

FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

UANDERSON DE OLIVEIRA SILVA

WELINTON PAPALINO DE FREITAS

**O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E OS IMPACTOS SOBRE O
SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**

CARATINGA

2018

UANDERSON DE OLIVEIRA SILVA
WELINTON PAPALINO DE FREITAS

**O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E OS IMPACTOS SOBRE O
SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora do
Curso Superior de Engenharia Civil da
Faculdade Doctum de Caratinga como
requisito parcial para obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Hidrologia

Orientador: Prof. Eng. Esp. Sidinei
Silva Araújo

CARATINGA

2018

À Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele...

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me proporcionar saúde e força para superar as dificuldades.

A esta faculdade, seu corpo docente, direção e administração por propiciarem este momento.

Ao meu orientador Prof. Sidinei Silva, pela orientação, dedicação e paciência durante todo o processo.

A todos os meus familiares pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Uanderson de Oliveira Silva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus que está me dando à oportunidade de estar aqui e permitiu que tudo isso fosse possível me dando saúde e força para superar as dificuldades, que não foram poucas ao longo deste trabalho.

Gostaria de agradecer também a faculdade e todo o seu corpo docente, direção e administração que me ajudaram a tornar realidade o sonho de me formar.

Ao meu orientador Sidinei Silva Araújo, quero agradecer pelo suporte, pela paciência e pela compressão quanto às dificuldades que enfrentamos até aqui.

Aos meus pais, pelo apoio constante pelo amor pela compreensão em todos os anos deste curso.

E por fim gostaria de agradecer grandemente a todos que fizeram e fazem parte da minha formação mesmo que indiretamente, meu muito obrigado a cada um de vocês pelo apoio.

Welinton Papalino de Freitas

RESUMO

O processo de urbanização acelerado tem levado diversos problemas para os grandes centros, pois a infraestrutura existente nessas cidades não acompanhou esse crescimento. Um dos problemas mais recorrentes em centros urbanos é a questão das inundações provocadas por chuvas de grande intensidade seguido por um sistema de drenagem cuja capacidade está bem abaixo do que é necessário para drenar com eficiência o volume precipitado. Na busca por soluções que pudessem atenuar ou até mesmo resolver o problema, viu-se a possibilidade de reduzir a carga hídrica que atua nos sistemas de drenagem através da captação dos volumes precipitados em reservatórios. O objetivo principal dessa captação é evitar que esse volume de águas pluviais seja direcionado diretamente para a rede drenagem, reduzindo o volume de água que chega ao sistema de drenagem. Posteriormente esse volume captado poderá ser usado na residência para usos não potáveis. Para fins de comprovar ou não a eficácia do método será feito um estudo em um loteamento da cidade de Caratinga através de um levantamento acerca de todas as variáveis na captação e armazenamento das águas pluviais e a influência no sistema drenante.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Captação de água pluvial. Redução do volume escoado. Água de chuva.

ABSTRACT

The process of accelerated urbanization has led to several problems for large centers, as the existing infrastructure in these cities has not kept pace with this growth. One of the most recurring problems in urban centers is the issue of floods caused by heavy rains followed by a drainage system whose capacity is well below what is required to efficiently drain the precipitated volume. In the search for solutions that could attenuate or even solve the problem, it was possible to reduce the water load that acts on the drainage systems by capturing the volumes precipitated in reservoirs. The main objective of this abstraction is to avoid that this volume of rainwater is directed directly to the drainage network, reducing the volume of water that reaches the drainage system. Subsequently this captioned volume can be used in the home for non-potable uses. For the purpose of proving or not the effectiveness of the method, a study will be carried out in a subdivision of the city of Caratinga through a survey about all the variables in the capture and storage of rainwater and the influence on the drainage system.

Keywords: Urban drainage. Rainwater harvesting. Drainage volume reduction. Rain Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Distribuição de recursos hídricos	18
Figura 02: Ciclo hidrológico médio anual da terra	20
Figura 03: Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico	21
Figura 04: Visão macro de um PCA.....	23
Figura 05: Programa de conservação de água em edificações novas.....	24
Figura 06: Sistema de aproveitamento de água pluvial	25
Figura 07: Proporção da população urbana, por regiões - 1940/2000	28
Figura 08: Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana	32
Figura 09: Hidrograma de bacia rural e depois de urbanizada.....	34
Figura 10: Volume do reservatório dimensionado pelos métodos.....	51
Figura 11: Mapa do Loteamento Moacir Maria.....	52
Figura 12: Foto retirada de satélite do Loteamento Moacir Maria	53
Figura 13: Estação climatológica de Caratinga.....	54
Figura 14: Precipitação total do ano de 2017 em Caratinga.....	55
Figura 15: Tipologia de lote para dimensionamento do reservatório	59
Figura 16: Dados para dimensionamento dos reservatórios	61
Figura 17: Gráfico de simulação do dimensionamento do reservatório.....	61
Figura 18: Gráfico atendimento de água pluvial.....	62
Figura 19: Volume extravasado x volume do reservatório	62
Figura 20: Consumo de água pluvial x volume do reservatório.....	63
Figura 21: Resultado mensal do reservatório dimensionado.....	63
Figura 22: Comparativo do volume escoado com e sem a captação de água pluvial.....	64
Figura 23: Comparativo do volume escoado do telhado com volume captado pelo telhado	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tratamento necessário para diferentes usos de água	27
Tabela 02: Quantitativos das áreas do loteamento	56
Tabela 03: Valores do coeficiente de deflúvio, C.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Distribuição de água no mundo.....	16
Quadro 02: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis	27
Quadro 03: Classificação dos métodos de dimensionamento de reservatórios .	48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
P _c	Precipitação nos continentes;
E _v C	Evapotranspiração nos continentes;
ESS	Escoamento superficial;
ESB	Escoamento básico ou subterrâneo;
P _o	Precipitação nos oceanos;
E _o	Evaporação nos oceanos;
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ANA	Agência Nacional de Águas
PCA	programas de conservação de água
CBUQ	concreto betuminoso usinado à quente
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
FIESP	Federação das industriais do estado de São Paulo
SINDUSCON-SP	Sindicato da indústria da construção Civil do Estado de São Paulo
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
cm ³	centímetro cúbico
mm	milímetro
m	metro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
C	coeficiente de escoamento superficial
V	volume precipitado
V _{escoado}	volume de escoamento superficial
l	Litros

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização	13
1.2 Estrutura da monografia	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo Geral.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 A importância da água	16
2.2 Disponibilidade de recursos hídricos no Brasil.....	17
2.3 Gestão dos recursos hídricos e as águas pluviais.....	18
2.3.1 O ciclo hidrológico.....	19
2.3.2 Conservação das águas	22
2.3.3 Consumo da água da chuva	25
2.3.4 Qualidade da água.....	26
2.4 Urbanização e as águas pluviais no meio urbano	28
2.4.1 Crescimento demográfico	28
2.4.2 Planejamento urbano.....	29
2.4.3 Sistema de drenagem urbana.....	32
2.4.4 O uso sustentável da água em áreas urbanas	36
2.5 Captação de águas pluviais	37
2.6 Dimensionamento de reservatório	38
2.6.1 Método de Rippl.....	40
2.6.2 Método da simulação.....	41
2.6.3 Método Azevedo Neto	43
2.6.4 Método prático alemão	43

2.6.5 Método prático inglês.....	44
2.6.6 Método prático australiano.....	44
2.6.7 Programa Netuno.....	44
2.6.8 Comparativos dos métodos de dimensionamento	48
3. METODOLOGIA.....	52
3.1 Dados para o cálculo do escoamento superficial.....	55
3.2 Caracterização da tipologia de lote.....	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1 Cálculo do volume de escoamento superficial	60
4.2 Dimensionamento do reservatório pelo NETUNO 4	60
4.3 Comparativo do Volume de escoamento x volume de Captação	64
5. CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS.....	67
ANEXOS.....	71

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A diminuição dos recursos hídricos é um problema que perturba todo mundo. O uso dos recursos de forma desordenada, somado ao desperdício e ao grande crescimento da demanda são fatores que aceleram o crescimento do problema. Nosso país possui uma das maiores bacias hídricas do mundo, porém apresenta situações de severa escassez de água potável em diversas regiões.

O uso racional dos recursos hídricos é a chave para começarmos a resolver o problema além de incentivos vindos do governo para somar na luta contra esse grande problema. Aproveitar a água da chuva já é uma solução adotada por diversos países.

Diversos países têm investido em programas para construção de cisternas e sistema de captação de água da chuva, a se destacar, países como China, Nova Zelândia e Tailândia. Na China um programa desenvolvido pelo governo na província de Gansu, uma das mais pobres do país, atende aproximadamente 2,5 milhões de pessoas. Enquanto na Nova Zelândia beneficia 11% da população do país e na Tailândia, em 2000, 4,3% da população urbana e 25% da população rural o acesso a água era por meio do sistema de captação.

Essa tecnologia vem crescendo cada dia mais focada na conservação de água, pois assim temos economia da água potável distribuída pelas concessionárias e ainda temos embutido nessa tecnologia a possibilidade de se reduzir o volume de água no sistema de drenagem pública na situação de chuvas torrenciais em grandes cidades, onde a superfície tornou-se quase que por inteira impermeável.

