



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Graduação em Engenharia Civil

---



Silvia Magda Baratella Santos

Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em canteiro de obra –  
Edifício Varandas da Pampulha

Ouro Preto  
2016

Silvia Magda Baratella Santos

Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em canteiro de obra –  
Edifício Varandas da Pampulha

Monografia apresentada ao Curso  
de Engenharia Civil da Escola de  
Minas da Universidade Federal de  
Ouro Preto como parte dos  
requisitos para a obtenção do Grau  
de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Dr. Antenor Rodrigues Barbosa Jr.

Ouro Preto, março de 2016

S237a

Santos, Silvia Magda Baratella.

Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em canteiro de obra [manuscrito]: edifício Varandas da Pampulha / Silvia Magda Baratella Santos. – 2016.

47f.: il., color., graf., tab. e mapas.

Orientadores: Prof. Dr. Antenor Barbosa Rodrigues Jr.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil.

1. Engenharia civil. 2. Água - Reutilização. 3. Canteiro de obras.  
4. Sustentabilidade. 5. Reservatórios. I. Universidade Federal de Ouro Preto.  
II. Título.

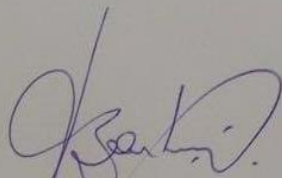
CDU: 624

Fonte de catalogação: [bibem@sisbin.ufop.br](mailto:bibem@sisbin.ufop.br)

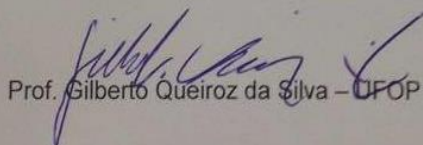
Silvia Magda Baratella Santos

Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em canteiro de obra –  
Edifício Varandas da Pampulha

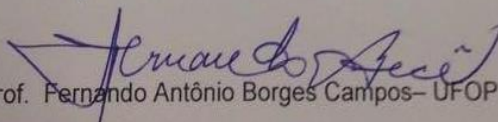
Monografia de conclusão de curso para  
obtenção do Grau de Engenheiro Civil na  
Universidade Federal de Ouro Preto,  
defendida e aprovada em 15 de Março de  
2016, pela banca examinadora constituída  
pelos professores:



Prof. Antenor Rodrigues Barbosa Jr – Orientador – UFOP



Prof. Gilberto Queiroz da Silva – UFOP



Prof. Fernando Antônio Borges Campos – UFOP

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por me julgar merecedora de todos os dons que me tornaram capaz de  
concluir mais esta etapa.

Aos meus pais que sempre acreditaram que eu seria capaz, mesmo quando eu  
mesma duvidei.

À Universidade Federal de Ouro Preto, pela educação gratuita e de qualidade.

A todo o corpo docente, em especial aos professores do DECIV, que me  
proporcionaram a base necessária para a execução e conclusão deste  
trabalho.

Ao Orientador Barbosa, por sempre ser disponível e solícito para orientações e  
correções, e por todo o seu incentivo.

À Viviane por seu olhar crítico e sugestões pertinentes que tanto  
acrescentaram a esse trabalho.

## RESUMO

Dos problemas ambientais causados pela construção civil, o consumo irracional de água é um dos mais notáveis e, portanto, uma vertente muito importante a ser analisada. Os métodos construtivos hoje praticados no Brasil, em sua maioria, demandam um enorme volume de água para que serviços essenciais sejam executados. Um grande volume também é destinado para suprir as necessidades dos trabalhadores que atuam nos canteiros de obra, haja vista a alta demanda de pessoal existente no ramo da construção civil.

Buscando a união entre a necessidade de construir de forma sustentável e a redução de custos, foi concebido o tema desse estudo, o qual consiste na elaboração de projeto para captação e reaproveitamento de água no canteiro de obras. No referido projeto, a água captada é reaproveitada para fins da própria construção e para higienização. O canteiro de obras supracitado está alocado no bairro Santa Amélia, Região da Pampulha, Belo Horizonte.

**Palavras chave:** Aproveitamento de água; construção civil; canteiro de obra; sustentabilidade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Volume dos reservatórios do sistema Paraopeba (COPASA).....	11
Figura 2: Montagem com métodos de captação. ....	144
Figura 3: Perspectiva ilustrada da fachada do empreendimento Varandas da Pampulha (Construtora Valadares Gontijo).....	177
Figura 4: Gráfico consumo em litros de água no empreendimento Varandas da Pampulha de abril/2014 a março/2015 (COPASA) .....	17
Figura 5: Distância entre estação pluviométrica e canteiro de obras. (GOOGLE MAPS).....	20
Figura 6: Gráfico de Frequência (%) vs. Precipitação (mm).....	23
Figura 7: Gráfico de Frequência (%) vs. Precipitação (mm), excluindo-se os anos de 1963 e 1994.....	26
Figura 8: Gráfico das Precipitações mensais médias, máximas e mínimas...	299
Figura 9: Gráfico do consumo mensal de água do canteiro de obras no ano de 2015 .....	3030
Figura 10: Gráfico da média diária de consumo do canteiro em 2015. ....	30
Figura 11: Gráfico comparativo do volume captado com o volume de consumo no ano de 1959. ....	33
Figura 12: Gráfico comparativo do volume captado com o volume de consumo no ano de 1953. ....	34
Figura 13: Gráfico comparativo do volume captado com o volume de demanda no ano de 1959. ....	38
Figura 14: Gráfico comparativo do volume captado com o volume de demanda no ano de 1953. ....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: coeficientes de <i>runnof</i> médios.....	12
Tabela 2: Coletas nas telhas de cerâmica e nas telhas metálicas. ....	155
Tabela 3: Precipitações e frequências. ....	231
Tabela 4: Precipitações e frequências excluindo-se os anos 1963 e 1994. ...	244
Tabela 5: Precipitações mensais médias, máximas e mínimas. ....	287
Tabela 6: Consumo mensal de água do canteiro de obras no ano de 2015. ...	29
Tabela 7: Volumes de água consumidos no canteiro de obras em 2015. ....	31
Tabela 8: Áreas de cobertura dos blocos do Edifício Varandas da Pampulha.	32
Tabela 9: Volumes captados no ano de 1959. ....	32
Tabela 10: Volumes captados no ano de 1953. ....	33
Tabela 11: Cálculo do reservatório para o ano de 1959.....	37
Tabela 12: cálculo do reservatório para o ano de 1953. ....	388
Tabela 13: Tarifas industriais da COPASA em dezembro/2015.....	40
Tabela 14: Consumo e captação de água do canteiro de obras em janeiro/2015.....	400
Tabela 15: Consumo nas faixas de valores sem considerar a reutilização de água. ....	41
Tabela 16: Consumo nas faixas de valores sem considerar a reutilização de água. ....	41
Tabela 17: Consumo nas faixas de valores considerando a reutilização de água. ....	42
Tabela 18: Consumo nas faixas de valores considerando a reutilização de água. ....	42



# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	07
<b>1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	09
1.1 DEFINIÇÕES .....	09
1.2 VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL .....	10
1.2.1 Áreas de Captação .....	12
1.2.2 Coeficiente de <i>runnof</i> .....	12
1.2.3 Qualidade da água de chuva no Bairro Santa Amélia .....	13
<b>2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO VARANDAS DA PAMPULHA</b> .....	16
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	18
<b>4 MATERIAIS, MÉTODOS E RESULTADOS</b> .....	19
4.1 MÉTODO DE RIPPL .....	19
4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	20
4.3 TOTAIS ANUAIS PRECIPITADOS .....	20
4.4 CONSUMO DO CANTEIRO.....	29
4.5 ÁREAS DE COBERTURA.....	31
4.6 CÁLCULO DE VAZÕES.....	32
4.7 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO PARA UTILIZAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS.....	33
4.8 CONSUMO DO CONDOMÍNIO VARANDAS DA PAMPULHA .....	35
4.9 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO PARA O CONDOMÍNIO.....	37
4.10 ECONOMIA AO UTILIZAR O RESERVATÓRIO NA FASE DO CANTEIRO DE OBRAS.....	39
<b>CONCLUSÃO</b> .....	43
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	45
<b>ANEXO I</b> .....	47

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural com elevado grau de importância ambiental, econômica e social. Todas as atividades econômicas desenvolvidas pelo homem envolvem e dependem diretamente de tal recurso, desde à agricultura básica até o mais elevado grau de produção industrial/tecnológica.

Porém, infelizmente, a falta d'água é uma realidade mundial. De acordo com a revista Planeta Sustentável, estima-se que cerca de 40% da população do planeta viva, atualmente, em situação de "estresse hídrico", sendo a estimativa para o futuro ainda muito pior. De acordo com publicação, até o ano de 2050, um total de 4,8 bilhões de pessoas estará na mesma situação.

O Brasil, embora seja um país com considerável reserva de água, se comparado a outros países, também vem sofrendo com a escassez desse recurso. Isso porque as bacias hidrográficas não são distribuídas igualmente ao longo do território nacional. Dessa forma, os locais onde há maior concentração demográfica não são os locais onde há maior reserva de água, sendo os primeiros a sofrer crises hídricas.

Além da questão geográfica, a escassez de água no Brasil pode ser atribuída à maneira como o brasileiro utiliza esse recurso. Historicamente nunca houve significativa preocupação em poupar água, devido à aparente abundância no país. Dessa forma, de maneira geral, a utilização desse recurso sempre foi feita de forma irracional. Atualmente há uma mobilização nacional em prol do uso consciente da água e é exatamente o que se propõe neste estudo: o uso consciente da água no ramo da construção civil.

Nesse contexto, o presente trabalho discute a viabilidade técnica e econômica para que ocorra o reaproveitamento da água dentro da construção civil, especificamente no âmbito da construção de um condomínio residencial. Para isso, é apresentado o estudo de viabilidade de aproveitamento de água não potável em canteiro de obra, e o dimensionamento de reservatório para o reaproveitamento da água da chuva no Edifício Varandas da Pampulha, utilizando o método do diagrama das massa,

também conhecido como método de Rippl. Será apresentado ainda a simulação da economia para construção deste reservatório na fase do canteiro de obras.

Sabe-se que o desperdício de água é uma realidade em todos os ramos de serviços e até mesmo no âmbito doméstico/familiar. O ramo da construção civil, em especial, é responsável por enorme consumo desse recurso, contribuindo decisivamente para o processo de escassez e para as crises hídricas vivenciadas atualmente.

Dessa forma, o estudo de alternativas que levem ao reaproveitamento da água é de suma importância e possui impactos positivos não apenas sob o aspecto ambiental, de economia de água, mas também sob o aspecto financeiro-econômico, pois leva à redução de custos, conforme será demonstrado.

Tal estudo, abre espaço ainda para o desenvolvimento de novas práticas nesse sentido, ao demonstrar que o reaproveitamento de água é viável e gera vantagens para o empreendedor, para os consumidores imediatos do empreendimento e para a sociedade em geral.

# 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 DEFINIÇÕES

As águas de superfície, águas subterrâneas, reuso de água, e aproveitamento de água de chuva são os 4 domínios hídricos que devem ser tratados quando se analisa um sistema de abastecimento de água (THOMAZ, 2009).

De acordo com a NBR 15527:2007, “água de chuva” é resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais. Já “água não potável” engloba todas as águas que não atendam à Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde.

Para a elaboração de um sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais, são necessários alguns componentes principais. São eles:

- Área de captação: Coberturas das edificações, podendo ser planas ou inclinadas, de diferentes materiais como telhas cerâmicas, de amianto, fibrocimento, ferro galvanizado, revestimento asfáltico, etc.;
- Calhas, condutores: De PVC ou metálicos, sua função é encaminhar a água captada pelas coberturas para o filtro ou reservatório;
- *By pass*: As primeiras águas que passam pelos telhados necessitam ser removidas. Essa remoção pode ser manual ou automática, através de dispositivos;
- Peneira: Utilizada para eliminar materiais em suspensão;
- Reservatório: Usado para reservar a água captada, pode ser enterrado, apoiado ou elevado, e pode ser forjado em diferentes materiais, como alvenaria, concreto armado, e etc;
- Extravasor: Tem a função de descarte da água que excede a capacidade do reservatório, evitando que o mesmo transborde. Deve conter proteção contra entrada de animais e insetos. (THOMAZ, 2009)

## 1.2 VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

Há duas vertentes significativas a serem analisadas no âmbito da viabilidade e importância do reuso de águas não potáveis: a vertente ambiental e a vertente econômica.

