva disponível no piso de estacionamento G3.

$$v = 7663 \times 0,1027 = 786,99 \text{ m}^3$$

Ou seja, o volume médio de água que é esgotado por mês é de 786,99 metros cúbicos.

Com base nesta informação, destacamos abaixo a tabela de consumo total de água no ano de 2015, conforme já exposto no capítulo 4, para analisar o impacto no consumo, caso estes 786,99 metros cúbicos fossem reaproveitados, ao invés de desperdiçados pelo ralo.

CONSUMO DE ÁGUA 2015 (m³)													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
CEDAE	11972	8578	9365	7924	11581	10039	10037	9479	10802	11004	7866	11360	10001
POÇO	3924	3093	3455	3041	3244	3063	3379	3126	3184	3335	3372	3787	3334
Total	15896	11671	12819	10966	14825	13103	13416	12606	13986	14339	11239	15146	13334

6 Tabela - Consumo de água 2015 [2]

Conhecendo a diferença entre a qualidade da água da CEDAE e a da água do poço, explicada detalhadamente no capítulo 4, é natural pensar na substituição da água da chuva apenas pela água do poço.

Como são consumidos em média 3334 metros cúbicos de água do poço mensalmente, seria substituído apenas 24% deste valor por água da chuva, caso seja aproveitado todo o volume (786,99 metros cúbicos) de água da chuva captada no G3.

Será visto no capítulo 7 que, apesar do Shopping Tijuca ter uma área descoberta pequena disponível para a aplicação deste projeto, essa redução de 24% no consumo de água do poço representa grande economia financeira.

6 Dimensionamento da bomba

6.1 Cisterna 4 - Reservatório de sucção

Ao longo da sessão 4.2.3 do Capítulo 4, sessão esta que detalha entre outros aspectos toda a estrutura de armazenamento da água (seja ela do poço ou da CEDAE), vimos que o shopping conta com 3 cisternas: cisterna 1, 2 e 3. O que não foi destacado é que colada ao lado da Cisterna 3 (Cisterna utilizada para o armazenamento da água de poço) existe uma cisterna inutilizada com capacidade para 431.200 litros ou 431,2 m³. Esta cisterna será chamada de Cisterna 4.

Este projeto visa ativar esta cisterna para receber e armazenar toda a água da chuva que cai no piso G3 de estacionamento. Como visto na sessão 5.2 do Capítulo 5, essa água hoje é desperdiçada sendo esgotada pelo ralo da concessionária.

Nesta mesma sessão, cruzamos as informações de Índice pluviométrico e área exposta à chuva para chegar a um volume médio de 787 m³ desperdiçado por mês.

Serão instaladas tubulações de forma a desviar essa água que ia para o esgoto para a Cisterna 4.

Esta água obviamente chegaria suja, por isso é necessária a instalação de um filtro simples no final da tubulação logo antes desta água ser despejada na cisterna.

Para isso, será utilizado o *Eterclean* da empresa *Eternit*. O produto, que foi desenvolvido a partir de tecnologia israelense, atua na retenção de sólidos como areia, ferrugem, sal e outras sujeiras.



Figura 22 - Filtro Eterclean

A água, uma vez tratada e armazenada na cisterna, deve ser bombeada para uma caixa d'água no terraço para que possa ser distribuída para todos os pontos de consumo.

Como visto no final da sessão 4.2.3, a água da Cisterna 3 (água do poço) é bombeada para a Caixa d'água 2, que atualmente armazena somente água do poço. Como o objetivo principal do projeto é substituir parte dessa água por água da chuva, fica claro entender que a água da chuva armazenada na Cisterna 4 também deverá ser bombeada para a Caixa d'água 2.

Antes de analisarmos o esquema gráfico que permitirá um melhor entendimento deste processo, analisaremos alguns detalhes do funcionamento da Cisterna 4.

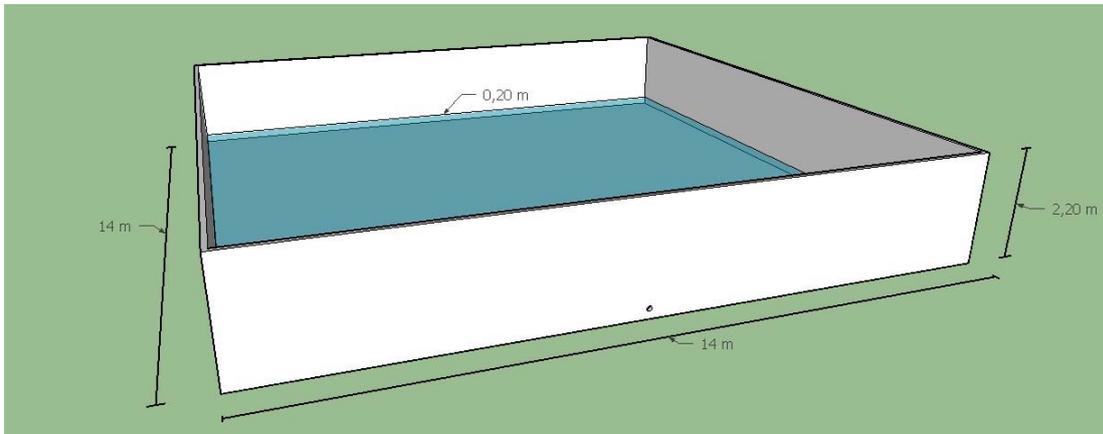


Figura 23 - Cisterna 4

Observa-se que a cisterna trabalhará entre duas alturas:

$$h = 2,2 \text{ metros e } h' = 20 \text{ centímetros}$$

A cisterna trabalhará em duas alturas porque a água transbordaria, atingindo uma altura maior que 2,2 metros e a saída para a bomba precisa estar sempre abaixo do nível do líquido, garantindo que não entre ar na bomba, o que danificaria o equipamento. Assim, a altura considerada para isto foi de 20 centímetros