Dentre as causas das enchentes no meio urbano, três se destacam que são: Impermeabilização do solo, erosão e disposição inadequada do lixo. Para a solução das enchentes tem se adotado métodos como sistemas de rápido escoamento das águas pluviais e de canalizações e retificações dos rios e córregos. Porém alguns autores alertam que este tipo de solução começa a se mostrar insuficiente, devido ao avanço da fronteira urbana e a impossibilidade de se aumentar indefinidamente a velocidade de escoamento.

As vantagens apresentadas para a captação de águas pluviais nas edificações urbanas são: redução do consumo de água potável do sistema público

que resulta em uma economia nas despesas por substituir parte da água potável por águas pluviais e a contribuição para o amortecimento das enchentes urbanas pela diminuição das vazões de pico afluentes no sistema de drenagem pluvial.

Campos (2004) sugere que o poder público se posicione quanto a incentivos para implantação de sistemas de captação de água para diminuição dos custos. O argumento utilizado seria as vantagens que o sistema proporcionaria para a comunidade, entre elas, a redução da quantidade de água potável demandada, o que permitiria um aumento do número de pessoas abastecidas por um único manancial; e a redução da água lançada no sistema de drenagem, diminuindo o risco de inundações.

Portanto na busca de soluções para os problemas da redução dos recursos hídricos e das inundações nos períodos de chuva, faz se necessário o domínio de diversas áreas dentro da engenharia como, por exemplo, a hidráulica e a hidrologia onde podemos compreender alguns detalhes da questão e propor soluções que possam minimizar os problemas ou até mesmo solucioná-los.

1.2 Estrutura da monografia

A monografia será subdividida em 5 (cinco) capítulos, conforme descrição que segue:

- Capítulo 1: Contém a contextualização com a introdução ao tema proposto, a estrutura proposta para o trabalho, os objetivos da pesquisa, geral e os específicos.
- Capítulo 2: Contém a revisão bibliográfica sobre a importância da água e a disponibilidade hídrica no Brasil, a gestão destes recursos hídricos e sua conservação e as águas pluviais neste contexto, os impactos da urbanização no sistema de drenagem e as águas pluviais nesse meio urbanizado, o sistema para captação da água de chuva e os métodos de dimensionamento do reservatório para a captação.
- Capítulo 3: Contém a metodologia da pesquisa, descrevendo os métodos a serem utilizados e a escolha do loteamento a ser analisado.
- Capítulo 4: São apresentados os resultados obtidos através da avaliação do

projeto através de gráficos e cálculos que serão analisados estatisticamente, os dados a serem estudados serão retirados de fontes confiáveis para alcançar resultados confiáveis.

- Capítulo 5: São apresentadas as considerações finais expondo o resultado obtido, com comentários sobre o assunto e se o resultado esperado foi alcançado, com sugestões para próximos estudos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é estudar o aproveitamento de águas pluviais e os impactos da captação das águas pluviais sobre o sistema de drenagem urbana. De forma a demonstrar a eficácia e benefícios da captação, armazenamento das águas pluviais e a redução do volume de água escoada para o sistema de drenagem dos centros urbanos.

1.3.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos do presente trabalho:

- Obter o volume de escoamento superficial no loteamento;
- Encontrar o volume ideal do reservatório de captação de água da chuva para o lote proposto;
- Definir quanto será impactado o sistema de drenagem se for captado a água da chuva.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A importância da água

A água é um elemento indispensável à vida, influenciando fortemente nossa cultura, nossa história, nossa forma de viver. Sendo constituinte de 70% do nosso corpo, presente em todos os ambientes possíveis. Bicudo *et al* (2010) afirma que a água é importante para toda vida na terra, desde o metabolismo dos organismos vivos até o equilíbrio dos ecossistemas, e também aplicada para biologia humana como na fisiologia, conforto e higiene.

Nos anos 60, o primeiro astronauta que circundou a Terra notou maravilhado, que o planeta era azul. Esta beleza singular deve-se, sem dúvida alguma, às grandes massas de água que constituem a hidrosfera do planeta e, em particular, aquelas que compõem os oceanos e mares, em cerca de dois terços da superfície do planeta. (BICUDO *et al*, 2010).

De acordo com Shiklomanov (1998) 97,5% do volume total de água da terra é salgada, formando os oceanos e cerca 2,5% é de água doce. Sendo que a grande parte dessa água doce que é 68,9% está sob a forma de grandes calotas polares e ou geleiras. Temos, portanto, que apenas 0,27% do volume de água doce da Terra está disponível para o uso humano, totalizando 0,007% do volume disponível no mundo, conforme o quadro 1.

Quadro 1: Distribuição de água no mundo

Reservatório	Volume (10 ³ km ³)	% do Volume Total	% do Volume de Água Doce
Oceanos	1338000,0	96,5379	-
Subsolo:	23400,0	1,6883	-
Água doce	10530,0	0,7597	30,0607
Água salgada	12870,0	0,9286	-
Umidade do solo	16,5	0,0012	0,0471
Áreas congeladas:	24064,0	1,7362	68,6971
<i>Antártida</i>	21600,0	1,5585	61,6629
<i>Groenlândia</i>	2340,0	0,1688	6,6802
<i>Ártico</i>	83,5	0,0060	0,2384
<i>Montanhas</i>	40,6	0,0029	0,1159
Solos congelados	300,0	0,0216	0,8564
Lagos:	176,4	0,0127	-
Água doce	91,0	0,0066	0,2598
Água salgada	85,4	0,0062	-
Pântanos	11,5	0,0008	0,0328
Rios	2,1	0,0002	0,0061
Biomassa	1,1	0,0001	0,0032
Vapor d'água na atmosfera	12,9	0,0009	0,0368
Armazenamento total de água salgada	1350955,4	97,4726	-
Armazenamento total de água doce	35029,1	2,5274	100,0
Armazenamento total de água	1385984,5	100,0	-

Fonte: Shiklomanov (1997)

Segundo Demanboro & Marioton (1999 apud LIMA, 2001) mais de 1 bilhão de pessoas, o que representa 1/6 da população mundial, não possuem água suficiente para o consumo doméstico e a partir de pesquisa realizada naquele ano, em 30 anos, haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta d'água.

2.2 Disponibilidade de recursos hídricos no Brasil

Conforme Lima (2001) o Brasil possui uma área de 8.512.000 km² e cerca de 157 milhões de habitantes, sendo o quinto país do mundo em extensão territorial e em população. Com dimensões continentais, os contrastes que existem em relação ao clima, à distribuição populacional, ao desenvolvimento econômicos e social, entre outros fatores, fazendo com que o país apresente os mais variados cenários.

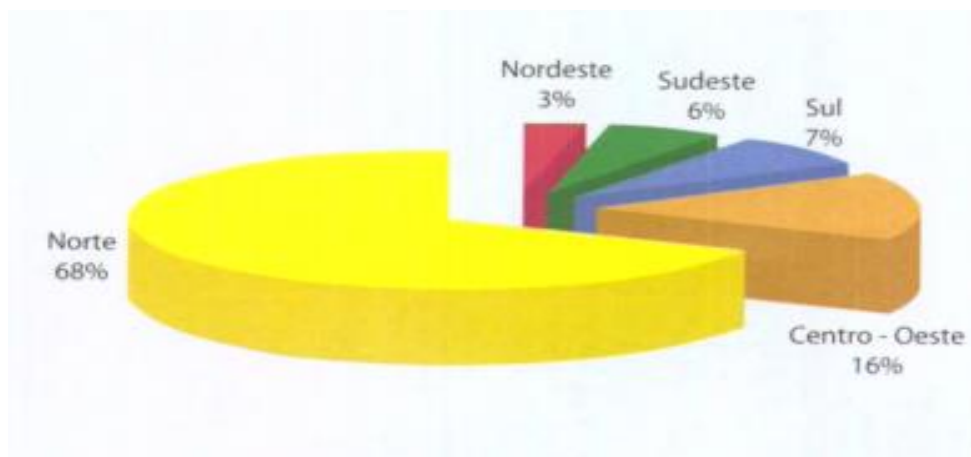
O Brasil sempre foi considerado um dos países mais ricos quando se trata de água, porém conforme Agência Nacional das Águas - ANA (2002) houve uma mudança nesse cenário, com crescimento demográfico e econômico, por meio das taxas elevadas de urbanização relacionadas com cheias e secas e degradação do meio ambiente hídrico, está resultando uma grande pressão sobre os recursos hídricos.

Lima (2001) aprofunda mais essa mudança de cenário, que esses eventos ocorreram principalmente a partir da década de 1950, citando o êxodo rural e a industrialização, que além de exercer aumento elevado na demanda por águas dos mananciais, impactou no aumento de produção de energia que levou a construção aproveitamentos hidrelétricos. O aumento da população implicou em uma maior demanda na produção de alimentos, utilizando a agricultura irrigada para suprir essa demanda.