A vertente ambiental engloba a redução do impacto sobre os mananciais e a diminuição da demanda da água proveniente de companhias de saneamento. É importante salientar que o reuso contribui para minimizar o impacto das águas pluviais escoadas sobre as bacias, que causam alagamentos nos grandes centros, impacto este que vem aumentando de forma considerável à medida que o espaço urbano é impermeabilizado. (MAY, 2004)

Quanto à vertente econômica, importa destacar que entre o fim do ano de 2014 e início de 2015, houve uma enorme baixa nos principais sistemas que abastecem as grandes cidades brasileiras. Um exemplo é o sistema Paraopeba, que abastece a maior parte da região metropolitana de Belo Horizonte.

A diminuição do nível do sistema, que pode ser acompanhada pelo gráfico da Figura 1, foi ocasionada pela falta de chuva no período, não acompanhada pela diminuição da demanda no município. Essa crise hídrica alertou para um possível aumento de tarifas praticadas pela companhia que abastece o município, a COPASA, e para a possibilidade de um racionamento ou rodízio de abastecimento no município.

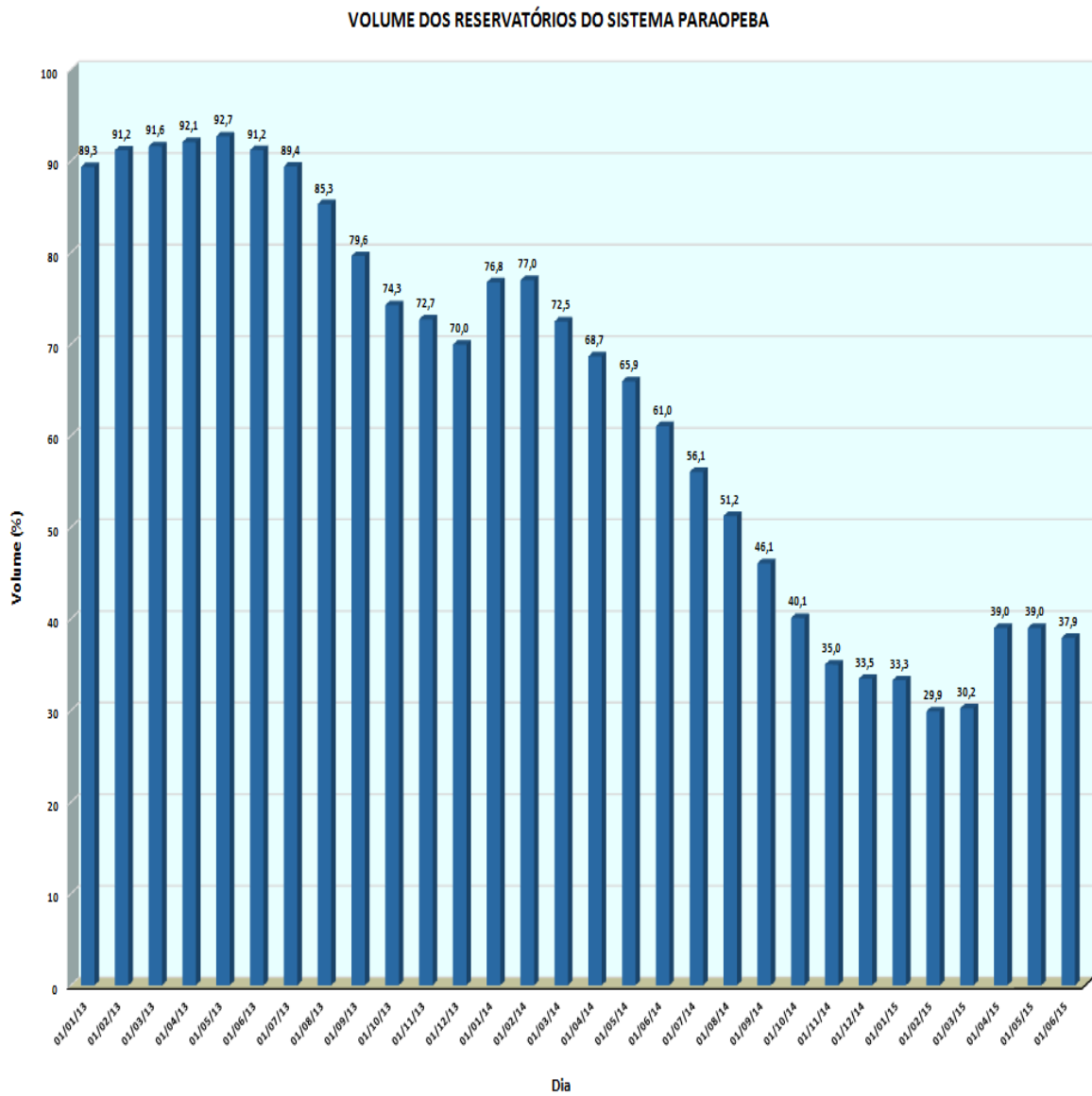


Figura 1: Volume dos reservatórios do sistema Paraopeba (COPASA).

### 1.2.1 Áreas de Captação

As áreas de captação, de acordo com a NBR 15527:2007, são as medidas em metros quadrados da projeção horizontal onde a água é captada nas coberturas. A norma define ainda que a água de chuva para reaproveitamento deve ser captada em telhados e coberturas, ou em locais que não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.

### 1.2.2 Coeficiente de *runnof*

Segundo Thomaz (2009), o coeficiente de *runnof*, ou coeficiente de escoamento superficial (C), é obtido pela razão entre o volume total escoado e o volume total precipitado, ou seja, volume da água que é precipitada não é o mesmo volume da água que é captada pelo sistema. Os coeficiente de *runoff* para coberturas são apresentados na tabela a seguir:

Material	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Telhas de cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Tabela 1: Intervalos de coeficientes de *runnof* médios em função do tipo de material de cobertura.

As telhas usadas nos telhados do Edifício Varandas da Pampulha foram de fibrocimento. Adotou-se o coeficiente de *runoff* igual a 0,8 (limite inferior para considerar um cenário mais conservador, com maiores perdas) para efeito de cálculo, segundo a Tabela 1 apresentada.

### 1.2.3 Qualidade da água de chuva no Bairro Santa Amélia

De acordo com o trabalho de Cardoso (2009), a qualidade da água de chuva captada no bairro Santa Amélia, em Belo Horizonte, foi monitorada entre março de 2008 e janeiro de 2009. O estudo proposto tinha como objetivo quantificar o volume de água descartado necessário para que os resíduos das superfícies de captação fossem retirados com o primeiro volume de chuva. Os parâmetros medidos no estudo foram:

#### **Parâmetros físicos:**

pH;

Turbidez;

Cor aparente;

Ferro;

Manganês;

Chumbo.

#### **Parâmetros microbiológicos:**

Coliformes totais;

*Escherichia coli*.

Como método de captação, foi utilizada a montagem ilustrada na Figura 2.



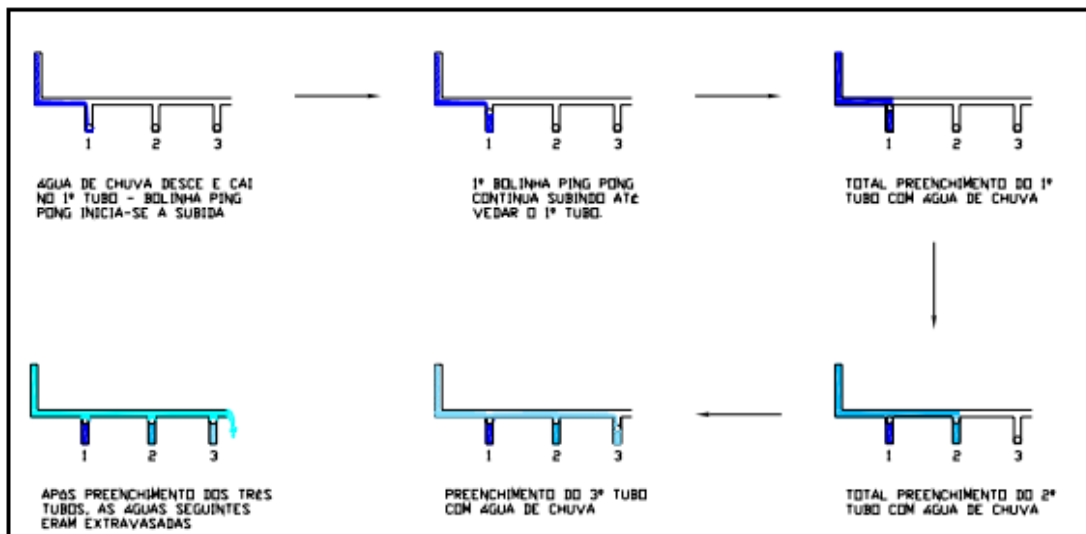


Figura 2: Montagem com métodos de captação da água de coberturas no bairro Santa Amélia.

Foram captadas amostras de duas superfícies diferentes, telha cerâmica e telha metálica. Após o recolhimento pela calha, a primeira água captada do telhado preenchia o recipiente número 1. Após esse preenchimento, era iniciado o preenchimento do recipiente 2 e, após esse, iniciado o preenchimento do reservatório 3.

Para minimizar a mistura das águas dos recipientes, foi colocada uma esfera, com densidade menor que a da água, no interior de cada recipiente, de forma que a mesma flutuasse à medida que o recipiente fosse preenchido, vedando o recipiente quando se encontrasse cheio. A água extravasada após completar-se esse ciclo não foi coletada.

Parâmetros		Pampulha					
		Telha cerâmica			Telha metálica		
		1	2	3	4	5	6
pH	máx	8,2	8,1	8,2	8,2	8,5	8,2
	mín	7,6	7,7	7,9	7,3	7,4	7,8
Turbidez (uT)	máx	26,0	24,5	20,1	23,9	10,0	4,9
	mín	20,1	5,0	3,8	14,2	5,4	4,5
Cor aparente (uH)	máx	52	39	26	67	44	14
	mín	18	12	3	3	3	4
Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	máx	47	19	18	45	22	25
	mín	5	5	6	6	10	5
Ferro (mg/L)	máx	9,47	3,66	0,47	8,17	3,24	0,82
	mín	0,13	0,00	0,00	0,08	0,12	0,00
Manganês (mg/L)	máx	0,23	0,05	0,02	0,18	0,04	0,04
	mín	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chumbo (mg/L)	máx	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
	mín	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabela 2: Características das águas coletadas nas telhas de cerâmica e nas telhas metálicas.

Na Tabela 2, as colunas 1, 2 e 3, relativas à telha cerâmica, representam as coletas realizados nos tubos 1, 2 e 3, constantes na montagem mostrada anteriormente. As colunas 4, 5 e 6, relativas à telha metálica, representam, por sua vez, as coletas realizadas nos tubos 1, 2 e 3 relativos à mesma montagem.

Para os parâmetros medidos, Cardoso (2009) analisou estatisticamente as amostras, utilizando primordialmente os valores das medianas encontradas a partir das amostras coletadas, e chegou aos seguintes resultados:

- PH: As amostras captadas atendem à Portaria 518/2004 do Ministério de Saúde, que prevê a variação de PH entre 6,0 e 9,5;
- Turbidez: A mediana das amostras atendem à Portaria MS n. 518/ 2004 e à Norma Brasileira para Aproveitamento de Água de Chuva que regulam a turbidez máxima de 5,0 uT;
- Cor aparente: A mediana das amostras encontrada foi igual a 9 uH, portanto, atende a Portaria MS n. 518/2004 e a NBR 15.527.

- Alcalinidade: O ministério da Saúde ou a ABNT não regulam sobre nenhum limite para esse parâmetro para reutilização de água de chuva;
- Coliformes totais: As águas captadas no bairro durante a pesquisa foram consideradas excelentes considerando o padrão de balneabilidade 274/00 estabelecido pelo CONAMA;
- *Escherichia coli*: As amostras captadas pelos telhados metálicos atendem às normas do Ministério da Saúde e ABNT;
- Ferro: As medianas das amostras analisadas atendem à Portaria MS n. 518/2004, que permite um valor de até 0,30 mg/L;
- Manganês: As medianas das amostras apontaram valores inferiores a 0,10 mg/L, o limite imposto pelo Ministério da Saúde;
- Chumbo: Os valores de medianas e quartis superiores das coletas nos telhados da Pampulha atendem à Portaria MS n. 518/2004. O valor máximo permitido é de 0,01 mg/L;

## **2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO VARANDAS DA PAMPULHA**

O empreendimento para o qual será feito o projeto de reaproveitamento de água no canteiro de obras é composto por cinco torres, sendo três torres com seis andares, e duas com sete andares, todas com quatro apartamentos por andar, totalizando cento e vinte apartamentos. As torres estão localizadas nos endereços: Rua Thomaz Naves, nº 88 e nº 104, Rua Pelicano Frade, nº 21 e Rua Dona Cidinha Stussi nº 25 e nº 29.