Ou seja, a cisterna opera entre um volume máximo, que é o máximo de água da chuva que conseguiremos armazenar, e um volume mínimo. São eles:

$$V_{max} = 14 \times 14 \times 2,2 = 431,2 \text{ m}^3$$

$$V_{min} = 14 \times 14 \times 0,2 = 39,2 \text{ m}^3$$

6.2 Volume de água da chuva



Figura 24 - Esquema gráfico do bombeamento da água da chuva

Considerando que o volume médio considerado foi de 787 metros cúbicos captados por mês e que são desprezadas quaisquer perdas de água nesse caminho devido ao bom material e o excelente nivelamento do piso no estacionamento, impedindo o empoçamento e garantindo o escoamento de toda a água, é possível dizer que os mesmos 787 metros cúbicos chegarão à cisterna por mês. Desta forma, podemos considerar uma vazão de entrada na Cisterna 4 de:

$$787 \div 30 = 26,23 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Idealmente, a cisterna deve operar sempre cheia. Sendo assim, fixamos a vazão de saída da cisterna, ou seja, a vazão que será bombeada para a caixa d'água 2, igual a de entrada.

$$Q_{chuva} = 26,23 \text{ m}^3/\text{dia}$$

6.2.1 Substituição da água

Conforme exposto na sessão 4.2.2, foi considerado que há um consumo médio no Shopping de 3334 m³ de água do poço por mês, ou seja, cerca de 111,13 m³ por dia, já que é um consumo bem regular.

Anteriormente, eram consumidos 111,13 m³/dia da Caixa d'água 2 de água exclusivamente do poço. Com o projeto, serão substituídos 26,23 m³ de água do poço por água da chuva todos os dias. Isto significa dizer que este volume de 111,13 m³/dia de água do poço seria reduzido para 84,9 m³/dia, havendo uma economia de consumo de 26,23 m³ de água do poço por dia.

Assim, chegamos a uma porcentagem de substituição de:

$$\frac{Q_{chuva}}{Q_{poço}} = \frac{26,23}{111,13} = 0,236 \cong \mathbf{24\%}$$

6.2.2 Considerações

1. Sabe-se que a chuva não é constante, muito pelo contrário, por isso a vazão de enchimento da cisterna considerada 26,23 m³/dia poderá variar muito. Inclusive, essa vazão poderá ser zero em muitos dias.

Porém, o fato da cisterna ser consideravelmente grande, permite que haja um período de aproximadamente 15 dias sem chuva, como demonstrado abaixo:

- Vazão bombeada para caixa d'água (vazão de saída da cisterna) é fixa

$$Q_{chuva} = 26,23 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Volume da cisterna que pode ser esvaziado

$$V_{max} - V_{min} = 431,2 - 39,2 = 392 \text{ m}^3$$

Assim;

$$392 = 26,23 \times N \therefore N = 14,94 \approx 15 \text{ dias}$$

2. Para esvaziar leva 15 dias sem chuvas, mas e para encher?

Para encher basta cair uma chuva considerada forte de aproximadamente 51 mm/hora por 1 hora, conforme calculo abaixo:

$$x \times 10^{-3} \frac{m}{hora} \times 7663m^2 \times 1hora = 392 \text{ m}^3 \therefore x \approx 51 \text{ mm/hora}$$

Assim, é muito mais provável que transborde do que esvazie. O que não deixa de ser um problema para o projeto, pois significa que choveu muito de uma vez, a cisterna não foi capaz de armazenar e terá que suportar o período seqüente de estiagem sem ter "aproveitado" a água que já caiu.

3. Existe uma passagem fechada por uma válvula que conecta a Cisterna 3 a Cisterna 4. Ela estará na metade da altura total, ou seja, a 1,1 metros da base. Essa altura não importa, pois a Cisterna 3 está sempre cheia com água do poço.

A bomba estará sempre operando, caso o período de estiagem seja tão grande a ponto da água passar o limite de altura inferior de 20 centímetros, a válvula se abre e libera a passagem da água do poço da Cisterna 3 para a Cisterna 4 para que a bomba continue operando. É evidente que essa passagem de água reduz o potencial do nosso projeto.

6.2.3 Potencial máximo de substituição pela água de chuva

Definimos assim o potencial máximo de substituição da água do poço pela água da chuva, que é quando a válvula não se abre nenhuma vez no mês, substituindo 24 % de água.

6.3 Dimensionamento da bomba

Para dimensionar uma bomba precisamos definir dois parâmetros. São eles:

- Vazão
- Head

6.3.1 Vazão

A vazão que a bomba irá operar já foi determinada.

$$Q_{chuva} = 26,23 \text{ m}^3/\text{dia}$$

A bomba funcionará enquanto o Shopping estiver aberto, isto é de 10:00 as 22:00, ou seja, 12 horas por dia. Assim;

$$Q = 26,23 \div 12 = 2,18 \text{ m}^3/\text{hora}$$

6.3.2 Head

Definição:

Energia por unidade de peso que o sistema solicitará de uma bomba em função da vazão bombeada.

O head, também chamado de altura manométrica total, será calculado através da conhecida equação abaixo:

$$H = h_d - h_s = (Z_d - Z_s) + \frac{(P_d - P_s)}{\gamma} + (h_{fs} + h_{fd})$$

h_d = altura manométrica de descarga

h_s = altura manométrica de sucção

Z_d = altura geométrica de descarga

Z_s = altura geométrica de sucção

P_d = pressão manométrica no reservatório de descarga

P_s = pressão manométrica no reservatório de sucção

γ = peso específico do fluido

h_{fs} = perda de carga na linha e acessórios de sucção

h_{fd} = perda de carga na linha e acessórios de descarga

Como o reservatório de sucção (Cisterna 4) e o reservatório de descarga (Caixa d'água 2) estão à pressão atmosférica, estes termos são cortados na equação que simplifica-se para:

$$H = Z_d - Z_s + h_f$$

h_f = perda de carga total

6.3.2.1 Alturas geométricas (Z_d e Z_s)

As alturas geométricas são encontradas subtraindo as alturas medidas dos topos dos respectivos reservatórios (reservatório de descarga e de sucção) do nível de onde a bomba está posicionada.