Segundo Tucci (2001, p. 42) “Os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais, totalizando, como já salientado, 168.870 m³ /s”. Sendo que a disponibilidade de água não se encontra distribuída de maneira uniforme, onde temos um excesso de águas na região amazônica com cerca de 71,1% da vazão brasileira (sendo 36,6% da vazão na América latina e 8% do total mundial) em

contraste com escassez vivida na região nordeste. Conforme mostra a figura 1, sobre a distribuição hídrica no Brasil, assim como a desigualdade dessa distribuição.

Figura 1: Distribuição de recursos hídricos



Fonte: ANA (2006)

A água desperdiçada no Brasil representa cerca de 3,78 bilhões de metros cúbicos de água por ano, o que representa 45% da água ofertada à população. O volume de água distribuída para o abastecimento no Brasil é de aproximadamente 8,4 km³/ano, se reduzir essa perda para 25%, que representa 2,1 km³ de água, a economia seria de aproximadamente R\$ 1,02 bilhão por ano (LIMA, 2001).

2.3 Gestão dos recursos hídricos e a águas pluviais

O presente tópico procura abordar a cerca das águas pluviais, referente ao consumo e conservação das águas. O ciclo hidrológico é de extrema importância, pois dependendo das características da bacia, a presença de matas, impermeabilizações do solo etc; isso influencia no ciclo hidrológico. O consumo da água e qualidade, indicando para quais finalidades e os parâmetros da qualidade da água de chuva. A conservação da água preocupa com a preservação da água, dessa forma, o programa de conservação da água - PCA será estudado.

2.3.1 O ciclo hidrológico

Segundo Silveira (1993) “o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre”.

Segundo Pinto *et al.*(1976) no ciclo hidrológico a água se encontra em forma de vapor, de partículas líquidas e como gelo ou neve. No ciclo hidrológico existem alguns processos, como:

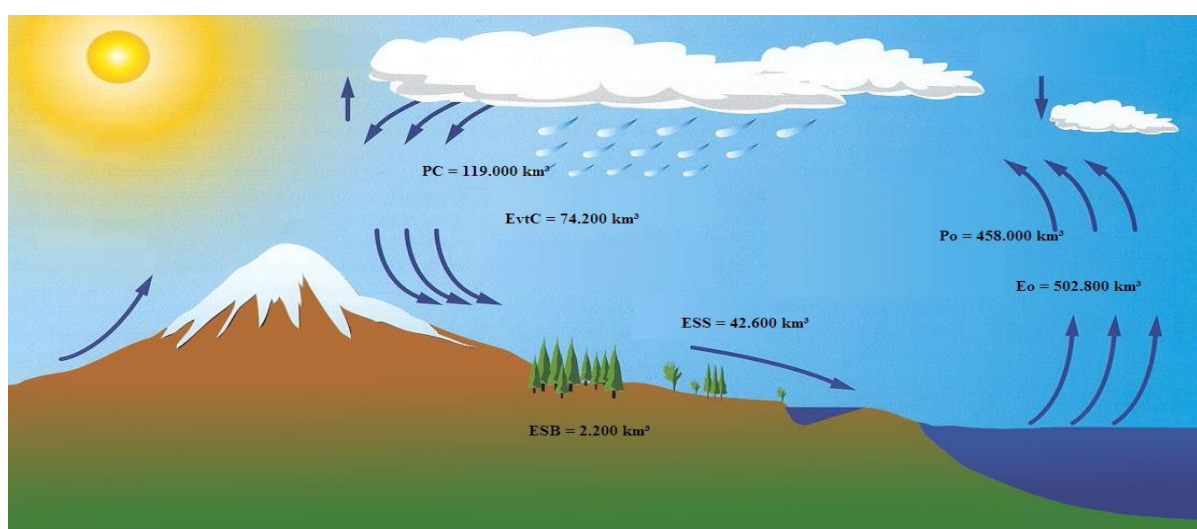
- a) **Condensação:** formação de gotículas de água, que pode variar por causa da temperatura, se ocorrer em temperaturas abaixo de zero, formam-se partículas de gelo originando o granizo, se a temperatura estiver abaixo do ponto de congelamento, forma-se neve;
- b) **Precipitação:** é a água originada do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre de qualquer forma como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada;
- c) **Interceptação:** parte da precipitação fica retida na vegetação;
- d) **Transpiração:** parte que evapora através das plantas;
- e) **Infiltração:** processo de penetração da água no solo;
- f) **Escoamento superficial:** parcela da água que escoam superficialmente, devido a saturação do solo quando a precipitação intensa atinge o solo excedendo sua capacidade de infiltração. Primeiramente, a água preenche as depressões do terreno até que ocorra o escoamento para os canais naturais formando os cursos dos rios;
- g) **Evaporação:** retorno da água em estado líquido para o estado gasoso, pela energia do sol ou outra fonte, é pela evaporação que se mantém o equilíbrio do ciclo hidrológico.
- h) **Evapotranspiração:** é a evaporação do solo e das plantas em conjunto.

As águas da terra encontram-se em permanente movimento, constituindo o ciclo hidrológico. Desde o início dos tempos geológicos o ciclo hidrológico constituiu-se pela transformação da água tanto em seu estado líquido ou sólido em vapor através da energia do sol pela ou pela transpiração de seres vivos, este vapor é levado a atmosfera onde sofre uma brusca queda de temperatura, se transformando

em nuvens, e posteriormente voltando à superfície da terra por meio da gravidade em forma de chuva, neve ou neblina. (LIMA, 2001).

De acordo com Silveira (1993) temos ainda que o sistema responsável pela circulação atmosférica é algo extremamente complexo e não linear dificultando a obtenção de previsões quantitativas, porém temos condições de calcular e estimar fatores como precipitação, evapotranspiração, e o escoamento superficial. A figura 2 demonstra como ocorre o ciclo hidrológico e a média anual da terra.

Figura 2: Ciclo hidrológico médio anual da terra



Fonte: Shiklomanov (1998)

Onde:

Pc = precipitação nos continentes;

$E_{vt}C$ = evapotranspiração nos continentes;

ESS = escoamento superficial;

ESB = escoamento básico ou subterrâneo;

P_o = precipitação nos oceanos;

E_o = evaporação nos oceanos.

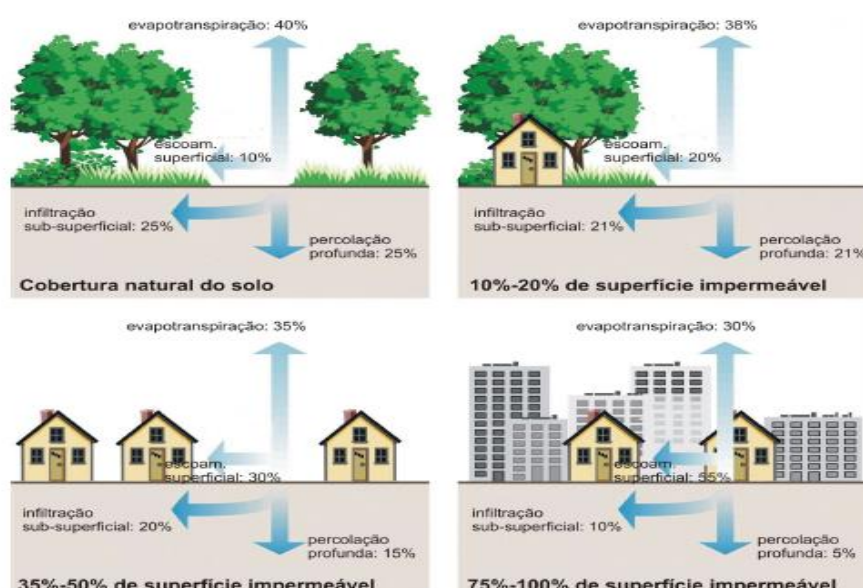
Conforme a figura 2, anualmente, cerca de 119.000 km³ de água são precipitados sobre os continentes e dessa precipitação, aproximadamente, 74.200 km³ ocorre a evapotranspiração, transformada em vapor voltando a atmosfera, 2.200 km³ formam o escoamento subterrâneo, desta forma, restando 42.600 km³ que forma o escoamento superficial, que representa em média o limite máximo de renovação do recursos hídricos em um ano (LIMA, 2001).

A chuva é um dos fenômenos do ciclo hidrológico mais presente nos grandes centros urbanos, quando ocorre a precipitação em locais onde a grande impermeabilização tem o aumento do escoamento superficial e posteriormente os alagamentos.

Segundo Tucci (1993) temos a precipitação máxima quando ocorre o evento de chuva com intensidade extrema, possuindo características como duração, distribuição temporal e espaciais críticas para uma determinada área ou bacia. As precipitações de grande intensidade podem atuar sobre os sistemas de drenagem provocando inundações, dentre vários outros problemas que afetam o cotidiano dos centros urbanos, o que traz a necessidade de se reforçar análise das precipitações compatíveis com o tipo de projeto. Podemos realizar medições dessas chuvas através de pluviômetros onde constituímos dados de determinada área, que dá origem a série histórica desse determinado local.