A estrutura da edificação é mista de concreto armado e alvenaria estrutural. O empreendimento se divide em duas fases, sendo que a fase 1, referente às torres 1 e 5, já foi concluída, e a fase 2, referente às torres 2, 3, e 4, está em andamento, com previsão de entrega para agosto de 2017.



Figura 3: Perspectiva ilustrada da fachada do empreendimento Varandas da Pampulha (Construtora Valadares Gontijo).

O canteiro de obras da fase 2, que conta com uma média de 40 funcionários, possui aproximadamente 2730 m<sup>2</sup>. O consumo de água desse canteiro dos meses de abril/2014 a março/2015, conforme informações da concessionária responsável pelo abastecimento de água da região (COPASA), é mostrado no gráfico da Figura 4:

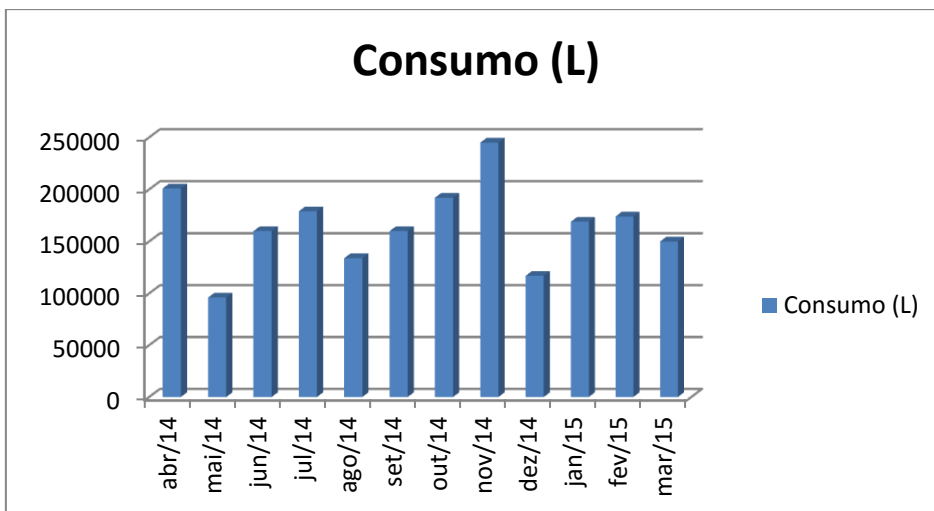


Figura 4: Gráfico do consumo em litros de água no empreendimento Varandas da Pampulha de abril/2014 a março/2015 (COPASA)

### 3 METODOLOGIA

O estudo proposto baseou-se no dimensionamento de um reservatório de sistema de captação e reuso de água não potável proveniente das coberturas no canteiro de obras localizado no bairro Santa Amélia, região da Pampulha, Belo Horizonte (MG). Foram utilizados dados pluviométricos da região para realizar os cálculos relativos ao dimensionamento das estruturas necessárias à captação, armazenamento e reuso.

Em um primeiro momento, será dimensionado um sistema de captação e armazenamento de água proveniente das coberturas das duas torres que estão finalizadas (torres 1 e 5). Com o sistema de captação já concluído, o volume captado será utilizado nas atividades do canteiro de obras das três torres ainda em construção (torres 2, 3 e 4).

Após a obtenção desses resultados, será avaliada a possibilidade de utilização desse reservatório pelos futuros moradores, nas atividades relativas ao condomínio, ocasião em que será necessário analisar se o reservatório anteriormente calculado será suficiente ou se haverá necessidade de um aumento da capacidade.

Para o dimensionamento do reservatório, serão utilizados os métodos dispostos e normatizados pela NBR 15527:2007. Conforme lição de May (2004), o reservatório é o ponto mais crítico do sistema, podendo levar a inviabilização do projeto se mal dimensionado. Ademais, devem ser construídos de forma que não fiquem sem uso por períodos longos e ainda não desperdicem água por, eventualmente, não comportarem o volume recebido por chuvas fortes.

Para dimensionar esse reservatório, será utilizado o método de Rippl, ou método do diagrama de massa.

## 4 MATERIAIS, MÉTODOS E RESULTADOS

### 4.1 MÉTODO DE RIPPL

Segundo Thomaz (2012), o método de Rippl, que também é conhecido como diagrama de massa, tende a superdimensionar o reservatório, pois tem como resultado final um volume de armazenamento visando uma vazão constante durante o período mais crítico (estiagem), mas é importante para a verificação do volume superior do reservatório de acumulação. Para a construção do diagrama de massa, podem ser utilizadas as séries históricas mensais ou diárias. O método é expresso como:

$$S(t) = Q(t) - D(t)$$

em que:

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

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

$D(t)$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ .

O volume do reservatório,  $V$ , se obtém de:

$$V = \sum S(t),$$

mas somente para valores  $S(t) < 0$ , isto é, para  $Q(t) < D(t)$

O cálculo do volume de água de chuva aproveitável se faz segundo a expressão:

$$Q(t) = C \times \text{altura precipitada}(t) \times \text{área de captação}$$

em que  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial ou *runnof*.

## 4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos utilizados no presente estudo foram obtidos do acompanhamento pluviométrico realizado na estação Sabará, localizada no município de Sabará/MG, que tem como responsável a Agência Nacional de Águas (ANA) e como operador o Serviço Geológico do Brasil (CPRM). A estação está localizada na sub bacia do Rio das Velhas, bacia do Rio São Francisco, , na latitude -19:53:35 e longitude -43:48:54, e na altitude 720 m.

A escolha da estação se deu em virtude de a mesma apresentar a maior série histórica dentre as estações mais próximas, com 72 anos de dados pluviométricos disponíveis, mesmo estando a uma distância de 27 km do empreendimento.

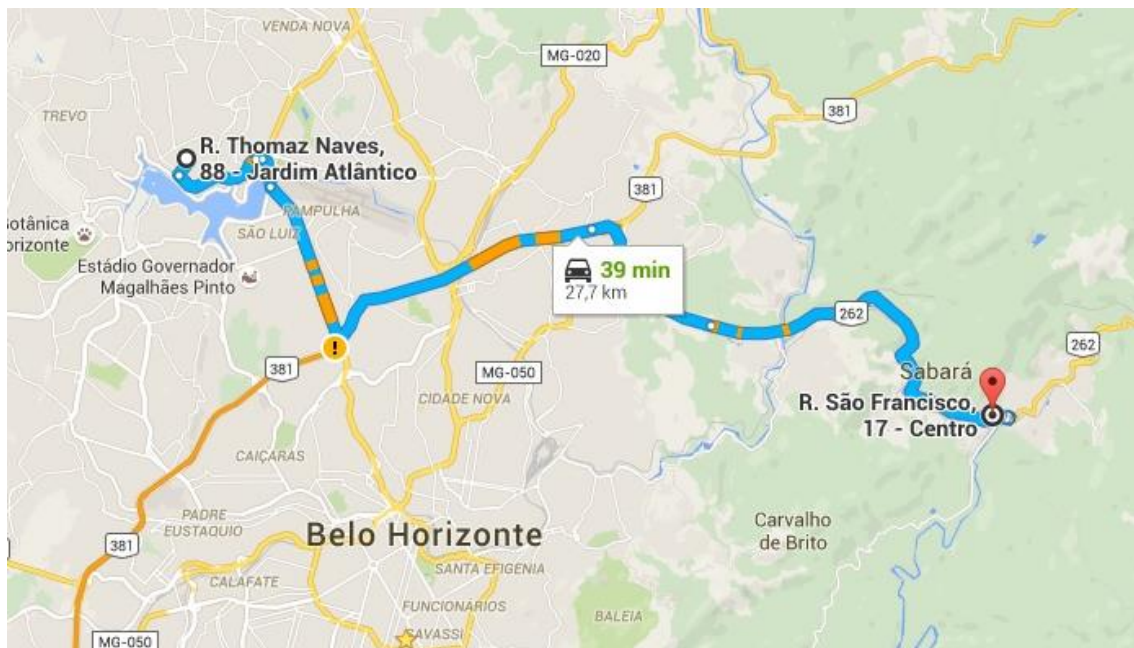


Figura 5: Distância entre estação pluviométrica e canteiro de obras. (GOOGLE MAPS)

## 4.3 TOTAIS ANUAIS PRECIPITADOS

Segundo Barbosa (2013), pode-se utilizar o método de Weibull para a análise de frequência de uma determinada série histórica. Nesse caso, as precipitações anuais são classificadas de forma decrescente e é atribuído um número de ordem para

cada uma. Desta forma, o evento com maior precipitação recebe o número de ordem  $m=1$ , e o evento com a menor precipitação recebe o número de ordem  $m=N$ , que coincide com o número total de anos observados na série histórica no caso da série anual. A probabilidade de excedência, então, pode ser calculada de acordo com a seguinte equação:  $\mathcal{F} = m / (n+1)$ .

Utilizando os dados da série histórica obtidos da estação de Sabará/MG, foi possível traçar o gráfico Precipitação vs. Frequência, de forma que, quando utilizada a escala de probabilidade no eixo das ordenadas, ou seja, para a Frequência das chuvas, obteve-se uma relação entre os totais anuais precipitados, e suas respectivas probabilidades de ocorrência. Para a plotagem do gráfico, utilizou-se o *software* Origin 6.0, e os dados da tabela a seguir:

ANO	P (mm)	P decrescente (mm)	M	$\mathcal{F}$	$\mathcal{F} \%$
1942	1473,6	2285,7	1	0,014	1,351
1943	1606,4	2064,2	2	0,027	2,703
1944	1286,4	1983,6	3	0,041	4,054
1945	1983,6	1979,3	4	0,054	5,405
1946	1119,2	1959,6	5	0,068	6,757
1947	1587,6	1912,5	6	0,081	8,108
1948	1560,7	1908,2	7	0,095	9,459
1949	1912,5	1899,6	8	0,108	10,811
1950	1103,6	1866,1	9	0,122	12,162
1951	1280,1	1857,1	10	0,135	13,514
1952	1959,6	1845,4	11	0,149	14,865
1953	1466,4	1839,3	12	0,162	16,216
1954	964,2	1822,7	13	0,176	17,568
1955	1703,3	1817,6	14	0,189	18,919
1956	1296,4	1786,4	15	0,203	20,270
1957	1839,3	1713,2	16	0,216	21,622
1958	1210,8	1703,3	17	0,230	22,973
1959	928,1	1698,6	18	0,243	24,324
1960	1314,4	1662,4	19	0,257	25,676
1961	1547,8	1659,8	20	0,270	27,027
1962	1979,3	1652,9	21	0,284	28,378
1963	508,5	1636,9	22	0,297	29,730
1964	1899,6	1606,4	23	0,311	31,081
1965	1786,4	1587,6	24	0,324	32,432
1966	1519,7	1585,8	25	0,338	33,784
1967	1153	1561,9	26	0,351	35,135



1968	1359,9	1560,7	27	0,365	36,486
1969	1352,9	1547,8	28	0,378	37,838
1970	1103,3	1525,3	29	0,392	39,189
1971	1217,7	1521,8	30	0,405	40,541
1972	1468,9	1521,3	31	0,419	41,892
1973	1561,9	1519,7	32	0,432	43,243
1974	1304,4	1512,6	33	0,446	44,595
1975	1350,8	1473,6	34	0,459	45,946
1976	1291,3	1468,9	35	0,473	47,297
1977	1294,7	1466,4	36	0,486	48,649
1978	1817,6	1438,4	37	0,500	50,000
1979	2064,2	1434,9	38	0,514	51,351
1980	1652,9	1413,1	39	0,527	52,703
1981	1413,1	1407,6	40	0,541	54,054
1982	1209	1359,9	41	0,554	55,405
1983	2285,7	1352,9	42	0,568	56,757
1984	1021,7	1350,8	43	0,581	58,108
1985	1908,2	1319,6	44	0,595	59,459
1986	1230	1315	45	0,608	60,811
1987	1512,6	1314,4	46	0,622	62,162
1988	1319,6	1304,4	47	0,635	63,514
1989	1525,3	1296,4	48	0,649	64,865
1990	1060,6	1294,7	49	0,662	66,216
1991	1636,9	1293,1	50	0,676	67,568
1992	1698,6	1291,3	51	0,689	68,919
1993	1049,4	1286,4	52	0,703	70,270
1994	591,4	1280,1	53	0,716	71,622
1995	1659,8	1259,5	54	0,730	72,973
1996	1259,5	1256,1	55	0,743	74,324
1997	1033,3	1230	56	0,757	75,676
1998	1434,9	1217,7	57	0,770	77,027
1999	1293,1	1210,8	58	0,784	78,378
2000	1713,2	1209	59	0,797	79,730
2001	1315	1153	60	0,811	81,081
2002	1662,4	1119,2	61	0,824	82,432
2003	1585,8	1103,6	62	0,838	83,784
2004	1866,1	1103,5	63	0,851	85,135
2005	1521,8	1103,3	64	0,865	86,486
2006	1407,6	1060,6	65	0,878	87,838
2007	1256,1	1049,4	66	0,892	89,189
2008	1857,1	1033,3	67	0,905	90,541
2009	1845,4	1021,7	68	0,919	91,892
2010	1521,3	980,8	69	0,932	93,243
2011	1822,7	964,2	70	0,946	94,595

2012	1103,5	928,1	71	0,959	95,946
2013	1438,4	591,4	72	0,973	97,297
2014	980,8	508,5	73	0,986	98,649

Tabela 3: Precipitações totais anuais e frequências de ocorrência – Estação Sabará.