Com o auxílio das figuras abaixo, temos que seus valores são:

$$Z_s = 2,2 \text{ metros}$$

$$Z_d = 38,23 \text{ metros}$$

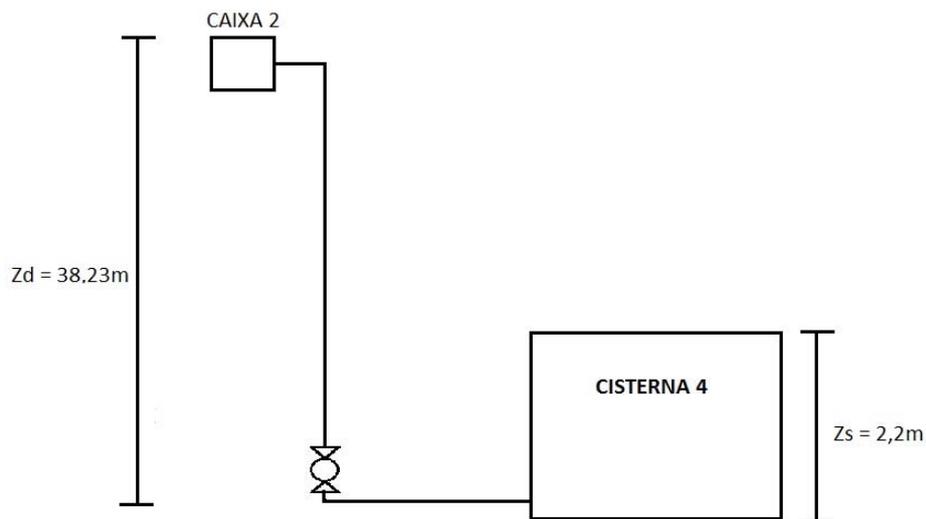


Figura 26 - Planta vertical simplificada

6.3.2.2 Perda de carga

O cálculo da perda de carga é um pouco mais complexo e diferente das alturas geométricas depende da vazão de trabalho.

Além da vazão, são necessários ao cálculo os seguintes parâmetros:

- Propriedades do fluido (Massa específica e Viscosidade absoluta)
- Rugosidade e diâmetro da tubulação
- Número de Reynolds
- Fator de atrito
- Comprimento da tubulação e comprimento equivalente dos acessórios

Cada parâmetro será determinado abaixo.

Propriedades do fluido

Liquid	ρ , kg/m ³	μ , kg/(m · s)	γ , N/m ³	ρ_{sp} , N/m ²	Bulk modulus, N/m ²	Viscosity parameter C^3
Ammonia	608	2.20 E-4	2.13 E-2	9.10 E+5	—	1.05
Benzene	881	6.51 E-4	2.88 E-2	1.01 E+4	1.4 E+9	4.34
Carbon tetrachloride	1,590	9.67 E-4	2.70 E-2	1.20 E+4	9.65 E+8	4.45
Ethanol	789	1.20 E-3	2.28 E-2	5.7 E+3	9.0 E+8	5.72
Ethylene glycol	1,117	2.14 E-2	4.84 E-2	1.2 E+1	—	11.7
Freon 12	1,327	2.62 E-4	—	—	—	1.76
Gasoline	680	2.92 E-4	2.16 E-2	5.51 E+4	9.58 E+8	3.68
Glycerin	1,260	1.49	6.33 E-2	1.4 E-2	4.34 E+9	28.0
Kerosine	804	1.92 E-3	2.8 E-2	3.11 E+3	1.6 E+9	5.56
Mercury	13,550	1.56 E-3	4.84 E-1	1.1 E-3	2.55 E+10	1.07
Methanol	791	5.98 E-4	2.25 E-2	1.34 E+4	8.3 E+8	4.63
SAE 10W oil	870	1.04 E-1 [‡]	3.6 E-2	—	1.31 E+9	15.7
SAE 10W30 oil	876	1.7 E-1 [‡]	—	—	—	14.0
SAE 30W oil	891	2.9 E-1 [‡]	3.5 E-2	—	1.38 E+9	18.3
SAE 50W oil	902	8.6 E-1 [‡]	—	—	—	20.2
Water	998	1.00 E-3	7.28 E-2	2.34 E+3	2.19 E+9	Table A.1

7 Tabela - Livro Fluid Mechanics (WHITE, FRANK, 1998)

Da tabela 7 temos que:

$$\text{massa específica } (\rho) = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{viscosidade dinâmica } (\mu) = 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}}$$

Tubulação

O sistema de recalque é composto por tubulação de PVC com rugosidade (ϵ) de 0,005 metros e diâmetro nominal (D) de 100 milímetros.

Número de Reynolds (Re)

Para determinar se o escoamento é laminar ou turbulento, precisamos calcular o número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

A Velocidade de escoamento é obtida a partir da vazão e da área da seção reta da tubulação.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{2,18}{3600\pi(0,1)^2}}{4} = 0,08 \text{ m/s}$$

Assim;

$$Re = 998 \times 0,08 \times 0,1 \div 0,001 = 7984$$

Se Re < 2300, o escoamento é turbulento.

Se Re > 2300, o escoamento é laminar.

Como 7984 > 2300, o escoamento é turbulento.