O ciclo hidrológico pode ser influenciado diretamente pela urbanização, pois se tem aumentado à cobertura impermeável conforme a figura 3. O volume de escoamento de águas pluviais pode aumentar em 2 a 16 vezes a sua taxa de pré-desenvolvimento, com redução da percolação e recarga do lençol subterrâneo (Environmental Protection Agency – EPA, 1998).

Figura 3: Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico



Fonte: Adaptado de EPA (1998)

Observa-se a mudança no ciclo hidrológico na figura acima para diferente porcentagem de impermeabilização do solo, situação que muitas cidades se

encontram com 75% a 100% de superfície impermeável e apresentam um escoamento superficial de 55%, se compararmos com a cobertura natural que representa 10% da precipitação.

Segundo Tucci (2005) por causa da urbanização, e conseqüentemente, a impermeabilização do solo são alteradas algumas variáveis do processo do ciclo hidrológico, tais como:

- Menor infiltração da água no solo;
- Aumento do escoamento superficial, por conta da redução da infiltração. O sistema de drenagem aumenta a velocidade do escoamento superficial e reduz o tempo de deslocamento. As vazões máximas também aumentam, dessa forma, a vazão máxima média de inundação pode ampliar de seis a sete vezes;
- Redução do escoamento subterrâneo, devido a redução da infiltração;
- Redução da evapotranspiração, em virtude da substituição da cobertura natural por áreas impermeabilizadas, as folhagens e o solo retém melhor a água em relação a área urbanizada.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes – DNIT (2005) o ciclo hidrológico deve ser tratado de forma particular para o dimensionamento das estruturas de drenagem, fatores como aguaceiros que podem danificar a estrada e prejudicar o tráfego, a transposição de pequenos talwegues que, por falta de registros fluviométricos, se utiliza de procedimento indireto, estabelece a relação chuva – deflúvio através de expressões matemáticas.

2.3.2 Conservação das águas

ANA, FIESP E SINDUSCON-SP (2005, p.14) definem o PCA (Programa de conservação de água) como:

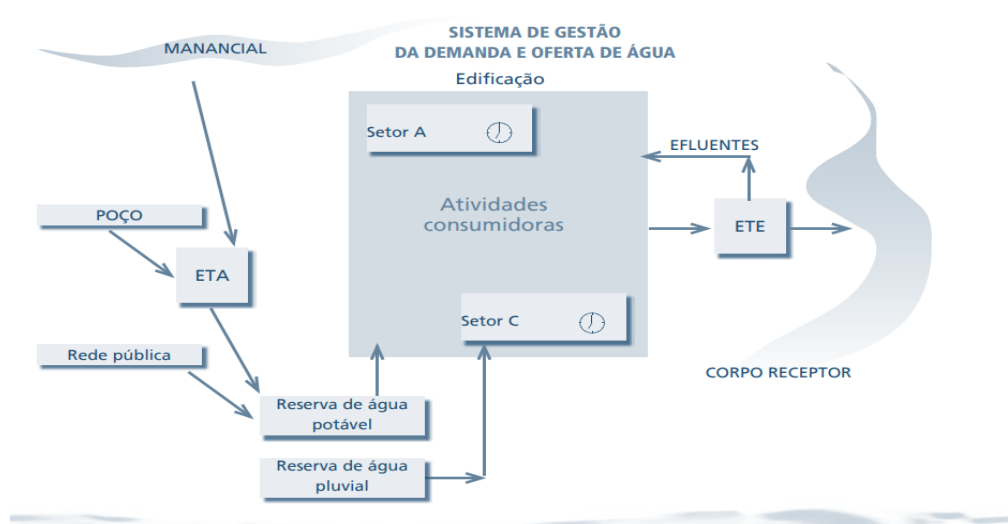
“conjunto de ações com o objetivo de otimizar o consumo de água com a conseqüente redução do volume dos efluentes gerados, a partir da racionalização do uso (gestão da demanda) e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade para atendimento das necessidades existentes (gestão da oferta), resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos, gerenciados por um sistema de gestão da água adequado.”

Para a implantação do programa é necessário conhecer a distribuição do consumo que dependerá do tipo de edificação e de acordo com cada edifício e suas peculiaridades existentes. As ações que definem a conservação da água são: (ANA, FIESP E SINDUSCON-SP, 2005).

- Redução da quantidade de água extraída em fontes de suprimento;
- Redução do consumo de água;
- Aumento da reciclagem e reuso de água;
- Redução do desperdício de água;
- Aumento da eficiência do uso de água.

Os fatores que levam a implantação deste programa esta na economia na redução do consumo de água, dos efluentes e conseqüentemente de outros insumos como energia e produtos químicos; redução do efeito da cobrança pelo uso da água e dos custos dos sistemas hidráulicos, como operação e manutenção; aumento da disponibilidade de água e pela responsabilidade social. A figura 4 apresenta a proposta e metodologia a ser implantada, visando à gestão de demanda.

Figura 4: Visão macro de um PCA

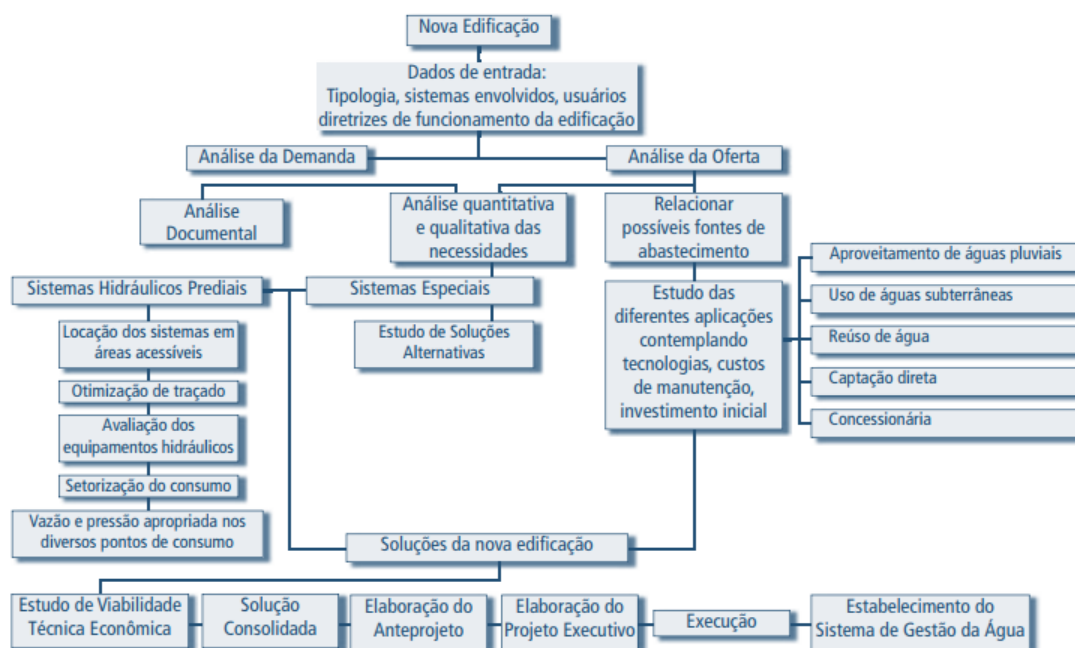


Fonte: ANA, FIESP E SINDUSCON-SP (2005)

A implantação do PCA em construções já existentes é possível, porém algumas limitações dentro da edificação pode inviabilizar o procedimento como a falta de espaço para sistema de reserva de água, primeiramente para implantação deve-se fazer uma análise como avaliação técnica, onde se analisa oferta e

demanda de água e solução viáveis técnica e economicamente. Abaixo temos um modelo de PCA para edificações novas (ANA, FIESP E SINDUSCON-SP, 2005).

Figura 5: Programa de conservação de água em edificações novas

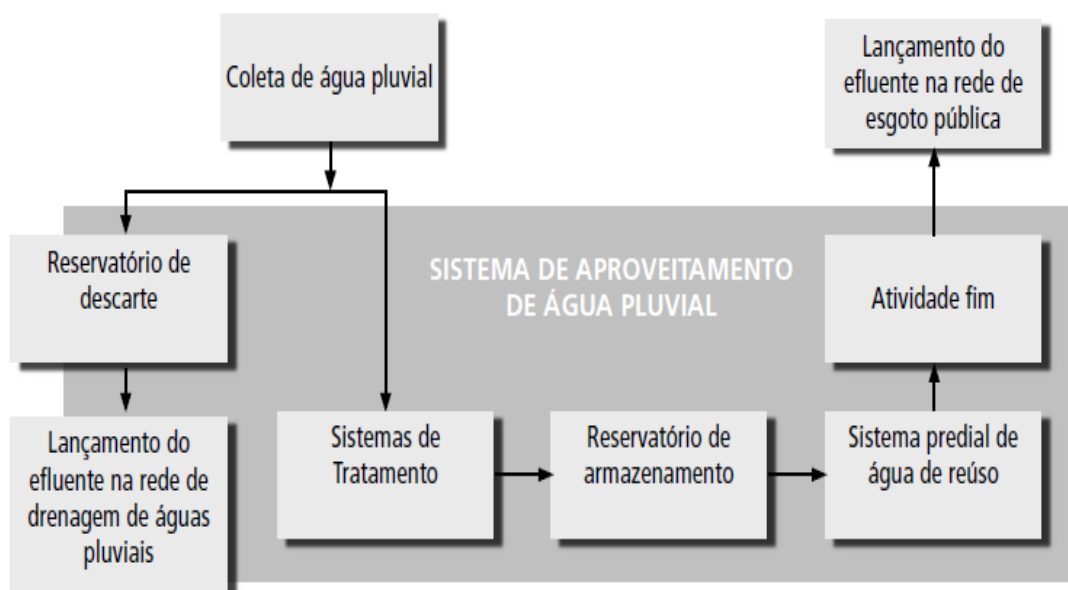


Fonte: ANA, FIESP E SINDUSCON-SP (2005)

Para a implantação em edificações já existentes temos de observar três etapas que é a auditoria e diagnóstico do consumo de água, definição e execução do plano de intervenção e a implementação de um sistema de gestão de água. Para termos uma otimização do consumo de água é preciso que os sistemas hidráulicos prediais e os sistemas para uso específico sejam pensados cada dentro da sua necessidade (ANA, FIESP E SINDUSCON-SP, 2005).