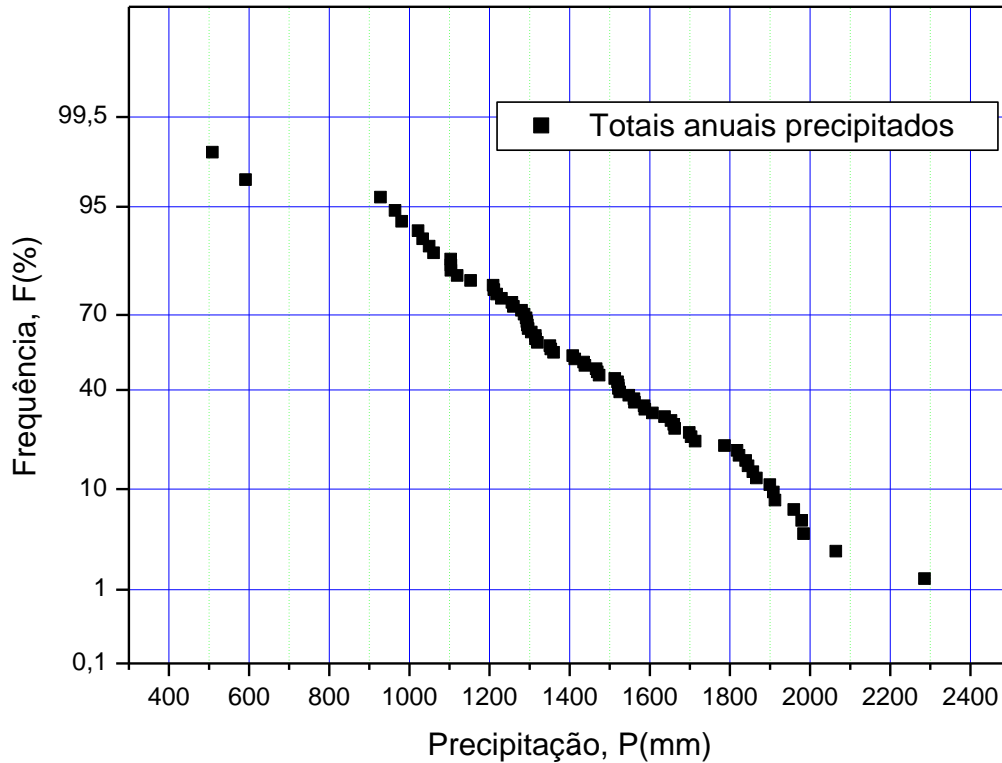


Figura 6: Gráfico de Frequência (%) vs. Precipitação Total anual (mm) – Estação Sabará

É possível observar no gráfico acima a ocorrência de dois eventos de precipitação, cujas magnitudes são muito inferiores às esperadas, conforme a tendência da distribuição de frequência. Isso se deu, provavelmente, porque os dados utilizados da estação, nos anos 1963 e 1994 (que apresentaram 508,5mm e 591,4 mm de precipitação, respectivamente) não estavam consistidos. Optou-se, então, por excluir os eventos relativos aos números de ordem 73 e 72, e obteve-se a nova tabela e o novo gráfico a seguir, utilizando-se os novos dados.

Ano	Precipitação (mm)	Precipitação Decrescente (mm)	M	ƒ	ƒ (%)
1942	1473,6	2285,7	1	0,014	1,389
1943	1606,4	2064,2	2	0,028	2,778
1944	1286,4	1983,6	3	0,042	4,167
1945	1983,6	1979,3	4	0,056	5,556
1946	1119,2	1959,6	5	0,069	6,944
1947	1587,6	1912,5	6	0,083	8,333
1948	1560,7	1908,2	7	0,097	9,722
1949	1912,5	1899,6	8	0,111	11,111
1950	1103,6	1866,1	9	0,125	12,500
1951	1280,1	1857,1	10	0,139	13,889
1952	1959,6	1845,4	11	0,153	15,278
1953	1466,4	1839,3	12	0,167	16,667
1954	964,2	1822,7	13	0,181	18,056
1955	1703,3	1817,6	14	0,194	19,444
1956	1296,4	1786,4	15	0,208	20,833
1957	1839,3	1713,2	16	0,222	22,222
1958	1210,8	1703,3	17	0,236	23,611
1959	928,1	1698,6	18	0,250	25,000
1960	1314,4	1662,4	19	0,264	26,389
1961	1547,8	1659,8	20	0,278	27,778
1962	1979,3	1652,9	21	0,292	29,167
1964	1899,6	1636,9	22	0,306	30,556
1965	1786,4	1606,4	23	0,319	31,944
1966	1519,7	1587,6	24	0,333	33,333
1967	1153	1585,8	25	0,347	34,722
1968	1359,9	1561,9	26	0,361	36,111
1969	1352,9	1560,7	27	0,375	37,500
1970	1103,3	1547,8	28	0,389	38,889
1971	1217,7	1525,3	29	0,403	40,278
1972	1468,9	1521,8	30	0,417	41,667
1973	1561,9	1521,3	31	0,431	43,056
1974	1304,4	1519,7	32	0,444	44,444
1975	1350,8	1512,6	33	0,458	45,833
1976	1291,3	1473,6	34	0,472	47,222
1977	1294,7	1468,9	35	0,486	48,611
1978	1817,6	1466,4	36	0,500	50,000
1979	2064,2	1438,4	37	0,514	51,389
1980	1652,9	1434,9	38	0,528	52,778
1981	1413,1	1413,1	39	0,542	54,167
1982	1209	1407,6	40	0,556	55,556
1983	2285,7	1359,9	41	0,569	56,944
1984	1021,7	1352,9	42	0,583	58,333
1985	1908,2	1350,8	43	0,597	59,722

1986	1230	1319,6	44	0,611	61,111
1987	1512,6	1315	45	0,625	62,500
1988	1319,6	1314,4	46	0,639	63,889
1989	1525,3	1304,4	47	0,653	65,278
1990	1060,6	1296,4	48	0,667	66,667
1991	1636,9	1294,7	49	0,681	68,056
1992	1698,6	1293,1	50	0,694	69,444
1993	1049,4	1291,3	51	0,708	70,833
1995	1659,8	1286,4	52	0,722	72,222
1996	1259,5	1280,1	53	0,736	73,611
1997	1033,3	1259,5	54	0,750	75,000
1998	1434,9	1256,1	55	0,764	76,389
1999	1293,1	1230	56	0,778	77,778
2000	1713,2	1217,7	57	0,792	79,167
2001	1315	1210,8	58	0,806	80,556
2002	1662,4	1209	59	0,819	81,944
2003	1585,8	1153	60	0,833	83,333
2004	1866,1	1119,2	61	0,847	84,722
2005	1521,8	1103,6	62	0,861	86,111
2006	1407,6	1103,5	63	0,875	87,500
2007	1256,1	1103,3	64	0,889	88,889
2008	1857,1	1060,6	65	0,903	90,278
2009	1845,4	1049,4	66	0,917	91,667
2010	1521,3	1033,3	67	0,931	93,056
2011	1822,7	1021,7	68	0,944	94,444
2012	1103,5	980,8	69	0,958	95,833
2013	1438,4	964,2	70	0,972	97,222
2014	980,8	928,1	71	0,986	98,611
Média	1466,4				
D. Pdr	304,8				

Tabela 4: Precipitações totais anuais e frequências de ocorrência excluindo-se os anos 1963 e 1994 – Estação Sabará.

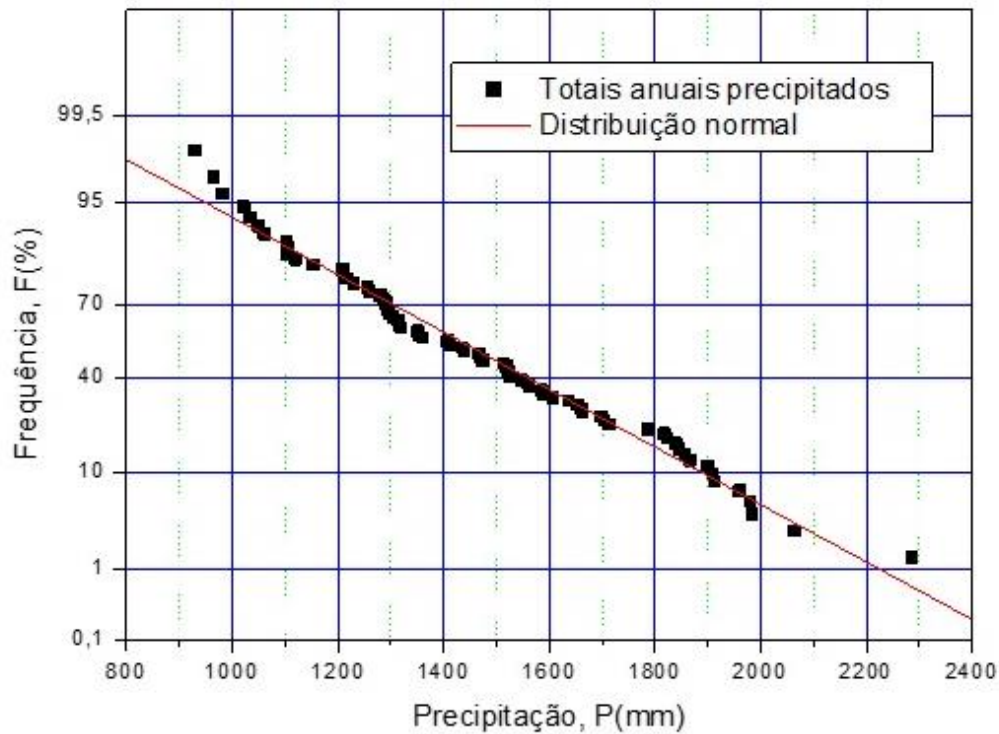


Figura 7: Gráfico de Frequência (%) vs. Precipitação Total Anual (mm), excluindo-se os anos de 1963 e 1994 – Estação Sabará.

Segundo o modelo de Weibull, o ano de 1959 apresenta um tempo de retorno igual a 72 anos, e o ano de 1963, uma probabilidade de recorrência igual a 50%, ou seja, um tempo de retorno de 2 anos.

Para o novo gráfico, utilizando ainda o *software* Origin, traçou-se a linha de distribuição normal, que, no papel de probabilidade utilizado, corresponde a uma reta.