Fator de atrito

Já que trata-se de um escoamento turbulento, o fator de atrito será determinado, utilizando o Diagrama de Moody abaixo:

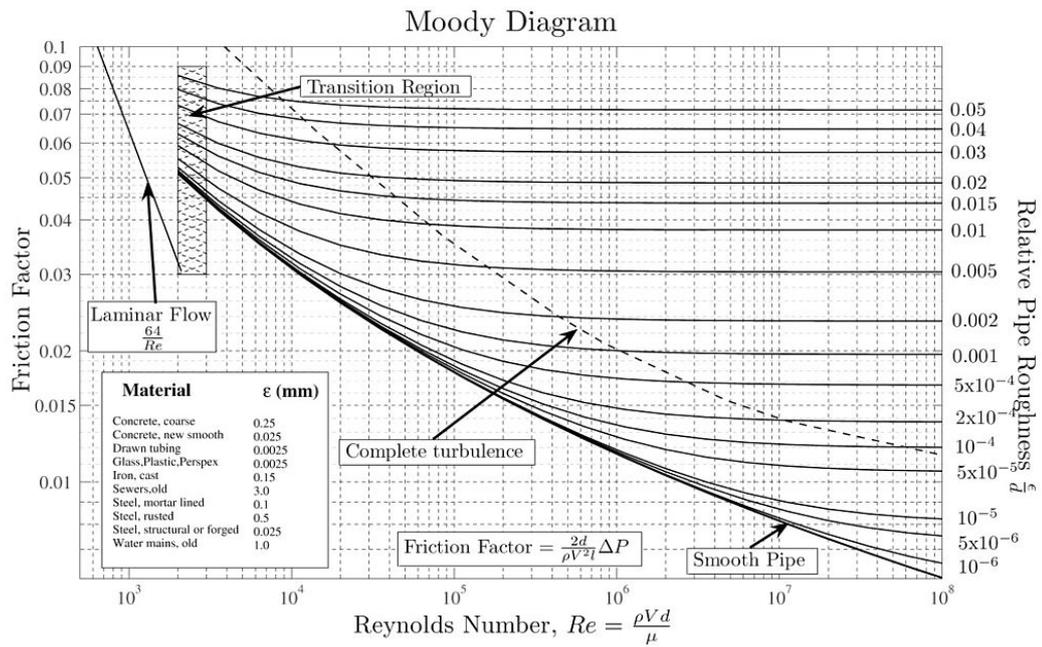


Figura 27 - Diagrama de Moody

Relacionando o número de Reynolds no eixo da abscissa e da Rugosidade relativa (e/D) no eixo da ordenada à direita. Encontramos um fator de atrito de:

$$f = 0,075$$

Utilizando o programa AUTOCAD e as plantas do Shopping representadas abaixo, podemos calcular o comprimento total da tubulação assim como identificar quais e suas respectivas quantidades de acessórios serão usados.