ANA, FIESP E SINDUSCON-SP (2005) citam algumas fontes alternativas de água para aproveitamento e reuso a ser analisada na implantação do PCA tais como, água cinza, água de drenagem de terrenos, água de reuso da concessionária, captação direta, águas subterrâneas e águas pluviais. A utilização das águas pluviais é muito comum em regiões áridas e semiáridas, necessitando uma gestão de qualidade e quantidade.

O sistema de aproveitamento de água pluvial para o PCA possui uma metodologia que envolve etapas de coleta, tratamento e uso conforme mostra a figura 6.

Figura 6: Sistema de aproveitamento de água pluvial

Fonte: ANA, FIESP E SINDUSCON-SP (2005)

2.3.3 Consumo da água da chuva

Conforme Ottoni, Costa e Carvalho (2017) o surgimento de novas tecnologias para o uso e gerenciamento de águas pluviais é algo que está ganhando uma grande força em todo o mundo seja em ambiente rural e ou urbano, devido a diversos fatores como a escassez de recursos hídricos em alguns locais ou pelo abastecimento ineficiente e pela perda de alguns mananciais pelo acúmulo de poluição. Em alguns países a captação de águas teve como principal objetivo controlar cheias e inundações.

Gomes *et al.* (2014) relata em seu artigo sobre a potencialidade de economia que a captação de águas pluviais pode oferecer em relação ao uso da água de rede de abastecimento em áreas urbanas. Um estudo demonstrou que, em uma região da Austrália com 450.000 habitantes, a construção de sistemas de captação de águas de chuva poderia adiar possíveis intervenções com construções de grandes infraestruturas hidráulicas por até 34 anos.

Devido ao agravamento das questões hídricas, vários setores de nossa sociedade têm visto o aproveitamento de águas pluviais como prática bastante

rentável tendo em vista a demanda de alguns setores que fazem o uso de grandes quantidades de água para suas operações diárias, muitas empresas fazem ainda o uso dessas práticas como uma forma de marketing de forma a agregar valor às mesmas (TOMAZ, 2010).

Segundo Tomaz (2010a) dentre as varias motivações para se usar águas pluviais, as principais são:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água;
- Região com disponibilidade hídrica menor que 1.200m³/habitante/ano;
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas. Retorno dos investimentos (payback) muito rápido;
- Instabilidade do fornecimento de água pública;
- Exigência de lei específica;
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses;
- Locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50.

2.3.4 Qualidade da água

As águas pluviais absorvem partículas existentes na atmosfera ao atravessá-la, dessa forma, as atividades predominantes da região influenciam nas características de impureza da chuva e da composição da atmosfera (MAY, 2004).

Gomes *et al.*(2014) através de análises de outros autores, relata que as principais fontes de contaminação são as áreas de captação do sistema de captação. Na avaliação da qualidade física e microbiológica da água os parâmetros avaliados excedem os limites estabelecidos pelos padrões de potabilidade.

A norma ABNT NBR 15527 (2007) estabelece alguns padrões de qualidade da água a ser definido pelo projetista em relação à finalidade do uso da água a ser captada conforme o quadro 2. A norma ainda define que para desinfecção da água pode-se utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado.

Quadro 2: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT NBR 15527 (2007)

Tomaz (2010a) define, além das prescrições da norma, alguns cuidados e padrões que podem ser seguidos, como:

- Não se recomenda em hipótese alguma a transformação da água de chuva em água potável em áreas urbanas. As águas fornecidas pelas companhias de abastecimentos são insubstituíveis;
- A utilização de filtros lentos de areia para remoção de parasitas, para águas pluviais destinadas para lavagem de roupas ou piscinas;

A finalidade do uso da água é que determinará se deverá ou não haver algum tipo de tratamento da água conforme a tabela 1 (CORDOVA, 2009).

Tabela 1: Tratamento necessário para diferentes usos de água

Uso Requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio e condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de bacias sanitárias, lavação de roupas e lavação de carros	Tratamento higiênico, devido ao possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e preparo de alimentos	Desinfecção para a água consumida direta e indiretamente

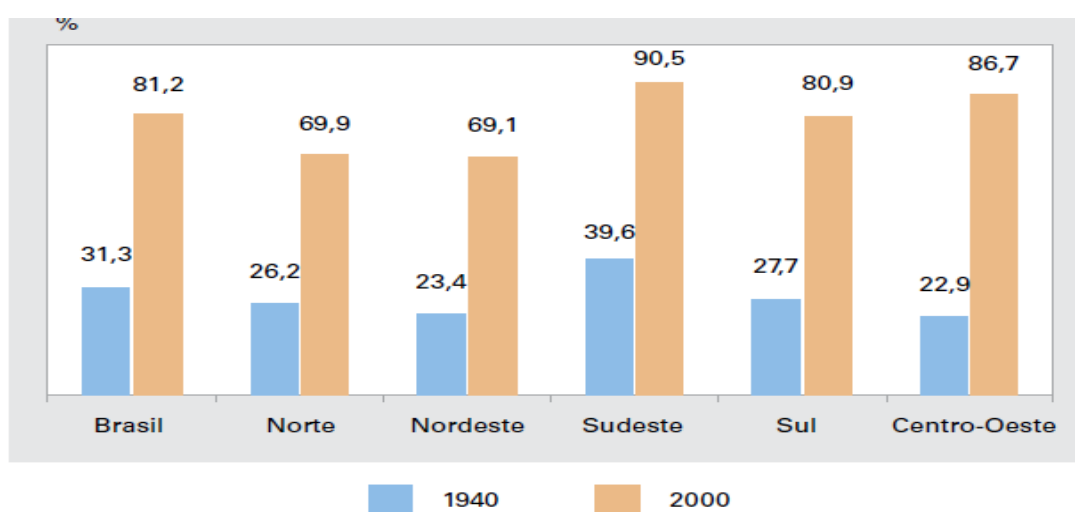
Fonte: Adaptado de Group Raindrops (2002) citado por Cordova (2009)

2.4 Urbanização e as águas pluviais no meio urbano

2.4.1 Crescimento demográfico

Nos últimos anos o crescimento populacional tem ganhado números cada vez mais significativos principalmente em grandes centros como, por exemplo, Belo Horizonte, São Paulo, entre outros. Como consequência desse crescimento, temos cada vez mais zonas de expansão que tendem a ir em direção as periferias o que gera um grande impacto sobre os recursos hídricos, tais como a falta de água que assola diversas cidades. Em 1940, o contingente de população urbana no Brasil correspondia a 12,8 milhões de habitantes e, em 2000 atingiu 137,9 milhões, tendo tal acréscimo de 125,1 milhões de habitantes resultado no aumento do grau de urbanização, que passou de 31,3%, em 1940, para 81,2%, em 2000 (IBGE, 2007). A figura 7 demonstra essa taxa de crescimento.

Figura 7: Proporção da população urbana, por regiões - 1940/2000



Fonte: IBGE (2007)

Segundo ainda IBGE (2007) os motivos que levaram a esse aumento pode-se citar a incorporação de áreas que em censos anteriores eram classificadas como rurais, o crescimento vegetativo nas áreas urbanas e a migração no sentido rural-urbano, das regiões agrícolas para os centros industriais.

Devido ao crescimento urbano nas ultimas décadas o Brasil se tornou um país urbanizado com 83% de população urbana, esse crescimento ocorreu principalmente nas regiões metropolitanas e cidades que se transformaram em polos

regionais. A taxa de crescimento nas periferias é muito elevada, com isso o crescimento desta população e seu adensamento são visto com preocupação (TUCCI, 2008).

Segundo Tucci (2002) a caracterização do crescimento populacional se dá pelo crescimento das periferias que tem sua expansão sem qualquer controle ou respeito ao plano diretor ou a normas de loteamentos, dificultando as ações de controle ambiental comprometendo cada vez mais os recursos hídricos disponíveis. Paralelamente a esse crescimento populacional temos um grande aumento da demanda no abastecimento de água e também uma relação direta com a ocupação desordenada do solo.