A tabela 5 trata das precipitações médias, máximas e mínimas da série de 72 anos, dos meses de janeiro a dezembro. A partir desses dados, foi possível traçar as curvas de precipitações médias, máximas e mínimas, e interpretar as curvas que constam no gráfico 8. É possível perceber que os meses menos chuvosos na região de Belo Horizonte são os meses de maio a agosto, e em contrapartida, os meses com maiores precipitações são os meses de janeiro e dezembro.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1942	279,7	64,3	123,8	54,0	20,0	14,0	0,0	0,0	91,6	157,4	264,8	404,0	1473,6
1943	369,1	164,6	315,6	22,1	0,5	9,9	0,0	50,0	25,5	131,0	125,2	392,9	1606,4
1944	198,0	301,9	150,1	64,0	0,0	2,4	0,0	0,1	0,9	117,8	126,9	324,3	1286,4
1945	562,4	160,5	254,0	130,6	21,6	11,2	0,0	0,0	28,9	117,5	305,2	391,7	1983,6
1946	171,1	86,1	108,4	138,8	11,6	1,5	8,6	0,0	49,2	38,3	338,5	167,1	1119,2
1947	193,7	248,1	260,6	11,4	27,6	8,4	9,5	36,8	48,2	130,4	158,7	454,2	1587,6
1948	65,9	323,5	128,6	0,7	11,5	15,1	0,0	0,0	16,9	102,4	245,8	650,3	1560,7
1949	784,2	374,1	18,8	72,2	11,1	26,6	0,0	0,0	0,0	122,0	155,0	348,5	1912,5
1950	135,3	95,8	209,3	29,5	2,0	0,4	0,0	0,0	19,8	110,0	304,6	196,9	1103,6
1951	308,1	252,8	330,0	15,7	3,1	1,0	0,0	0,0	12,0	23,0	61,6	272,8	1280,1
1952	358,6	365,8	413,8	98,7	0,0	19,8	0,0	4,0	20,9	136,6	280,8	260,6	1959,6
1953	36,5	179,4	243,2	92,0	1,0	3,0	0,0	5,8	50,1	121,2	243,2	491,0	1466,4
1954	74,0	191,0	138,2	14,0	55,6	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	194,4	247,0	964,2
1955	493,3	136,0	83,0	80,0	90,0	4,0	0,0	0,0	0,0	186,0	198,0	433,0	1703,3
1956	19,0	119,0	219,0	34,0	66,0	64,3	7,0	16,0	6,0	66,0	148,1	532,0	1296,4
1957	259,0	247,3	153,0	133,0	71,0	12,0	0,0	0,0	95,0	1,0	277,0	591,0	1839,3
1958	272,0	151,0	81,0	63,0	35,0	0,0	56,0	1,0	73,8	206,0	72,0	200,0	1210,8
1959	155,0	90,6	185,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	181,0	155,0	157,0	928,1
1960	297,6	118,0	137,0	4,0	38,8	8,0	2,0	0,0	24,0	36,0	212,0	437,0	1314,4
1961	602,8	210,0	140,0	45,0	30,0	13,0	4,0	0,0	0,0	84,0	220,0	199,0	1547,8
1962	397,9	354,0	121,0	47,0	2,0	8,0	0,0	3,0	27,4	182,4	201,6	635,0	1979,3
1964	469,7	273,0	57,2	22,7	25,6	13,6	55,7	0,0	0,0	240,2	347,9	394,0	1899,6
1965	303,0	379,1	229,4	15,5	33,0	18,5	14,0	17,4	42,1	353,3	165,0	216,1	1786,4
1966	446,0	203,7	137,8	15,0	39,7	2,0	2,0	0,0	19,0	104,0	204,7	345,8	1519,7
1967	187,0	155,0	133,0	27,0	0,0	3,0	0,0	0,0	5,0	48,0	260,0	335,0	1153,0
1968	203,0	227,0	37,0	66,9	20,0	0,0	0,0	15,0	41,0	189,0	234,0	327,0	1359,9
1969	245,0	67,0	113,0	26,0	28,3	46,6	46,0	33,0	33,0	212,0	253,0	250,0	1352,9
1970	232,3	69,0	10,0	28,0	0,0	0,0	7,0	39,0	93,0	260,0	175,0	190,0	1103,3
1971	73,4	56,0	109,0	43,0	8,8	29,2	0,0	0,0	43,5	154,6	349,5	350,7	1217,7
1972	51,7	163,4	160,2	68,0	15,5	0,0	39,6	12,3	59,1	185,4	316,9	396,8	1468,9
1973	149,7	108,8	345,0	26,2	26,6	20,3	0,0	0,0	34,7	136,1	377,7	336,8	1561,9
1974	171,2	53,1	223,1	61,3	7,2	31,3	0,0	6,3	0,0	193,1	92,1	465,7	1304,4
1975	243,7	273,5	28,4	92,4	54,8	12,1	44,1	0,0	8,3	164,8	298,9	129,8	1350,8
1976	122,4	174,7	51,3	28,5	58,9	0,0	56,3	25,7	145,4	163,7	201,2	263,2	1291,3
1977	459,6	28,4	184,7	76,3	15,3	5,2	14,2	3,1	70,4	42,5	256,1	138,9	1294,7
1978	291,2	347,1	126,2	81,5	98,1	0,0	50,3	3,1	29,4	216,2	312,4	262,1	1817,6
1979	366,2	449,6	192,5	89,6	76,4	0,0	23,2	25,3	39,0	80,6	363,2	358,6	2064,2
1980	411,7	80,9	38,3	236,1	10,2	44,7	6,1	6,1	23,5	25,5	290,8	479,0	1652,9
1981	208,2	91,1	124,8	31,5	0,0	42,8	0,0	49,7	0,0	125,4	432,2	307,4	1413,1
1982	340,3	60,1	326,3	19,3	33,5	4,1	0,0	0,0	13,6	89,6	67,0	255,2	1209,0
1983	582,3	205,6	269,2	110,7	58,7	15,2	59,0	0,0	114,9	221,8	357,7	290,6	2285,7
1984	75,0	21,5	122,4	29,8	0,0	0,0	0,0	33,9	67,5	35,4	165,6	470,6	1021,7
1985	684,7	168,0	361,0	109,8	32,5	5,1	0,0	0,0	30,3	73,5	160,6	282,7	1908,2

1986	258,2	212,1	60,7	73,8	64,7	3,1	27,7	49,2	7,0	0,0	111,8	361,7	1230,0
1987	186,5	31,6	169,0	158,6	67,8	50,6	8,5	7,0	82,1	55,1	176,3	519,5	1512,6
1988	260,7	257,0	141,6	66,1	50,8	0,0	0,0	0,0	36,4	80,6	166,2	260,2	1319,6
1989	210,1	187,9	181,7	0,0	0,0	78,2	65,5	20,4	59,1	153,5	263,5	305,4	1525,3
1990	96,5	157,9	154,3	57,7	71,7	0,0	9,2	34,0	9,2	129,8	183,1	157,2	1060,6
1991	582,9	176,6	175,8	52,1	24,5	0,0	0,0	0,0	55,9	104,4	239,6	225,1	1636,9
1992	607,9	143,0	68,6	67,1	40,9	0,0	0,0	0,0	93,7	107,8	219,8	349,8	1698,6
1993	96,3	177,6	41,5	113,5	0,0	0,0	0,0	0,0	106,2	60,6	109,1	344,6	1049,4
1995	122,3	253,7	217,7	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,5	157,9	199,0	611,7	1659,8
1996	154,4	199,0	129,6	28,8	13,2	0,0	0,0	10,8	26,6	63,4	320,2	313,5	1259,5
1997	149,6	12,3	62,3	71,9	4,4	8,1	0,0	0,0	19,2	95,6	149,7	460,2	1033,3
1998	284,3	174,3	80,7	35,4	89,4	1,3	0,0	31,0	33,9	146,9	276,6	281,1	1434,9
1999	191,9	58,3	229,6	13,2	1,7	1,4	0,0	0,7	21,4	76,1	359,6	339,2	1293,1
2000	366,3	363,4	157,8	37,9	10,1	0,0	9,8	33,6	68,2	79,1	289,7	297,3	1713,2
2001	193,1	25,5	117,5	40,0	26,9	0,0	5,6	29,5	72,6	115,9	278,9	409,5	1315,0
2002	398,4	320,4	96,5	44,7	28,3	0,0	6,3	1,4	87,4	32,9	185,4	460,7	1662,4
2003	741,0	124,5	157,6	16,6	18,0	0,0	0,7	4,7	18,4	33,7	219,9	250,7	1585,8
2004	505,1	306,1	232,6	147,4	30,5	21,8	55,5	0,0	0,0	58,1	108,5	400,5	1866,1
2005	223,5	192,0	345,1	31,8	35,2	15,7	3,3	9,3	132,0	22,7	272,5	238,7	1521,8
2006	124,2	124,8	308,6	61,1	22,3	3,4	7,1	15,2	67,2	69,9	323,7	280,1	1407,6
2007	380,9	130,3	63,0	93,7	13,0	0,0	7,9	0,3	2,3	204,7	148,9	211,1	1256,1
2008	254,7	184,2	259,9	219,3	1,4	4,3	0,0	17,5	89,8	65,1	224,2	536,7	1857,1
2009	289,8	112,3	252,3	52,0	55,3	34,8	0,0	19,7	99,8	286,1	164,8	478,5	1845,4
2010	138,6	70,3	198,4	82,3	36,9	0,0	0,0	0,0	43,3	208,1	448,2	295,2	1521,3
2011	272,8	84,1	288,3	101,7	0,0	10,7	0,0	0,0	1,5	180,1	316,0	567,5	1822,7
2012	298,3	28,5	217,4	40,7	94,3	22,6	0,0	0,0	15,1	24,3	261,6	100,7	1103,5
2013	330,3	101,0	145,6	115,3	66,7	16,3	0,0	0,0	32,3	118,6	113,7	398,6	1438,4
2014	73,4	15,2	209,6	102,8	25,6	8,4	53,5	5,0	0,0	126,6	204,4	156,3	980,8
MÉD	283,7	170,6	168,4	62,1	28,7	11,2	10,8	9,5	40,2	119,3	229,6	341,4	1475,6
MÁX	784,2	449,6	413,8	236,1	98,1	78,2	65,5	50,0	145,4	353,3	448,2	650,3	2285,7
MÍN	19,0	12,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	100,7	928,1

Tabela 5: Precipitações mensais médias, máximas e mínimas – Estação Sabará.

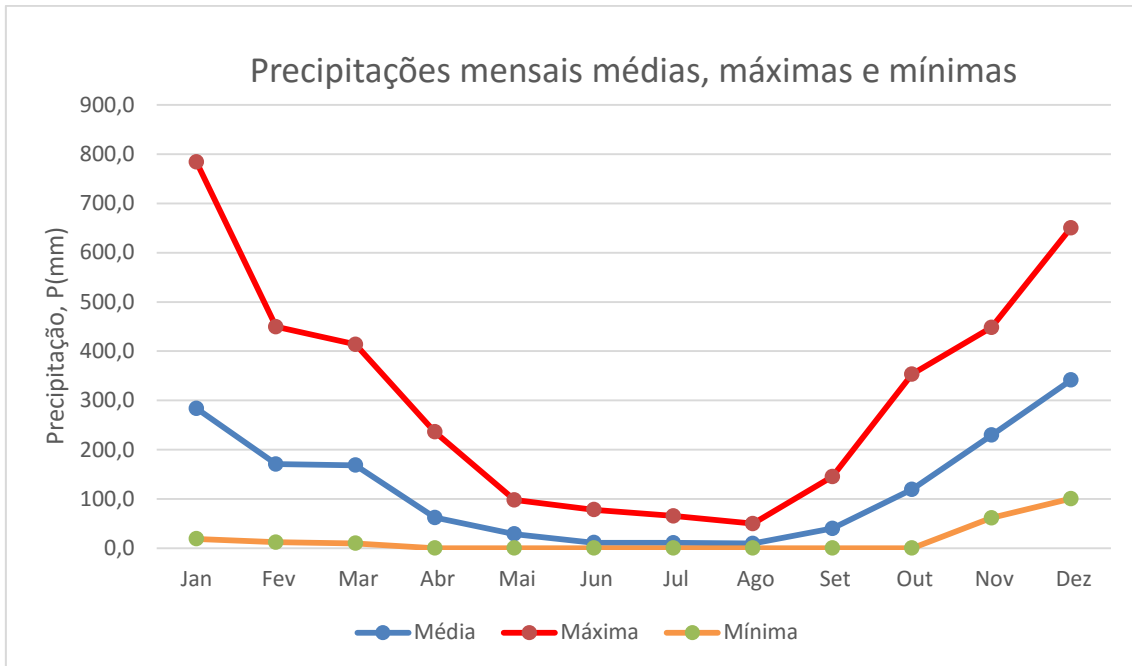


Figura 8: Gráfico das Precipitações mensais médias, máximas e mínimas – Estação Sabará.

#### 4.4 CONSUMO DO CANTEIRO

O consumo do canteiro de obras usado para o cálculo do reservatório foi baseado no consumo mensal do canteiro durante o ano de 2015, de janeiro a dezembro. Os dados do consumo foram obtidos através das faturas da concessionária de abastecimento de água, COPASA. O gráfico a seguir demonstra o consumo mensal do canteiro.

Mês	Consumo (L)	Dias entre medições	Média diária (L)
jan/15	169000	32	5281
fev/15	174000	27	6444
mar/15	150000	33	4545
abr/15	144000	30	4800
mai/15	170000	32	5313
jun/15	124000	29	4276
jul/15	186000	30	6200
ago/15	169000	32	5281
set/15	163000	30	5433
out/15	147000	29	5069
nov/15	183000	32	5719
dez/15	207000	30	6900

Tabela 6: Consumo mensal de água do canteiro de obras no ano de 2015.