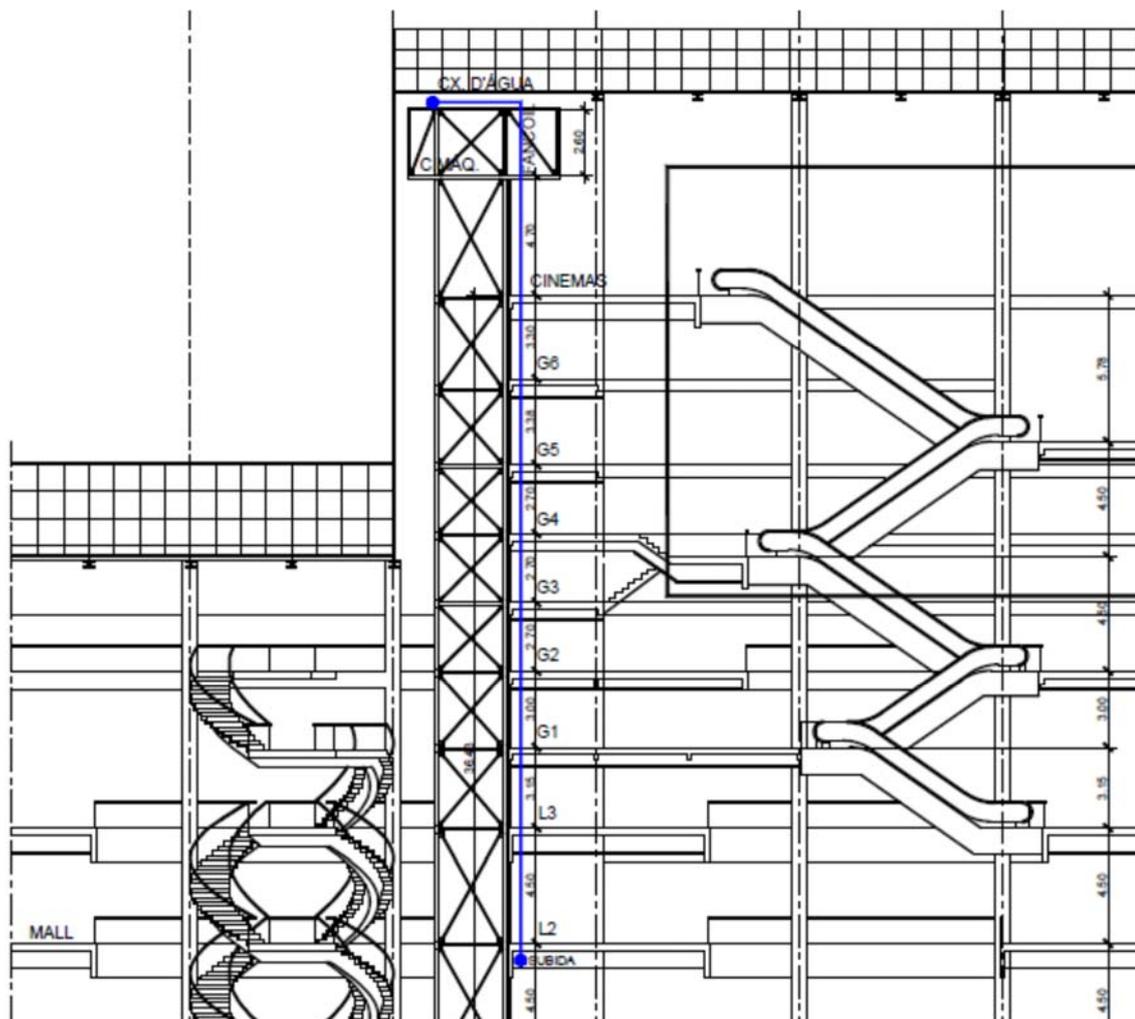


Figura 28 - Planta vertical com trajetória da tubulação

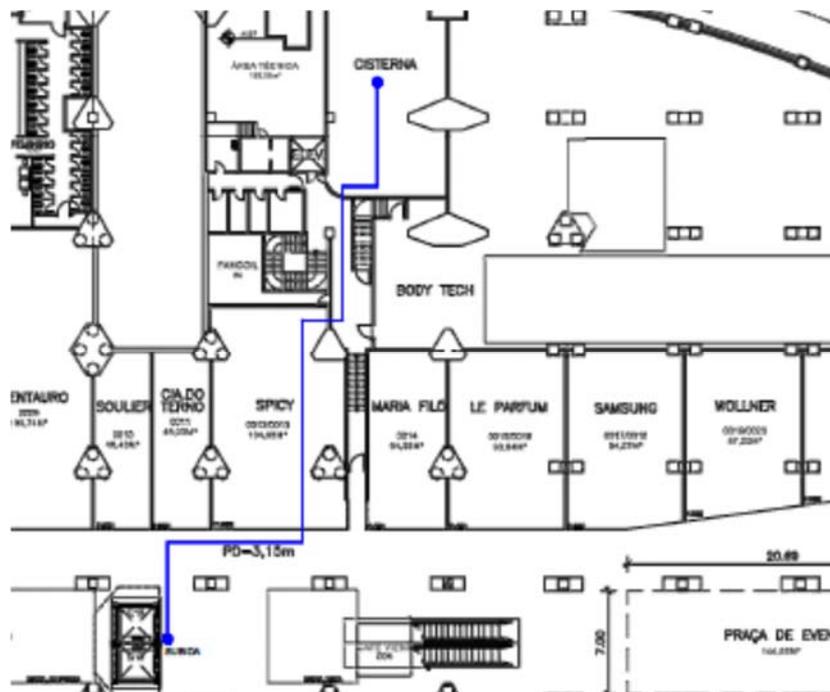


Figura 29 - Planta baixa com trajetória da tubulação

Comprimento de trechos retos da tubulação

Os trechos retos da tubulação somam 96,5 metros.

$$L_{reto} = 96,5 \text{ m}$$

Comprimento equivalente dos acessórios

Para as perdas localizadas, ou seja, para as perdas de carga devido a distúrbios locais do fluxo ao passar por acidentes, utilizaremos o método do comprimento equivalente. Assim, analisaremos abaixo os comprimentos equivalentes de cada acessório utilizado.

Utilizando os valores tabelados de (DE MATTOS, DE FALCO, 1998), temos que:

- Saída do reservatório sucção e entrada na tubulação
Leq = 4,88 m
Quantidade: 1
- Saída da tubulação e entrada no reservatório de descarga
Leq = 6,10 m
Quantidade: 1
- Válvula de esfera
Leq = 1,98 m
Quantidade: 2
- Joelho
Leq = 3,2 m
Quantidade: 7
- União
Leq = 0,2 m
Quantidade: 16
- Válvula de retenção
Leq = 13,72 m
Quantidade: 2
- Hidrômetro
Leq = 4 m
Quantidade: 1
- Filtro
Leq = 10 m
Quantidade: 1

Então;

$$Leq = 4,88 \times 1 + 6,1 \times 1 + 1,98 \times 2 + 3,2 \times 7 + 0,2 \times 16 + 13,72 \times 2 + 4 \times 1 + 10 \times 1$$

$$Leq = 81,98 \text{ m}$$

Finalmente, de posse de todos estes valores, podemos calcular a perda de carga total:

$$hf = \left(f \times \frac{L_{reto}}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right) + \left(f \times \frac{Leq}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

$$hf = 0,04 \text{ m}$$

Este pequeno valor da perda de carga atribui-se a baixa vazão de operação do projeto.

Voltando a equação da altura manométrica, exposta na sessão 6.3.2, temos agora que:

$$H = Z_d - Z_s + hf$$

$$H = 38,23 - 2,2 + 0,04$$

$$H = 36,07 \text{ metros}$$

6.4 Seleção da bomba

A partir dos valores agora calculados de Head e Vazão podemos selecionar a bomba.

6.4.1 Tipo de bomba

Antes de escolhermos o fabricante é necessário escolhermos o tipo da bomba.

As bombas são classificadas pela forma com que é fornecida energia ao fluido que é transportado. São dois os principais tipos:

- Turbobombas
- Volumétricas

Nas turbobombas, a energia cedida ao fluido é primordialmente do tipo cinética, sendo posteriormente convertida em grande parte em energia de pressão. Já nas volumétricas, a energia é fornecida ao líquido já sob a forma de pressão, não havendo portanto a necessidade de transformação.

6.4.2 - Comparação entre os tipos

Escolheremos as Turbobombas devido às seguintes vantagens:

- As turbobombas são recomendadas para fluidos com baixa viscosidade, como é o caso da água;
- Ao contrário das bombas Volumétricas, as Turbobombas operam em regime permanente, ou seja com vazão constante. O que é extremamente importante para o projeto;
- Menor necessidade de manutenção;
- Experiências anteriores mostram que a maior parte das aplicações de bombeamento de água potável é feito através de turbobombas.