2.4.2 Planejamento urbano

“O planejamento urbano não pode ser restrito a uma disciplina específica, ninguém no Brasil se forma planejador urbano, torna-se planejador urbano” (DUARTE, 2013, p.14).

Segundo ainda Duarte (2013) o planejamento urbano está diretamente ligado a outros elementos como desenho urbano, urbanismo e gestão urbana, todos eles visando o estudo da cidade para determinar suas características como físicas, culturais e econômicas. Dentre as áreas de conhecimentos e metodologias que englobam o planejamento urbano estão conceitos de sociologia, de economia, de geografia, de direito, de administração e de engenharia.

No entanto Tucci (1997) relata que mesmo que o planejamento urbano seja composto por fundamentos de diversas disciplinas, na prática é realizado dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento. Por ignorar pontos essenciais e importantes, no planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, tem causado grandes transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente.

Em outro trabalho Tucci (2002) cita que é necessário levar em conta aspectos relacionados com a água, no uso do solo e na definição das tendências dos vetores de expansão da cidade no tocante ao planejamento urbano.

Segundo Cassilha e Cassilha (2009) o processo de urbanização envolve mudanças no ambiente para o ser humano habitar e desenvolver suas atividades. Dentre as mudanças que ocorrem no meio natural estão os desmatamentos, as modificações nos diversos ecossistemas, a impermeabilização e a erosão do solo, a poluição e posteriormente canalização dos rios. Grande parte dessas modificações ao meio natural acontecem sem o devido controle e a consequência das mudanças citadas são as diversas catástrofes naturais e alterações climáticas num nível global.

Na maioria dos processos de urbanização envolvem a remoção da cobertura vegetal, e principalmente, as matas ciliares as margens dos rios. A remoção causa o aumento do volume dos rios, pois uma das funções da cobertura vegetal é drenar e reter parte da precipitação, sobrecarregando os rios causando enchentes no meio urbano (CASSILHA E CASSILHA, 2009).

Segundo Tucci (1997) por meio do plano diretor da cidade é implementado o planejamento urbano, que utiliza a densidade habitacional como parâmetro de planejamento para cada subdivisão da cidade. Essa densidade é implementada através das seguintes restrições:

- **Índice de ocupação:** área ocupada em planta;
- **Índice de aproveitamento:** relação entre a área construída e a área do terreno.

De acordo com Tucci (2008) existem a cidade formal e a cidade informal em que, para a cidade formal é feito o planejamento urbano, e para a cidade informal é realizado a análise das tendências dessa ocupação. Os principais problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano são:

- O lançamento de esgotos na rede de esgotamento pluvial que escoam pelos rios das cidades, pela falta de tratamento desse esgoto, o que acontece em grande parte das cidades brasileiras;
- A implantação da rede de esgotamento sanitário, mas sem o sistema de drenagem, sofrendo frequentes inundações com o aumento da impermeabilização, isso ocorre em algumas cidades;
- Ocupação do leito de inundações ribeirinha, sofrendo frequentes inundações;

- Impermeabilização e canalização dos rios urbanos com aumento da vazão de cheia e sua frequência; aumento da carga de resíduos sólidos e da qualidade da água pluvial sobre os rios próximos das áreas urbanas;
- Deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes tem criado potenciais riscos ao abastecimento da população em vários cenários, e o mais crítico tem sido a ocupação das áreas de contribuição de reservatórios de abastecimento urbano que, eutrofizados, podem produzir riscos à saúde da população.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana é desenvolvido para estabelecer medidas sustentáveis na cidade, utilizando medidas não estruturais, principalmente a legislação, para os novos loteamentos e medidas estruturais por sub-bacia urbana da cidade. Os princípios que norteia o plano são as seguintes (TUCCI, 2003):

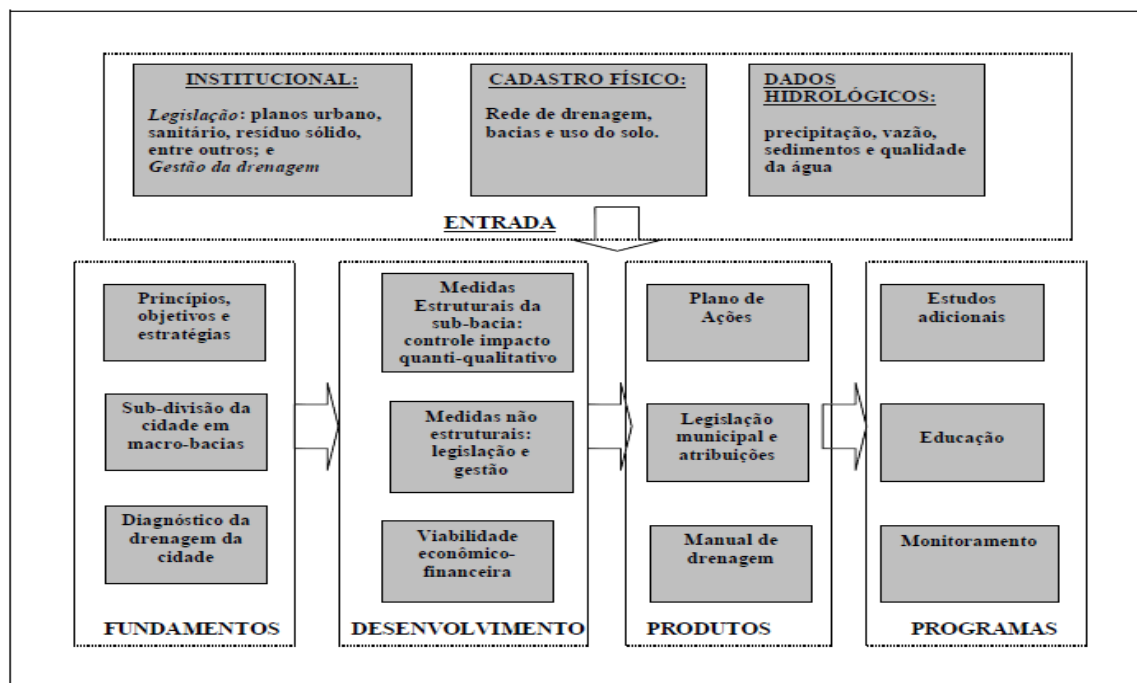
- Os novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão máxima de jusante;
- O planejamento e controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo;
- O horizonte de planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade;
- O controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana conforme Tucci (2002) se baseia em um conjunto de informações como mostra abaixo e conforme a figura 8:

- **Dados físicos:** informações das bacias hidrográficas e o uso e tipo de solo, cadastro de rede pluvial etc.;
- **Planos:** Plano de Desenvolvimento urbano da cidade, Plano de Saneamento ou esgotamento sanitário, Plano de Controle dos Resíduos Sólidos e Plano Viário;
- **Aspectos institucionais:** legislação municipal relacionada com o Plano Diretor Urbano e meio ambiente; Legislação estadual de recursos hídricos e Legislação federal; Gestão da drenagem dentro do município;

- **Dados hidrológicos:** precipitação, vazão, sedimentos e qualidade da água do sistema de drenagem.

Figura 8: Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana



Fonte: Tucci (2002)

Tucci (1997) lista objetivos que o Plano Diretor de Drenagem Urbana deve alcançar são eles:

- Planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e;
- Convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

2.4.3 Sistema de drenagem urbana

O processo intenso e desmedido de urbanização promove o uso inadequado do solo que é naturalmente o responsável por absorver parte dos deflúvios, porém devido a essa ocupação do solo estes volumes tendem a ocupar outras áreas gerando transtornos a sociedade (CANHOLI, 2014).

De acordo com Tucci (2002) as áreas urbanas podem sofrer impactos e inundações devido ao escoamento pluvial, isso acontece por causa de dois processos que ocorrem de forma isolada ou em conjunto, que são:

- **Inundações em áreas ribeirinhas:** Ocorrem quando a população ocupa o leito maior do rio, onde a ocorrência de inundação é de 1,5 a 2 anos;
- **Inundações devido à urbanização:** A frequência e o aumento da sua intensidade e magnitude esta relacionada com a impermeabilização, ocupação do solo e à construção da rede de condutos pluviais. A urbanização influencia também na produção de obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.