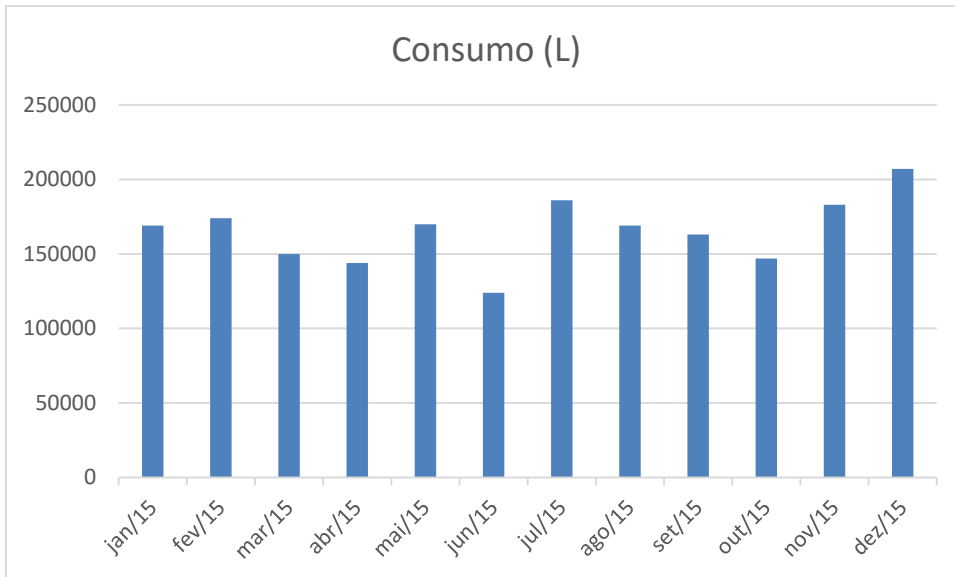


Figura 9: Gráfico do consumo mensal de água do canteiro de obras no ano de 2015

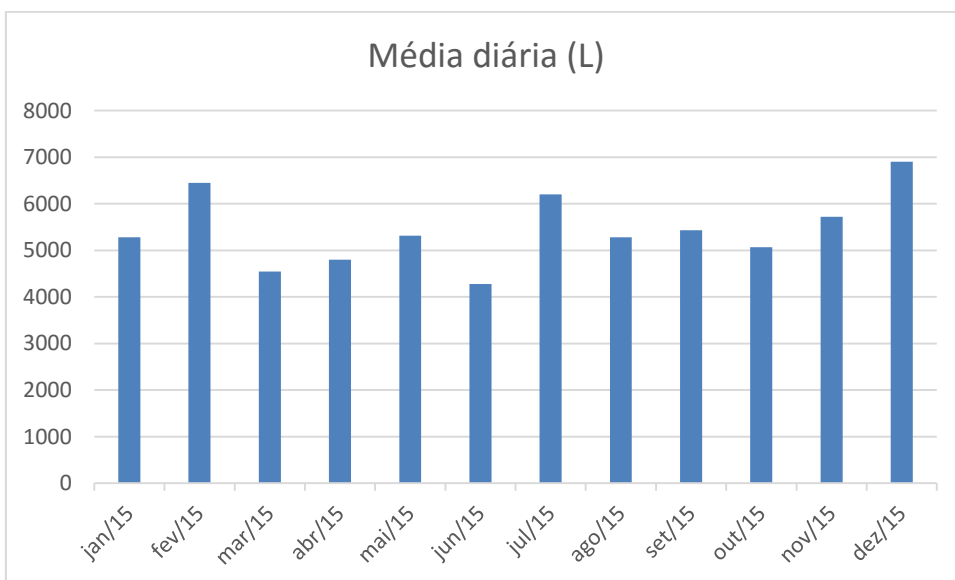


Figura 10: Gráfico da média diária de consumo do canteiro nos meses de 2015.

Os meses de janeiro, junho e novembro apresentaram os picos de consumo. Isso se deve ao cronograma da obra, tendo em vista que nesses meses foram executados alguns serviços que demandaram um consumo maior de água, como concretagens maiores, impermeabilizações de caixa d'água, revestimentos externos de fachada, entre outros.

Para efeito de cálculo, utilizou-se uma distribuição equânime do consumo, isto é, considerou-se que o consumo seria constante durante todos os meses do ano. O

valor utilizado para esse consumo foi, então, a média do consumo anual no canteiro no ano de 2015, conforme discriminado na tabela a seguir:

Volumes consumidos			
Mês	Vol. mensal (m <sup>3</sup> )	Vol. mensal acumulado (m <sup>3</sup> )	Distribuição Equânime (m <sup>3</sup> )
Jan	169	169	165,5
Fev	174	343	331
Mar	150	493	496,5
Abr	144	637	662
Mai	170	807	827,5
Jun	124	931	993
Jul	186	1117	1158,5
Ago	169	1286	1324
Set	163	1449	1489,5
Out	147	1596	1655
Nov	183	1779	1820,5
Dez	207	1986	1986

Tabela 7: Volumes de água consumidos no canteiro de obras em 2015.

#### 4.5 ÁREAS DE COBERTURA:

As áreas de cobertura foram obtidas a partir dos projetos arquitetônicos disponibilizados pela Construtora Valadares Gontijo e calculadas a partir do *software* AutCad. Para o cálculo referente ao reaproveitamento da água de chuva no canteiro de obras serão utilizadas apenas as áreas de cobertura dos blocos 01 e 05, pois, como descrito anteriormente, foram entregues na fase 1 do empreendimento, portanto se encontravam com o telhado concluído. Importante frisar que as áreas de cobertura dos blocos 02, 03 e 04 serão utilizadas no cálculo de vazão de contribuição para a futura instalação, que será utilizada para o reaproveitamento de água no condomínio para manutenção, limpeza e conservação. A Tabela 8 mostra a relação de áreas de cobertura por bloco do empreendimento:

Áreas de cobertura Edifício Varandas da Pampulha	
Área de cobertura bloco 01	274,6 m <sup>2</sup>
Área de cobertura bloco 02	274,6 m <sup>2</sup>
Área de cobertura bloco 03	272 m <sup>2</sup>
Área de cobertura bloco 04	148,8 m <sup>2</sup>
Área de cobertura bloco 05	148,8 m <sup>2</sup>

Tabela 8: Áreas de cobertura dos blocos do Edifício Varandas da Pampulha.

## 4.6 CÁLCULO DE VAZÕES

Como já descrito anteriormente, para o cálculo das vazões é utilizado o método de Rippl. Na Tabela 9 estão calculadas as vazões mensais provenientes das precipitações, de acordo com a equação do método racional. Foram calculados os volumes captados utilizando os dados dos anos de maior estiagem (1959) e estiagem média (1953). Os resultados são descritos nas Tabelas 9 e 10.

Cálculo dos volumes captados (Ano de 1959)					
Mês	C	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	Vol. mensal (m <sup>3</sup> )	Volume captado (m <sup>3</sup> )
Jan	0,8	155,0	423,4	52,5	52,5
Fev	0,8	90,6	423,4	30,7	83,2
Mar	0,8	185,5	423,4	62,8	146,0
Abr	0,8	0,0	423,4	0,0	146,0
Mai	0,8	0,0	423,4	0,0	146,0
Jun	0,8	0,0	423,4	0,0	146,0
Jul	0,8	0,0	423,4	0,0	146,0
Ago	0,8	0,0	423,4	0,0	146,0
Set	0,8	4,0	423,4	1,4	147,4
Out	0,8	181,0	423,4	61,3	208,7
Nov	0,8	155,0	423,4	52,5	261,2
Dez	0,8	157,0	423,4	53,2	314,4

Tabela 9: Volumes captados nos telhados dos blocos 1 e 5, tomando-se por referência o ano de maior estiagem de 1959.

Cálculo dos volumes captados (Ano de 1953)					
Mês	C	P (mm)	A (m <sup>2</sup> )	Volume mensal (m <sup>3</sup> )	Volume captado (m <sup>3</sup> )
Jan	0,8	36,5	423,4	12,4	12,4
Fev	0,8	179,4	423,4	60,8	73,1
Mar	0,8	243,2	423,4	82,4	155,5
Abr	0,8	92,0	423,4	31,2	186,7
Mai	0,8	1,0	423,4	0,3	187,0
Jun	0,8	3,0	423,4	1,0	188,0
Jul	0,8	0,0	423,4	0,0	188,0
Ago	0,8	5,8	423,4	2,0	190,0
Set	0,8	50,1	423,4	17,0	207,0
Out	0,8	121,2	423,4	41,1	248,0
Nov	0,8	243,2	423,4	82,4	330,4
Dez	0,8	491,0	423,4	166,3	496,7

Tabela 10: Volumes captados nos telhados dos blocos 1 e 5, tomando-se por referência o ano de estiagem média de 1953.

#### 4.7 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO PARA UTILIZAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRAS

Para o cálculo do reservatório, utilizaram-se as duas hipóteses descritas anteriormente: O ano de maior estiagem (1959) e o ano de estiagem média (1953). Os gráficos de consumo e volumes captados se encontram na Figuras 11 e 12.

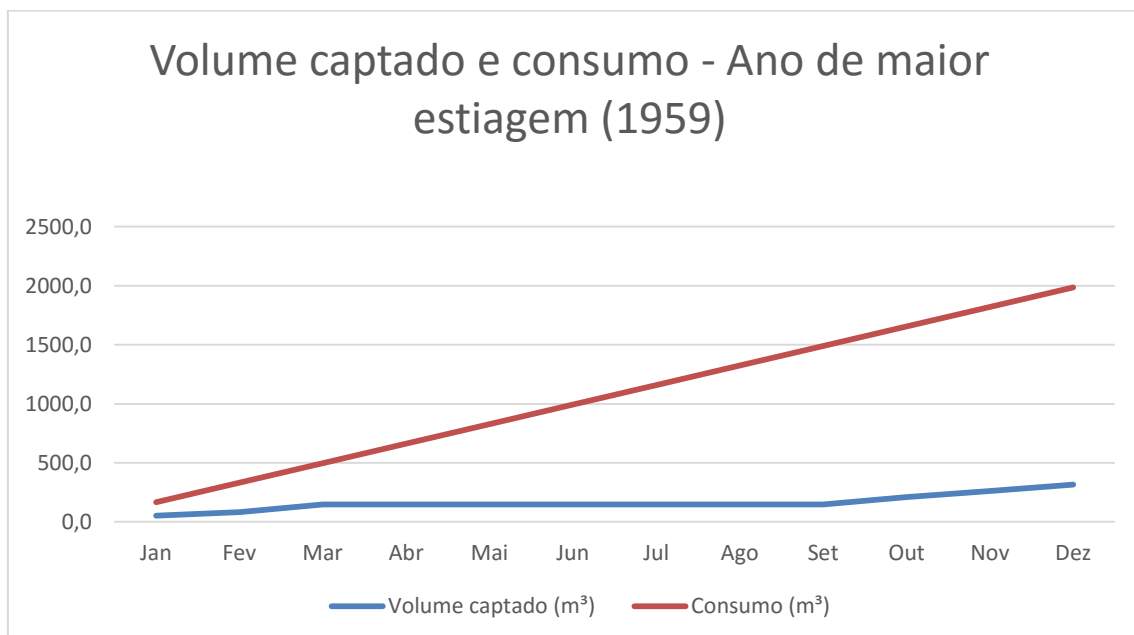


Figura 11: Gráfico comparativo do volume captado com o volume de consumo no ano de 1959.

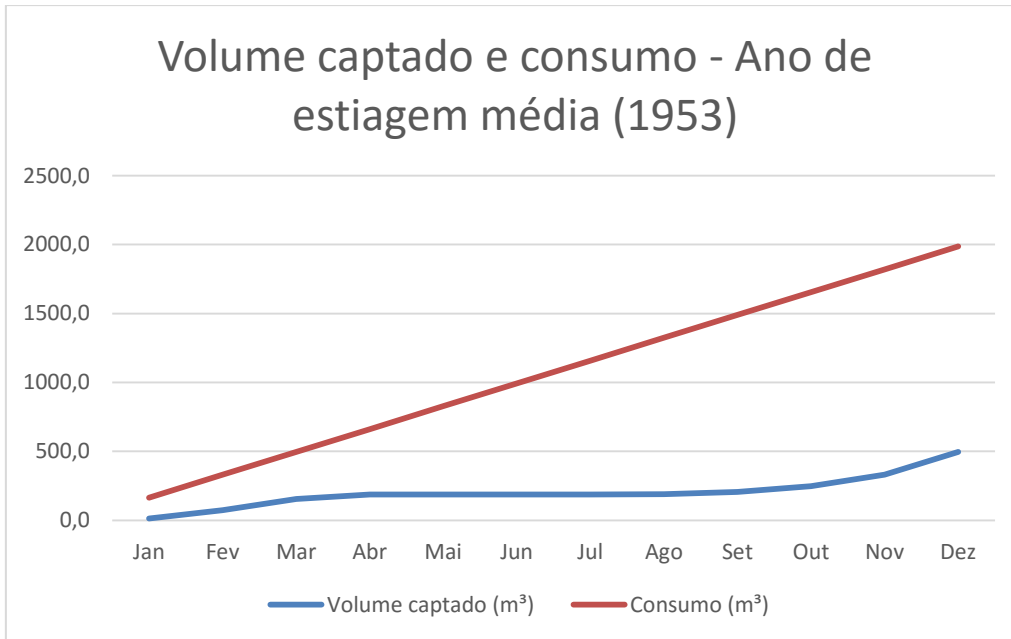


Figura 12: Gráfico comparativo do volume captado com o volume de consumo no ano de 1953.