6.4.3 - Modelo da bomba

O fabricante escolhido para o projeto foi a renomada KSB, representada no Brasil pela KSB Bombas Hidráulicas S.A. desde 1954.

Será utilizada a Bomba Padronizada Monobloco **Megabloc**.



Figura 30 - Bomba Megabloc

Para a escolha do modelo e consequentemente todos os detalhes técnicos, utilizaremos a ficha técnica disponibilizada pela KSB.

Megabloc, n = 3500 rpm

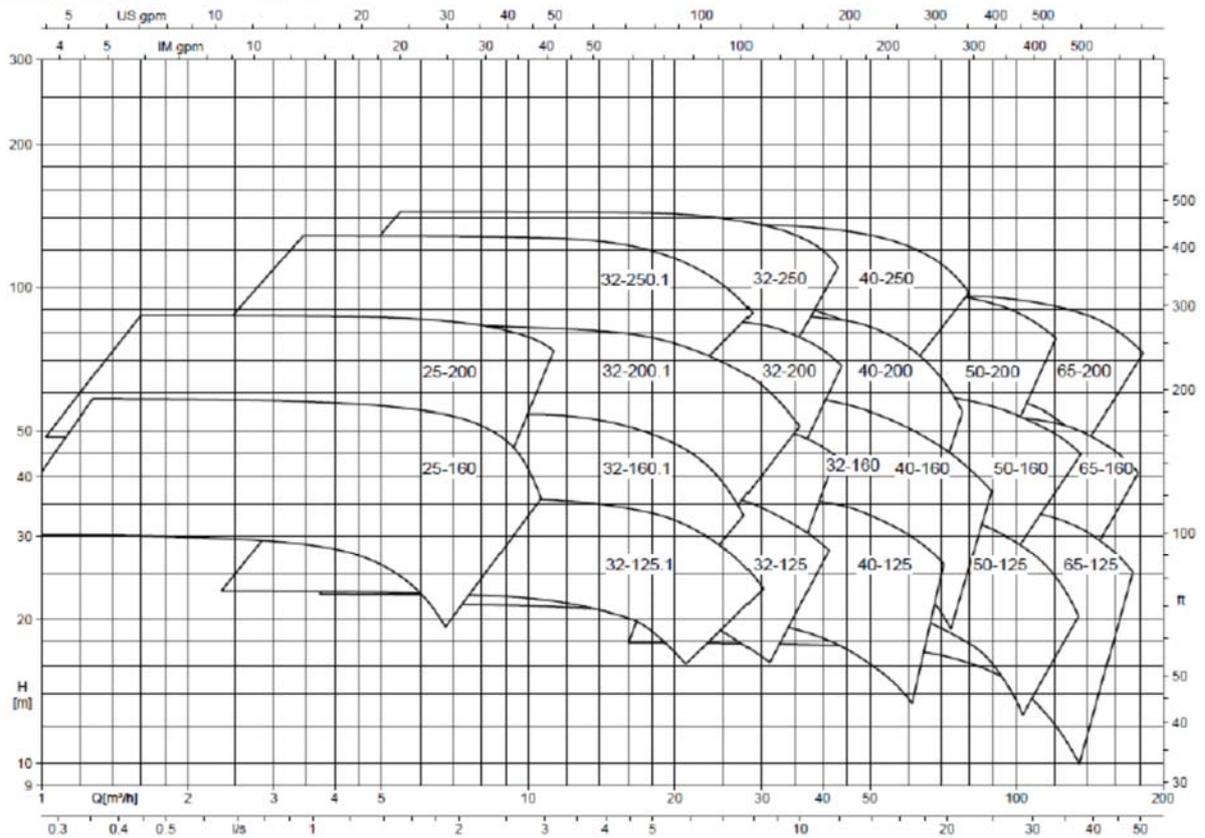


Figura 31 - Campo de aplicação

Portanto, para uma rotação já definida de 3500 rpm, e os valores calculados anteriormente de Head e Vazão, repetidos abaixo:

Head = 36,07 metros

Vazão = 2,18 m³/hora

Verifica-se que o modelo adequado é o **25-160**.

O próximo passo é a escolha do diâmetro do impelidor.

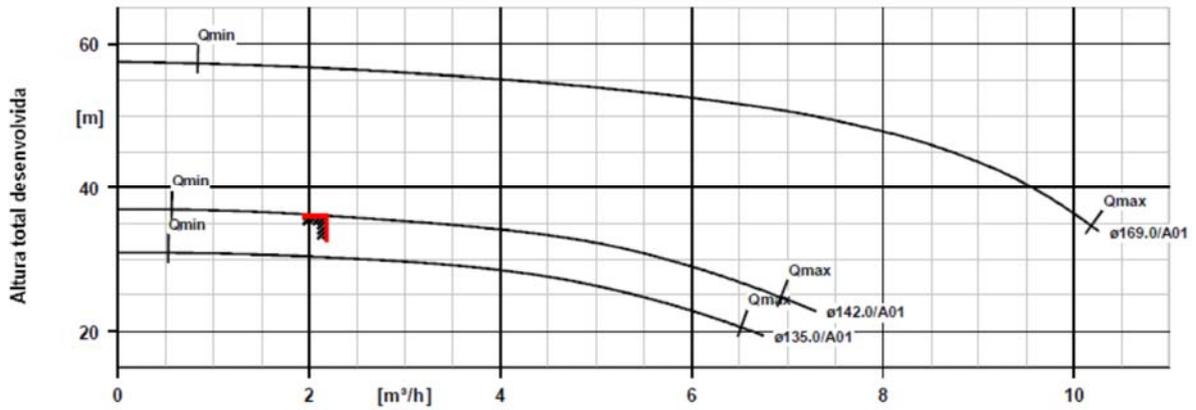


Figura 32 - Diâmetros do impelidor

Pelo gráfico nota-se que para o modelo especificado o diâmetro máximo é de 169 milímetros e o mínimo de 135 milímetros e para um Head de 36 metros e uma vazão de 2,18 m³/hora o diâmetro adequado é o de 142 milímetros.