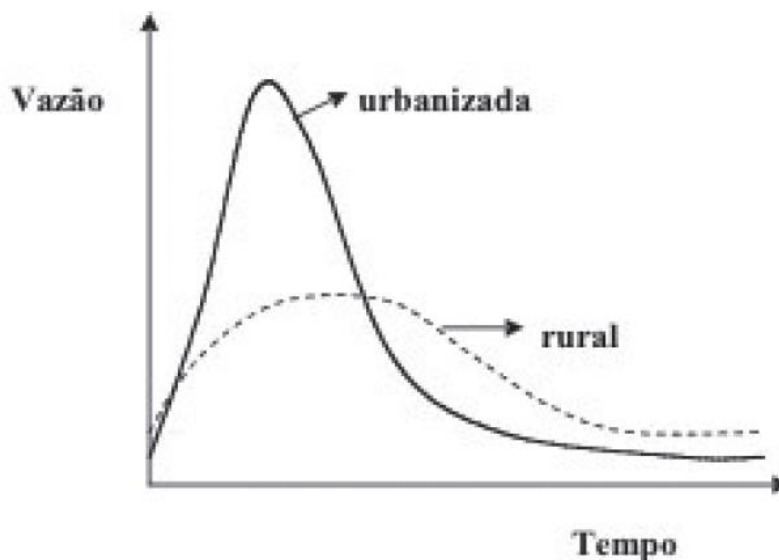
A política utilizada no Brasil de desenvolvimento e controle dos impactos quantitativos de drenagem consiste no conceito de escoar a água precipitada o mais rápido possível, conceito esse abandonado por países desenvolvidos ainda no início da década de 1970. Os projetos que se baseiam nesse princípio sofrem com o aumento das inundações a jusante devido à canalização (TUCCI, 2003).

Segundo Tucci (2008) com a urbanização de uma cidade, a cidade sofre os seguintes impactos:

- Aumento gigantesco das vazões máximas, conforme a figura 9, e da sua frequência devido ao aumento da capacidade de escoamento e a impermeabilização das superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos pela falta de proteção das superfícies e pela produção de resíduos sólidos;
- Devido à lavagem das vias públicas, transporte de material sólido e de ligações ilegais de esgoto doméstico e pluvial, ocorre a degradação da qualidade da água;
- Por causa da forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como: (a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; (b) redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; (c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixo e sedimentos; (d) projetos e obras de

drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem a jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

Figura 9: Hidrograma de bacia rural e depois de urbanizada



Fonte: Tucci (2008)

Todavia a engenharia responsável pela drenagem tenta de todas as formas solucionar a questão da perda dos espaços naturais de armazenamento de deflúvios, visando o aumento da velocidade de escoamento através do uso das canalizações, porém o aumento da velocidade de escoamento apenas transferiu o problema da falta de espaço de armazenamento dos deflúvios para a jusante, pois quando temos um menos tempo de concentração tendemos a ter picos de vazão, levando o problema das inundações a locais onde anteriormente não existia (CANHOLI, 2014).

De acordo com Tucci (1995) grande parte dos municípios exige que novos loteamentos possuam apenas um projeto de drenagem pluvial que seja capaz de drenar os volumes gerados pelo loteamento. A soma de impactos gerados por diferentes loteamentos aumenta à incidência de enchentes a jusante devido à sobrecarga dos condutos secundários que por sua vez sobrecarrega riachos e canais que possivelmente atravessam a cidade.

Assim temos a necessidade de que novos loteamentos tenham em seu planejamento medidas que possam controlar o escoamento ainda na sua fonte. A falta de planejamento nesse sentido é algo bastante presente nas pequenas e grandes cidades, e infelizmente depois de termos as áreas ocupadas de maneira

desordenada só resta soluções que grande maioria das vezes são extremamente caras (TUCCI, 1995).

Conforme Tucci (1995) são alguns dos elementos principais que são fundamentais para o dimensionamento dos sistemas de drenagem urbana como o levantamento e cadastro de redes já existentes, levantamentos topográficos, bem como mapas planialtimétricos em escala adequada, e realizar uma análise dos elementos relacionados à urbanização que compõe a bacia contribuinte na situação que se encontra e do ponto de vista do plano diretor, tais como:

- Tipos de ocupação (residências, comércios, praças, etc.);
- Porcentagem de ocupação dos lotes;
- Ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas.

Tal elemento tem forte influência no volume de escoamento superficial, bem como na evapotranspiração, e na infiltração. Sendo extremamente necessário conhecê-los a fim de conhecermos dimensionar um sistema que possa atender as necessidades da melhor forma possível.

Tucci (2002) relata as medidas de controle moderno e sustentáveis que podem ser adotadas conforme o estágio de desenvolvimento da área em estudo, são classificadas de acordo com componente de drenagem em medidas:

- **Na fonte:** que envolve o controle em nível de lote ou área primária de desenvolvimento, medidas como detenção de lote para controlar a vazão máxima, uso de área de infiltração e pavimentos permeáveis;
- **Na microdrenagem:** medidas adotadas em nível de loteamento, medidas como detenções que são reservatórios secos integrados ao meio urbano, e as retenções que são reservatórios com lamina de água para controle de pico e volume de escoamento, bem como a qualidade da água;
- **Na macrodrenagem:** medidas de controle nos principais rios da cidade, e utiliza soluções de detenções e retenções, como está descrito no item acima.

2.4.4 O uso sustentável da água em áreas urbanas

Conforme Gonçalves (2009) a sustentabilidade da água é um assunto coloca em discussão em todo mundo devido ao desafio de alcançar esse objetivo e que futuramente pode piorar a situação. O atual panorama hídrico mostra que devemos cada vez mais buscar usos mais racionais para os recursos hídricos, para que possamos garantir às futuras gerações a oportunidade de usufruir desses recursos.

O aumento da demanda e as mudanças climáticas são uns dos motivos da crescente escassez de água doce que está sendo considerada um risco imenso à economia. O uso sustentável da água depende de ações como a conscientização dos consumidores, iniciativas do setor privado, regulamentações governamentais e investimentos direcionados são muito importante (JACOBI E GRANDISOLI, 2017).

“O consumo de água residencial inclui tanto o uso interno quanto o uso externo às residências. As atividades de limpeza e higiene são as principais responsáveis pelo uso interno, enquanto o externo deve-se à irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e piscinas, entre outros. Estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que dentro de uma residência o maior consumo de água concentra-se na descarga dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos. Em média, 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis”. (GONÇALVES, 2009, p.26)

Segundo Gonçalves (2009) diante dos fatos, temos que o uso racional da água consiste em um uso de águas de qualidade inferior para suprir usos menos nobres, aliado a ações que possam promover a redução do consumo dentro das edificações, sem que haja alterações nas atividades cotidianas.

Ações que vão desde a conscientização dos usuários bem como o uso mecanismos aplicados diretamente no sistema de abastecimento como a utilização de bacias sanitárias mais econômicas. Com a intensificação dos debates a respeito do assunto vemos uma mudança no cenário da construção civil, onde as edificações sustentáveis vão ganhando cada vez mais espaço. “Uma nova geração de edifícios surge principalmente países industrializados, focando a melhoria da qualidade de vida do usuário final e a qualidade do ambiente. Trata-se dos greenbuildings (“edifícios verdes”) que apresentam características que potencializam a eficiência ambiental da edificação, destacando-se o uso racional da água e a conservação da energia.” (GONÇALVES, 2009, p.26).

2.5 Captação de águas pluviais

A falta de água é um dos problemas que mais afetam o mundo nos dias de hoje, esta questão pode de certa forma comprometer a sobrevivência, pois a água é um elemento de grande importância, presente em todas as áreas de nossa vida. Porém o consumo de forma desordenada aliado ao desperdício e crescente demanda intensificam a escassez da água potável. O Brasil possui uma das maiores bacias hídricas do mundo, porém a falta de água potável em algumas regiões se dá pelo desequilíbrio entre a distribuição, industrial e agrícola e a concentração de água (TOMAZ, 2010).

No Brasil temos como norma regulamentadora para captação e uso de águas pluviais a NBR 15227 (2007), esta por sua vez aponta requisitos para o aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis, podendo ser utilizada posteriormente para o uso em bacias sanitárias, lavagem de calçadas, lavagem de carros, irrigação de jardins, usos industriais e vários outros usos que não demandem de água com qualidade potável.

Infelizmente no Brasil o incentivo para o aproveitamento da água por parte das concessionárias é algo muito pequeno quase irrisório, o que dificulta a difusão do conceito em todos os setores da sociedade. Para Gomes *et al.* (2014) são necessários o desenvolvimento de modelos de incentivos financeiros, assim como são realizados na Austrália e Alemanha onde subsidia parte dos custos entre outros benefícios, para a implantação do sistema de captação de águas pluviais.

Tomaz (2010) lista os componentes principais para captação de água de chuva, que são:

- **Área de captação:** em geral se utiliza os telhados das casas ou indústrias que podem estar inclinados, pouco inclinados ou planos. As telhas podem ser os tipos de telhas mais usuais (cerâmica, zinco, fibrocimento etc.).
- **Calhas, condutores:** Para captação da água de chuva são necessárias calhas e coletores de águas pluviais que podem ser de PVC ou metálicos.

- **By Pass:** A primeira chuva que contém muita sujeira dos telhados pode ser removida manualmente com uso de tubulações que podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação.
- **Peneira:** usado para remover sujeiras em suspensão, a tela usado são de 6mm e 13mm.
- **Reservatório:** Podem estar apoiado, enterrado ou elevado. Podem ser de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc.
- **Extravasador:** Também chamado de “ladrão”, deve ser instalado no reservatório e possuir dispositivo que evite entrada de pequenos animais no reservatório.