Nota-se que, em ambos os casos, o volume captado atende apenas uma pequena parte demanda do canteiro de obras. Isso se deve ao fato de o consumo no canteiro ser muito alto, por se tratar de um método construtivo em que há grande utilização da água para a execução das tarefas, como já descrito anteriormente. Ademais, os telhados não estão completamente concluídos, apenas os da fase 1 do empreendimento (blocos 01 e 05), o que diminui a área de captação para menos da metade.

Conclui-se, assim, que embora possa haver uma diminuição do consumo de água proveniente da concessionária, com conseqüente minimização dos custos da obra, tal redução seria muito pequena e, provavelmente, poderia não justificar os investimentos financeiros. Contudo, após finalizado o empreendimento, o reservatório poderia ser utilizado pelo próprio condomínio, de forma a atender as necessidades de conservação do mesmo.

Sendo assim, o reservatório será dimensionado utilizando-se os dados de captação que incluem as futuras instalações do condomínio. Nesse caso, o consumo será aquele necessário para atender às necessidades de irrigação de gramados e

lavagem de pisos e pátios, principalmente. Para esse fim, faz-se, na sequência, o dimensionamento do reservatório.

#### 4.8 CONSUMO DO CONDOMÍNIO VARANDAS DA PAMPULHA

O cálculo do consumo do condomínio foi referenciado nas atividades que utilizarão o sistema de reaproveitamento de água. Decidiu-se que as atividades que utilizariam o sistema de reaproveitamento de água seriam as atividades de lavagem de garagens e rega de jardins.

Há uma norma técnica, utilizada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, SABESP, que direciona os cálculos da previsão de consumo de água em diversos casos. A NTS 181 orienta sobre a estimativa do consumo de água relativo à rega de jardins. Esse consumo é mensurado em 1,5 litros por m<sup>2</sup> de jardim.

Para o consumo relativo a lavagem de pisos de garagem, utilizam-se os dados descritos no artigo “Caracterização dos usos finais do consumo de água em edificações do setor hoteleiro de Brasília”, que relata o indicador de consumo de água, utilizando lavadoras de pressão, 2 vezes ao mês, para calçadas, baseando-se no setor hoteleiro do Distrito Federal. O consumo relativo a essas condições mostrou ser de 0,1 L/m<sup>2</sup>/dia. O mesmo valor foi utilizado para o cálculo de lavagem dos pisos de garagem (NASCIMENTO; SANT’ANA, 2014).

Esses dados serão utilizados para o cálculo da previsão de consumo do condomínio, utilizando as áreas de jardins a serem regados, área das calçadas e áreas das garagens a serem lavadas, sendo a área das calçadas de 519,2 m<sup>2</sup>, a área das garagens de 2224 m<sup>2</sup> e a área de jardins de 480,1 m<sup>2</sup>.

Para o cálculo das áreas de jardins e calçadas do Edifício Varandas da Pampulha, utilizou-se o *software* Autocad e as plantas baixas do empreendimento disponibilizadas pelas Construtora Valadares Gontijo.

Foi possível então quantificar a previsão de consumo mensal de água desse condomínio com tarefas relacionadas a lavagens de carros e pátios de garagem e rega de jardins. O volume a ser consumido foi calculado por uma simples regra de três, como descrito a seguir:

**Consumo das calçadas:**

1 m<sup>2</sup> de calçada - 0,1 L/dia

519,2 m<sup>2</sup> de calçada - X L/dia

$$X = 51,92 \text{ L/dia}$$

O consumo diário relativo à lavagem de calçadas é de 51,92 L/dia, o que representa, em 30 dias, um consumo mensal de 1557,6 L ou aproximadamente 1,6 m<sup>3</sup> de água.

**Consumo das garagens:**

1 m<sup>2</sup> de garagem - 0,1 L/dia

2224 m<sup>2</sup> de garagem - X L/dia

$$X = 222,4 \text{ L/dia}$$

A previsão de consumo para lavagem das garagens é de 222,4 L/dia, totalizando 6672 L ou aproximadamente 6,7 m<sup>3</sup> de água gastos por mês.

**Consumo dos jardins:**

1 m<sup>2</sup> de jardim – 1,5 L/dia

480,1 m<sup>2</sup> de jardim – Y L/dia

$$Y = 720,2 \text{ L/dia}$$

O consumo relativo à rega dos jardins do condomínio é de 720,2 L/dia, ou seja, de 21606 L por mês se considerado um mês com 30 dias. Esse volume representa aproximadamente 21,6 m<sup>3</sup>.

Sendo assim, a previsão mensal de gastos do condomínio Varandas da Pampulha, com as tarefas de lavagens de garagens e calçadas e rega de jardins totaliza 30 m<sup>3</sup>. Esse será o volume utilizado para os cálculos do volume do reservatório definitivo.

#### 4.9 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO PARA O CONDOMÍNIO

O reservatório do Condomínio Varandas da Pampulha foi dimensionado então pela construção do diagrama de Rippl. Duas hipóteses foram consideradas. Nos cálculos, os volumes a serem captados pelas áreas de cobertura do condomínio basearam-se nas séries anuais do ano de 1959 (o de menor precipitação total anual na Estação de Sabará) e do ano de 1953, que corresponde a um ano de precipitação total anual próxima à média, isto é, com recorrência de 2 anos. Para cada caso, o diagrama de Rippl foi construído com os dados das Tabelas 11 e 12.

O diagrama de Rippl da Figura 13, construído para as chuvas do ano de 1959, mostra que a capacidade mínima do reservatório para atender às necessidades de consumo fixadas para a rega de jardins e lavagens de calçadas e garagens é de aproximadamente 200m<sup>3</sup>.

Cálculo dos volumes precipitados (ano 1959)						Consumo Condomínio
Mês	C	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	Vol. mensal (m <sup>3</sup> )	Vol. captado (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )
Jan	0,8	155,0	1118,8	138,7	138,7	30,0
Fev	0,8	90,6	1118,8	81,1	219,8	60,0
Mar	0,8	185,5	1118,8	166,0	385,9	90,0
Abr	0,8	0,0	1118,8	0,0	385,9	120,0
Mai	0,8	0,0	1118,8	0,0	385,9	150,0
Jun	0,8	0,0	1118,8	0,0	385,9	180,0
Jul	0,8	0,0	1118,8	0,0	385,9	210,0
Ago	0,8	0,0	1118,8	0,0	385,9	240,0
Set	0,8	4,0	1118,8	3,6	389,4	270,0
Out	0,8	181,0	1118,8	162,0	551,4	300,0
Nov	0,8	155,0	1118,8	138,7	690,2	330,0
Dez	0,8	157,0	1118,8	140,5	830,7	360,0

Tabela 11: Cálculo do reservatório para o ano de 1959 (ano de mínima de recorrência aproximada de 20 anos).



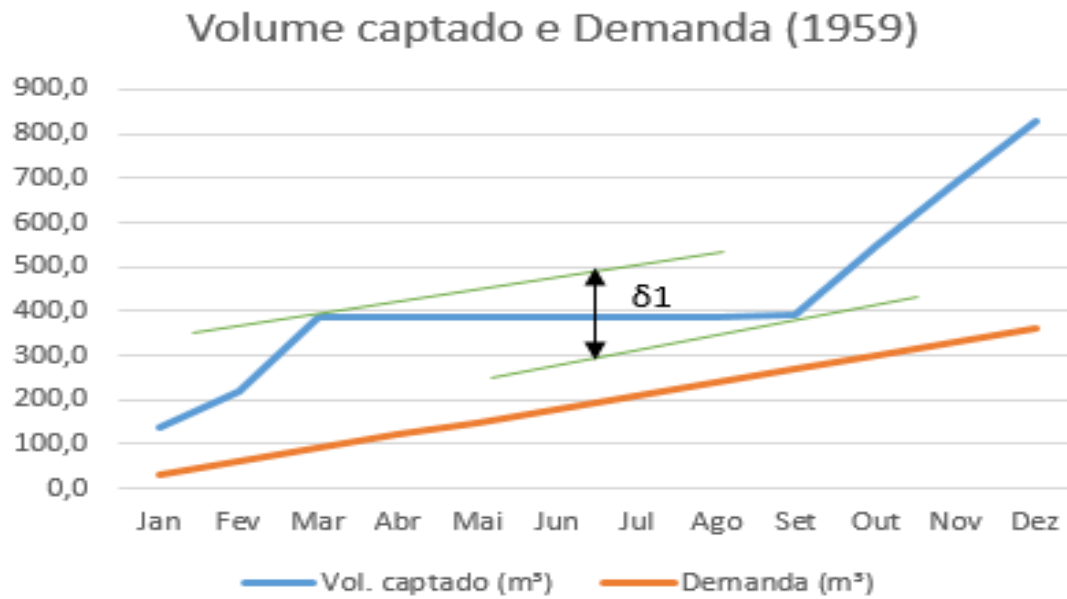


Figura 13: Diagrama de Rippl para o dimensionamento do reservatório de acumulação d'água com base no ano crítico 1959 (mínima de 20 anos de recorrência).

Essa estimativa do volume do reservatório é feita pela diferença entre as tangentes à curva dos volumes captados, que são paralelas à reta da demanda. A quantidade  $\delta_1$  indicada na Figura 12, que é a distância entre as duas tangentes em verde no gráfico, é igual a 200 m<sup>3</sup>. Esse é o volume do reservatório a ser construído suficiente para suprir a demanda do condomínio em um ano com a precipitação igual ou superior a do ano de 1959.

Cálculo dos volumes precipitados (ano 1953)						Consumo Condomínio
Mês	C	P(mm)	A (m <sup>2</sup> )	Vol. mensal (m <sup>3</sup> )	Vol. captado (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )
Jan	0,8	36,5	1118,8	32,7	32,7	30,0
Fev	0,8	179,4	1118,8	160,6	193,2	60,0
Mar	0,8	243,2	1118,8	217,7	410,9	90,0
Abr	0,8	92,0	1118,8	82,3	493,3	120,0
Mai	0,8	1,0	1118,8	0,9	494,2	150,0
Jun	0,8	3,0	1118,8	2,7	496,8	180,0
Jul	0,8	0,0	1118,8	0,0	496,8	210,0
Ago	0,8	5,8	1118,8	5,2	502,0	240,0
Set	0,8	50,1	1118,8	44,8	546,9	270,0
Out	0,8	121,2	1118,8	108,5	655,3	300,0
Nov	0,8	243,2	1118,8	217,7	873,0	330,0
Dez	0,8	491,0	1118,8	439,5	1312,5	360,0

Tabela 12: cálculo do reservatório para o ano de 1953.

Para o ano de precipitação média (1953), o cálculo do volume se faz analogamente ao descrito anteriormente. O valor encontrado para o reservatório de forma a suprir a demanda do condomínio num ano que chova similarmente ao ano de 1953 é igual a aproximadamente 130 m<sup>3</sup>.