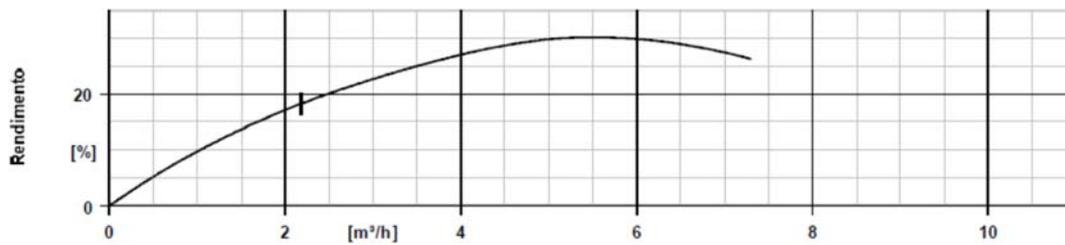


Figura 33 - Gráfico Vazão x Rendimento

Com base na Figura 33, observa-se um rendimento para esta vazão especificada de 18,2%.

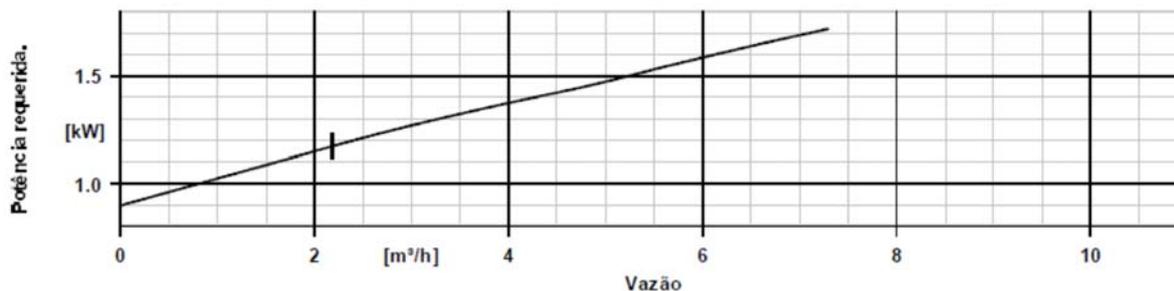


Figura 34 - Gráfico Vazão x Potência requerida

E por último, utilizando a Figura 34, observa-se que a potência requerida pelo motor é de 1,17 kw.

6.4.4 - NPSH Disponível X NPSH Requerido

A cavitação é um fenômeno físico que ocorre principalmente no interior de sistemas hidráulicos e que consiste na formação de bolhas de vapor no meio fluido. Isso ocorre quando a pressão estática absoluta local cai abaixo da pressão de vapor do líquido e, portanto causa a formação de bolhas de vapor no corpo do líquido, isto é, a evaporação da água a baixa pressão.

Ela causa graves problemas como barulho, vibração, alteração das curvas características e danificação do material.

O NPSH, que em inglês é Net Positive Suction Head, significa numa tradução aproximada, carga positiva líquida de sucção serve como parâmetro para evitar a ocorrência da cavitação. Este termo é relativo ao sistema e à bomba.

Este é separado em NPSH disponível, quando é relativo ao sistema e NPSH requerido quando é relativo à bomba.

O NPSH disponível é interpretado fisicamente como sendo a energia absoluta por unidade de peso existente no flange de sucção acima da pressão de vapor, e pode ser calculado pela expressão abaixo:

$$NPSH_{disp} = h_{atm} + Z_s - h_{vp} - h_{fs}$$

Onde,

h_{atm} = pressão atmosférica em metros de coluna d'água;

Z_s = altura geométrica de sucção;

h_{vp} = pressão de vapor em metros de coluna d'água;

h_{fs} = perda de carga na tubulação de sucção

Assim, temos que:

$$NPSH_{disp} = 10,33 + 2,2 - 0,239 - 0,008 = 12,28 \text{ m}$$

Já o NPSH requerido pode ser interpretado fisicamente como sendo a quantidade mínima de energia absoluta por unidade de peso acima da pressão de vapor que deve existir no flange de sucção para que não haja cavitação.

Este valor foi fornecido pelo fabricante KSB, sendo:

$$NPSH_{req} = 1,7 \text{ m}$$

Portanto para que não haja cavitação, o NPSH disponível deve ser maior que o NPSH requerido. De um modo geral utiliza-se uma margem de segurança de 0,6 metros.

Desta forma o NPSH disponível para a bomba usada deve ser maior que 2,3 metros. Como o valor calculado foi de 12,28 metros, fica garantida a não ocorrência de cavitação no projeto.

7 Retorno financeiro e benefícios ao meio ambiente

Neste capítulo, iremos abordar os principais objetivos deste projeto, que são o retorno financeiro e o benefício ao meio ambiente. Assim, restará claro que existe não só um ganho financeiro para o cliente que justifica sua implementação, como também este projeto contribui para a preservação desse bem natural tão precioso e cada vez mais escasso, trazendo um ganho real a toda a população.

7.1 Retorno financeiro

7.1.1 - Economia financeira

Na sessão 6.3.1 do capítulo 6 foi fixada a vazão da bomba em 2,18 m³/hora e definido que a mesma funcionará 12 horas por dia, representando 26,23 metros cúbicos por dia e 787 metros cúbicos por mês.

Isto quer dizer que o potencial máximo do projeto, conforme detalhado na sessão 6.2.3, é de substituir 787 m³ de água de poço por 787 m³ de água da chuva.

A tarifa cobrada atualmente pela empresa FILTRABEM, considerando todos os serviços inclusos conforme detalhado na sessão 4.2.3 do capítulo 4 é de R\$ 11,96 por metro cúbico de água proveniente dos poços artesianos.

Assim, como

$$787 \times 11,96 = 9412,52$$

Teríamos uma economia de R\$ 9.412,52 por mês, porém precisa ser subtraído a este valor o consumo de energia da bomba adicional no sistema de recalque.

7.1.2 - Consumo de energia da bomba

No final do capítulo 6, na sessão 6.4.3 vimos que a potência requerida pela bomba é de 1,17 kw.

Sabendo que a bomba funcionará 12 horas por dia e que o Shopping paga uma tarifa média à LIGHT de R\$ 0,53, temos um gasto de:

$$1,17 \times 12 \times 30 \times 0,53 = 223,24$$

R\$ 223,24 por mês com a bomba.

7.1.3 - Economia financeira final

Assim, podemos calcular o potencial de economia real do projeto.

$$9412,52 - 223,24 = 9189,28$$

Chegamos a uma economia de R\$ 9.189,28 por mês ou de R\$ 110.271,36 por ano com a aplicação deste projeto.

7.2 - Payback

Para calcular em quanto tempo teremos o retorno do investimento é necessário calcular o custo total de instalação do projeto. Este custo será dividido em:

- Tubulação para desviar a água da chuva até a cisterna e da cisterna até a caixa d'água. Trata-se para isso de 130 metros de tubulação com um custo de R\$ 10,00 o metro.
Valor estimado: R\$ 1.300,00
- Filtro Eterclean da empresa Eternit.
Valor estimado: R\$ 700,00
- Compra da bomba Megabloc 25-160 da fabricante KSB, acessórios e mão de obra.
Valor estimado: R\$ 8.000,00

Ou seja, estima-se um custo total de instalação de projeto de R\$ 10.000,00.

Como o retorno calculado na sessão anterior é de R\$ 9.189,28 por mês, temos o retorno de investimento, ou o chamado payback em pouco mais de 1 mês.

7.3 Benefícios ao meio ambiente

Conforme exposto, a implementação do projeto representa uma economia de até 787 m³ de água por mês.

Como sabemos, a água é um bem natural precioso. Embora encontrada em grande quantidade no planeta Terra, seu tratamento é caro e trabalhoso. Alguns especialistas afirmam

que, se o consumo de água continuar nos níveis atuais (considerando o alto desperdício), futuramente poderemos enfrentar sérios problemas de falta de água.

Com o aumento da população mundial, dos avanços industriais e tecnológicos, a demanda por água só tenderá a aumentar e, se não a consumirmos de forma consciente, ela será um recurso cada vez mais escasso, o que aumentará os conflitos pelo seu acesso.

Hoje sabemos que o ser humano consome mais do que a natureza pode nos oferecer. Sendo assim, ter uma atitude consciente em relação aos nossos hábitos de consumo é fundamental para a preservação do meio ambiente e deve ser uma preocupação de todos.

8 Conclusão

Este projeto percorreu alguns pontos complexos. O primeiro deles foi determinar a quantidade média de água da chuva que estaria disponível em determinada área, o que exigiu entender a fundo sobre índice pluviométrico. O segundo foi definir um percentual ideal de substituição de água consumida pelo shopping por água da chuva, que permitisse a melhor forma de trabalho, o que exigiu além da determinação da quantidade de chuva, conhecer bem a respeito da distribuição do consumo de água de um shopping de grande porte, o Shopping Tijuca. E o terceiro ponto e mais complexo, a seleção de uma bomba hidráulica, o que exige bastante conhecimento técnico sobre máquinas de fluxo e mecânica dos fluídos, além de um estudo aprofundado da estrutura do local a ser aplicada.

É um projeto que, conforme demonstrado, possui um excelente retorno financeiro, bem como contribui bastante para o meio ambiente, possuindo um baixíssimo custo de instalação, o que permite um payback extremamente rápido.

Vale lembrar que o Shopping Tijuca é um shopping vertical com apenas uma pequena área exposta à chuva, o que reduz o seu potencial. Entretanto, ainda assim, considera-se sua implementação extremamente vantajosa, tendo em vista os ganhos já citados.

Cabe ressaltar ainda que trata-se de um projeto facilmente adaptável a outros lugares e estruturas, o que permitirá uma eficiência superior caso haja uma maior área disponível para a captação de água.

Referências Bibliográficas

[1] DE MATTOS, EDSON E., DE FALCO, REINALDO, Bombas Industriais, 2ª Ed, Rio de Janeiro, Interciência 1998.

[2] FOX, R.W., PRITCHARD, P.J., MCDONALD, A.T., Introdução à Mecânica dos Fluidos, 7 ed., Rio de Janeiro, Editora LTC, 2010.

[3] SION Advogados, A Crise hídrica mundial

<<http://sionadvogados.com.br/site/noticias-escritorio/a-crise-hidrica-mundial/>>

[4] RODOLFO F. ALVES PENA, Mundo educação, Crise de água no Brasil

<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/crise-agua-no-brasil.htm>>

[5] SANTOMOURO, BEATRIZ, Nova Escola, O que é e como se calcula o Índice Pluviométrico

<<http://acervo.novaescola.org.br/geografia/fundamentos/como-se-calcula-indice-pluviometrico-476502.shtml>>

[6] Alerta Rio, Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro

<<http://alertario.rio.rj.gov.br/>>

[7] IBDA, Fórum da Construção, Eterclean: Filtro para tubulação de água

<<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=745>>

[8] KSB, Manual Técnico, Bomba Padronizada Monobloco, Megabloc, Ficha Técnica

[9] Consultpoços Artesianos, Regularização outorgas e licenças de poços artesianos

<<http://consultpocos.com.br/servicos/licencas-outorgas-e-regularizacao/>>