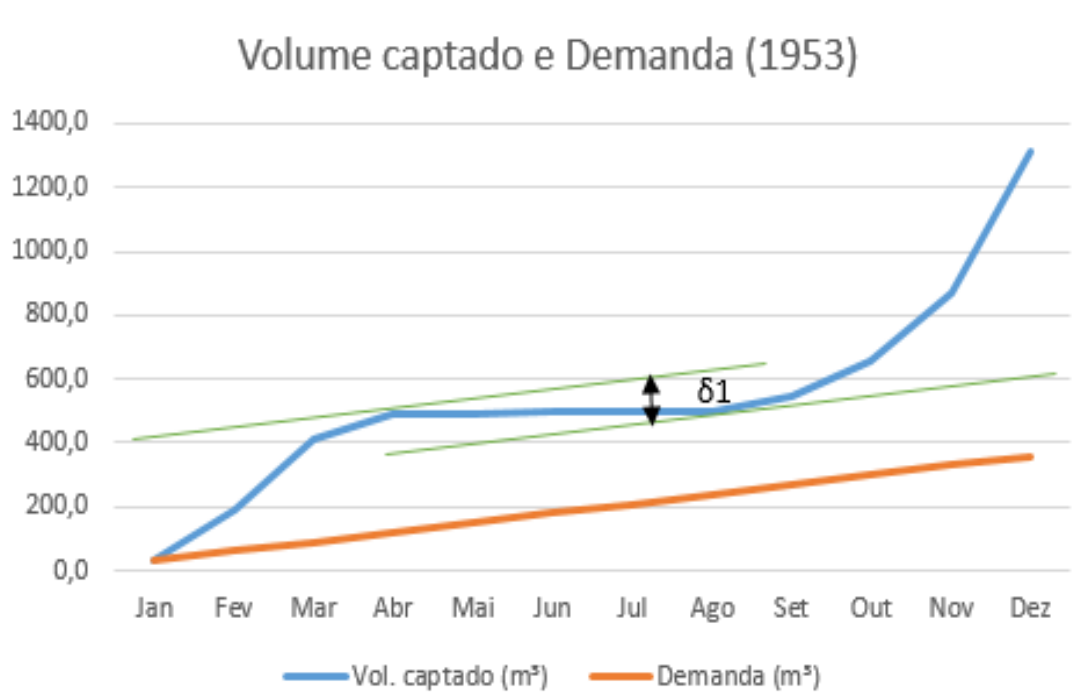


Figura 14: Diagrama de Rippl para o dimensionamento do reservatório de acumulação d'água, com base no ano médio de 1953 (2 anos de recorrência).

#### 4.10 ECONOMIA AO UTILIZAR O RESERVATÓRIO NA FASE DO CANTEIRO DE OBRAS

Na fase 1 do empreendimento, o consumo do canteiro de obras correspondeu a uma demanda muito superior às captações feitas pelos telhados dos blocos 1 e 5. Recorreu-se, então, ao cálculo do reservatório utilizando-se os dados de volumes captados na fase 2 do empreendimento, que apresentava uma área de telhados disponíveis para captação maior e um consumo menor, em relação a limpeza e conservação de garagens, calçadas e jardins.

Mesmo assim, é possível que se construa o reservatório com base nos dados do empreendimento na fase 1, para que a água possa ser captada e utilizada no canteiro de obras, antes de ser aproveitada pelo condomínio.

Utilizando-se os dados de consumo de 2015, para os volumes captados e para a demanda do canteiro de obras calculados anteriormente, é possível calcular a economia de água, pelo fato de se construir o reservatório antes e utilizá-lo em tarefas da obra. Para realizar os cálculos da quantidade economizada, partiu-se da hipótese de que todo o volume captado no mês é utilizado no mesmo período pelo canteiro. Foram utilizados os dados do ano de 1953 (chuvas com recorrência de 2 anos) e as tarifas praticadas em dezembro de 2015 pela concessionária que abastece a obra, a COPASA. Os resultados estão descritos nas Tabelas 13 e 14.

Tabela de tarifas industriais COPASA - Dezembro de 2015	
Mínimo (até 6 mil litros)	27,37
Faixas de consumo em mil litros	R\$/ mil litros d'água
6 a 10	4,56
10 a 20	7,99
20 a 40	8
40 a 100	8,09
100 a 600	8,31

Tabela 13: Tarifas industriais da COPASA em dezembro/2015.

Consumo e captação do canteiro - Ano de 2015			
Mês	Volume consumido (m <sup>3</sup> )	Volume captado (m <sup>3</sup> )	Volume a ser faturado (m <sup>3</sup> )
Jan	169	12	157
Fev	174	61	113
Mar	150	82	68
Abr	144	31	113
Mai	170	0	170
Jun	124	1	123
Jul	186	0	186
Ago	169	2	167
Set	163	17	146
Out	147	41	106
Nov	169	82	87
Dez	207	166	41

Tabela 14: Consumo e captação de água do canteiro de obras em 2015.

A Tabela 15 representa o faturamento desconsiderando-se a reutilização de água no canteiro de obras:

Consumo nas faixas de valores (em mil litros)						
Mês	Mín.	Valor Mín.	6 a 10	Valor de 6 a 10	10 a 20	Valor de 10 a 20
Jan	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Fev	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Mar	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Abr	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Mai	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Jun	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Jul	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Ago	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Set	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Out	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Nov	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99
Dez	6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99

Tabela 15: Consumo nas faixas de valores sem considerar a reutilização de água.

Consumo nas faixas de valores (em mil litros) Continuação						
20 a 40	Valor de 20 a 40	40 a 100	Valor de 40 a 100	100 a 600	Valor de 100 a 600	Valor mensal
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	69	R\$ 8,31	R\$ 1.344,50
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	74	R\$ 8,31	R\$ 1.386,05
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	50	R\$ 8,31	R\$ 1.186,61
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	44	R\$ 8,31	R\$ 1.136,75
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	70	R\$ 8,31	R\$ 1.352,81
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	24	R\$ 8,31	R\$ 970,55
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	86	R\$ 8,31	R\$ 1.485,77
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	69	R\$ 8,31	R\$ 1.344,50
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	63	R\$ 8,31	R\$ 1.294,64
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	47	R\$ 8,31	R\$ 1.161,68
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	69	R\$ 8,31	R\$ 1.344,50
20	R\$ 8,01	60	R\$ 8,09	107	R\$ 8,31	R\$ 1.660,28
Total						R\$ 15.668,64

Tabela 16: Consumo nas faixas de valores sem considerar a reutilização de água.

Já a Tabela 17 representa o faturamento considerando-se a reutilização de água no canteiro de obras:

Consumo nas faixas de valores (em mil litros)							
Mín.	Valor Mínimo	6 a 10	Valor de 6 a 10	10 a 20	Valor de 10 a 20	20 a 40	Valor de 20 a 40
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01
6	R\$ 27,37	4	R\$ 4,56	10	R\$ 7,99	20	R\$ 8,01

Tabela 17: Consumo nas faixas de valores considerando a reutilização de água.

Consumo nas faixas de valores (em mil litros) Continuação				
40 a 100	Valor de 40 a 100	100 a 600	Valor de 100 a 600	Valor mensal
60	R\$ 8,09	57	R\$ 8,31	R\$ 1.241,76
60	R\$ 8,09	13	R\$ 8,31	R\$ 881,08
28	R\$ 8,09	0	R\$ 8,31	R\$ 512,23
60	R\$ 8,09	13	R\$ 8,31	R\$ 877,79
60	R\$ 8,09	70	R\$ 8,31	R\$ 1.350,00
60	R\$ 8,09	23	R\$ 8,31	R\$ 962,11
60	R\$ 8,09	86	R\$ 8,31	R\$ 1.485,77
60	R\$ 8,09	67	R\$ 8,31	R\$ 1.328,17
60	R\$ 8,09	46	R\$ 8,31	R\$ 1.153,62
60	R\$ 8,09	6	R\$ 8,31	R\$ 820,53
47	R\$ 8,09	0	R\$ 8,31	R\$ 665,94
1	R\$ 8,09	0	R\$ 8,31	R\$ 293,80
Total				R\$ 11.572,80

Tabela 18: Consumo nas faixas de valores considerando a reutilização de água.

Os cálculos apontam uma possível economia de 26,14% no valor anual relativo ao consumo de água no canteiro. Esse percentual representa o montante de R\$ 4.095,84 por ano.

## CONCLUSÃO

A problemática do alto uso de água na construção civil no cenário brasileiro, aliado à ameaça constante da crise hídrica em todo o planeta direcionou o desenvolvimento do trabalho apresentado. A busca por uma solução simples dentro de uma rotina da construção civil motivou a pesquisa que teve como objetivo principal propor uma discussão acerca de formas de reutilização de água para fins não potáveis dentro de um canteiro de obras e no futuro condomínio construído onde antes era alocado o canteiro.

Durante a pesquisa, foi possível constatar que o uso irracional da água é um grande problema a ser tratado nos dias de hoje, não apenas na indústria da construção civil. Observou-se, ainda, que a água de chuva no bairro Santa Amélia, local do objeto de estudo de caso deste trabalho, apresenta ótima qualidade, medida em termos dos parâmetros físicos e biológicos, para a reutilização nos fins propostos.

Nos cálculos do dimensionamento dos reservatórios, chegou-se aos volumes de 200m<sup>3</sup> e 170m<sup>3</sup>, para precipitações baseadas nos anos de 1959 e 1953, respectivamente. Esses volumes seriam capazes de atender a demanda das futuras instalações do condomínio para precipitações iguais ou superiores às dos anos utilizados, e também seriam suficientes para captar água na fase 1 do empreendimento, diminuindo assim o volume de água proveniente da concessionária faturado no período que houvesse captação.

Ainda no estudo de caso, foi constatado que a água proveniente da captação nos telhados que já haviam sido finalizados não era suficiente para suprir todo o consumo do canteiro, mas poderia proporcionar uma economia de aproximadamente 26% no consumo anual, apenas por se utilizar um reservatório calculado com base em chuvoso médio (recorrência de 2 anos), para ser utilizado nas atividades de limpeza e conservação do futuro condomínio, também na fase de construção. Essa antecipação da utilização do reservatório possibilitaria uma economia para a construtora, além da minimização do impacto ambiental sobre um recurso tão escasso como a água.

O estudo sobre reaproveitamento de água na construção civil deve ser continuado, de forma a se encontrar uma solução definitiva para o uso irracional da água como acontece hoje na maioria dos métodos construtivos praticados em larga escala no Brasil.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, Simar Vieira; PEREIRA, Daniel José de Andrade. **Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008. Disponível em: <<<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5359>>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1guadachuva.pdf>>> Acesso em: 29 nov. 2015.

BARBOSA JR, Antenor Rodrigues. **Notas de Aula da Disciplina Hidrologia Aplicada**. 2015

CARDOSO, Manuelle Prado. Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva em Zonas Urbanas: Estudo de Caso no Município de Belo Horizonte – MG. Disponível em: <<<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/298M.PDF>>>. Acesso em 12 dez. 2015

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NTS 181: Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação**. Disponível em: <<<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica, 2004. Disponível em: <<[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde02082004122332/publico/simone\\_may.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde02082004122332/publico/simone_may.pdf)>>. Acesso em: 01 dez. 2015.

NASCIMENTO, Eduarda Aun de Azevedo; SANT'ANA, Daniel. **Caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações do Setor Hoteleiro de Brasília**. Disponível em: <<<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/download/733/539>>>. Acesso em 02 dez. 2015.

OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta de. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto - Ouro Preto, Minas Gerais**. 2008. Disponível em: <<<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456>>>



789/2213>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SEGALA, Mariana. **Água:** a escassez na abundância. Disponível em: <<<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/populacao-falta-agua-recursos-hidricos-graves-problemas-economicos-politicos-723513.shtml>>>. Acesso em 25 fev. 2016.

SISTEMA de informações hidrológicas. Disponível em: <<<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=1080&TipoReg=7&MostraCon=true&CriaArq=false&TipoArq=0&SerieHist=true>>>. Acesso em 02 dez. 2015.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva de cobertura em área Urbana para fins não Potáveis.** Disponível em: <<[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro%20Agua%20pague%20menos/livro\\_pague\\_menos/novo\\_120214/Capitulo%2003-Aproveitamento%20de%20%C3%A1gua%20de%20chuva.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro%20Agua%20pague%20menos/livro_pague_menos/novo_120214/Capitulo%2003-Aproveitamento%20de%20%C3%A1gua%20de%20chuva.pdf)>>. Acesso em: 07 jul. 2015.

\_\_\_\_\_. **Aproveitamento de Água de em áreas urbanas para fins não potáveis.** Disponível em: <<<http://ftp-acd.puc-campinas.edu.br>>>. Acesso em 09 jul. 2015.

\_\_\_\_\_. **Coeficiente de Runnof.** Disponível em: <<[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo%2005.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2005.pdf)>>. Acesso em 15 jul. 2015.

VARANDAS da Pampulha. Construtora Valadares Gontijo. Disponível em: <<<http://www.valadaresgontijo.com.br/>>>. Acesso em 19 jun. 2015.

VOLUME diário dos reservatórios do sistema paraopebas. Copasa Transparente. Copasa Transparente. Disponível em: <<<http://www.copasatransparente.com.br>>>. Acesso em 28 jun. 2015.

**ANEXO I**  
**Plantas do Edifício Varandas da Pampulha**