2.6 Dimensionamento de reservatório

Segundo Amorim e Pereira (2008) o dimensionamento de um reservatório dependerá da região a ser implantada, em função dos objetivos finais de implantação do sistema e principalmente em função da variação dos dados pluviométricos. Pois, um reservatório para o sistema de captação de águas da chuva deve atender a demanda necessária, evitando desperdício, e não pode ficar um longo período ocioso. Em geral, a função do cálculo é buscar atender a toda demanda pelo maior período possível e com o menor custo de implantação.

A norma ABNT NBR 15527 (2007) estipula alguns requisitos e condições que os reservatórios devem atender como:

- Atender a norma ABNT NBR 12217, sobre projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público;
- Possuir alguns itens em projeto como, extravasador, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança;
- Evitar conexão cruzada quando houver alimentação com água de outra fonte de suprimento de água potável;

- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez ao ano, conforme ABNT NBR 5626;
- Deve ser protegida a água pluvial no reservatório contra luz solar, calor ou animais;
- O esgotamento pode ser feito por gravidade ou por bombeamento.

Segundo Oliveira, Christmann e Pierezan (2014) a função do reservatório é armazenar a água captada pelo telhado, que através da calha é direcionada para filtragem e fica retida em cisternas ou caixas d'água, sendo bombeada para um reservatório superior, que pode abastecer o banheiro, a lavanderia etc.

Conforme ABNT NBR 15527 (2007) o volume de água de chuva é realizado através da equação abaixo que está ligado ao coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial.

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad (1)$$

onde:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta_{\text{fator de captação}}$ é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Ainda de acordo com a norma o volume deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais. O volume que não será aproveitado da água captada poderá ser lançado na rede de galerias de águas pluviais ou qualquer ou destino a critério da autoridade local competente.

Para a implantação do sistema de captação das águas pluviais é muito importante e um ponto crítico o dimensionamento da capacidade do reservatório para armazenamento da água de chuva por dois motivos:

- Normalmente, é um dos itens mais caros na implantação do sistema, impactando significativamente o tempo de retorno do investimento;

- Desempenha um papel importante em evitar ocorrências em que a quantidade de água no reservatório é insuficiente para atender à demanda.

Dessa forma o dimensionamento correto evita casos de baixa eficiência, em reservatórios subdimensionado, ou para evitar gastos sem necessidade, quando em reservatórios superdimensionados. O dimensionamento deve ser específico para cada projeto e caso, evitando se basear em tradição local (RUPP, MUNARIM E GHISI, 2011).

Segundo Cohim, Garcia e Kiperstok (2008) o dimensionamento tamanho do reservatório será influenciado por vários fatores entre eles o regime de chuvas local, área de captação, demanda e nível de risco aceitável. Na fabricação dos reservatórios deverá ser avaliado, aspectos como: capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo, disponibilidade local.

Dentre os fatores já citados, conforme Ayub *et al.* (2005) o dimensionamento está separado por dois grupos de fatores: os referentes à disponibilidade de água e os relativos ao consumo.

Dentre os métodos conhecidos para o dimensionamento do reservatório, serão expostos os 6 métodos sugeridos na norma ABNT NBR 15527 e um programa computacional desenvolvido no LabEEE/UFSC, são eles: método de Rippl, método da Simulação, método Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês, método Prático Australiano e o programa Netuno 4.

2.6.1 Método de Rippl

Segundo Amorim e Pereira (2008) o método foi desenvolvido ao final do século XIX, também chamado de diagrama de massas, sendo o método mais utilizado, por sua fácil aplicação. Porém, sua utilização tem recebido diversas críticas. Tomaz (2010) relata que, em geral, o método superdimensiona o reservatório, no entanto pode ser utilizado para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas pluviais.

O grande diferencial de tantas vantagens do método de Rippl é a possibilidade de resolver problemas de dimensionamento em diversas situações, tanto onde a demanda é constante, tanto onde é variável (CAMPOS, 2004).

A determinação do volume do reservatório é baseado na área de captação e na precipitação registrada, considerando eu nem toda a água precipitada seja armazenada e fazendo um relação entre o volume ao consumo mensal da edificação, pode ser constante ou variável (AMORIM E PEREIRA, 2008).

A norma ABNT NBR 15527 (2007) define o cálculo pelo método de Rippl, podendo usar as séries históricas mensais ou diárias, conforme equação abaixo:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (2)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (3)$$

$$V = \sum S_{(t)} \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (4)$$

Sendo que: $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

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

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

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

2.6.2 Método da simulação

Segundo Rupp, Munarim e Ghisi (2011) o método está baseado na determinação do percentual de consumo demandada em função de um reservatório previamente definido. Esse método é também chamado de Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta.

Tomaz (2010) afirma que este método é o melhor para se avaliar um reservatório. McMahon (1993, apud Tomaz, 2010) cita quatro atributos importantes deste método:

- a) é simples de ser usado e facilmente entendido;
- b) o uso de dados históricos incorpora os períodos críticos de seca;
- c) a análise pode usar dados diários ou mensais (mais usada) e
- d) problemas sazonais e complicados são tomados em conta no uso da série histórica.

Amorim e Pereira (2008) sugere que inicialmente, para a aplicação do método, devem-se determinar alguns valores possíveis para o volume do reservatório, baseando-se na estimativa do consumo mensal de água não potável. O volume do reservatório que apresentar o melhor desempenho entre os volumes escolhidos para análise, esse deve ser escolhido. Contudo, pode adotar outro volume e refazer o procedimento se caso o resultado não for o esperado, como eficiência baixa, conforme o objetivo do projetista.

A norma ABNT NBR 15527 (2007) estabelece que para esse método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito. A norma alerta que devem ser considerada duas hipóteses, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representativos para as condições futuras:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (5)$$

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

$Q_{(t)}$ é calculado igual o método de Rippl.

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

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

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

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

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

2.6.3 Método Azevedo Neto

Segundo a norma ABNT NBR 15527 (2007) o volume do reservatório é calculado pela equação abaixo:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (6)$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em mm;

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em m²;

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

O método Azevedo Neto, também de Método Prático Brasileiro, conforme Rupp, Munarim e Ghisi (2011) não especifica a forma de encontrar o número de meses de pouca chuva, desse modo, os autores em seu artigo usaram os meses com precipitação igual ou inferior a 80% da precipitação média mensal foram considerados meses de pouca chuva.

Amorim e Pereira (2008) utilizou esse método para o estudo em seu trabalho e adotou um valor igual a 2 meses para a cidade de São Carlos/SP. Porém, os autores não mencionaram como determinaram esses meses de pouca chuva.

2.6.4 Método prático alemão

A norma ABNT NBR 15527 (2007) define como um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo entre } (V \text{ e } D) \times 0,06 \text{ (6\%)} \quad (7)$$

Onde:

V é o volume anual de precipitação aproveitável, expresso em L;

D é o valor da demanda anual da água não potável, expresso em L;

V_{adotado} é o valor do volume de água do reservatório, expresso em L.

2.6.5 Método prático inglês

A norma ABNT NBR 15527 (2007) estabelece para o cálculo do volume de chuva a seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (8)$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em mm;

A é o área de coleta em projeção, expresso em m²;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em L.

2.6.6 Método prático australiano

É um método empírico que está na norma ABNT NBR 15527 (2007), onde o volume de chuva é encontrado através da seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (9)$$

onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

Q é o volume mensal de água pluvial, expresso em L;

A é a área de captação em projeção no terreno, expresso em m²;

P é a precipitação média mensal, expresso em mm;

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

2.6.7 Programa Netuno

Segundo Rupp, Munarim e Ghisi (2011) o Netuno é um programa computacional desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE/UFSC) e seu objetivo é determinar o potencial de economia de água potável em função da capacidade do

reservatório, através do aproveitamento de água pluvial para usos em que a água não precisa ser potável.

Ghisi e Cordova (2014) descrevem o Netuno como um programa computacional usado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais. O programa funciona por meio de dados que permitem uma modelagem adequada do sistema, fornecendo resultados como o volume extravasado de água pluvial, a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial e a capacidade do reservatório, entre outros.

Amorim e Pereira (2008) não reconhecem o Netuno como um método de dimensionamento propriamente dito, mas como um programa computacional muito utilizado e por ser simples sua aplicação.

O programa Netuno relaciona o consumo estimado de água com o aproveitamento de água pluvial referente a um dado volume do reservatório, determinando o percentual de economia de água tratada. Dessa forma, pode-se obter o maior percentual de economia com menor custo, analisando a economia para vários volumes de reservatórios (LAJE, 2010).

O programa permite que a demanda de água total para o atendimento das necessidades dos moradores de duas formas (GHISI E CORDOVA, 2014):

- Fixo, onde se deve definir a demanda diária de água potável per capita;
- Variável, onde a demanda pode ser diária (em litros per capita/dia) ou mensal (litros/mês).

De acordo com Rupp, Munarim e Ghisi (2011) para a realização dos cálculos o Netuno utiliza alguns dados de entrada, considerando a demanda e a disponibilidade de água pluvial em uma base diária, os dados são os seguintes:

- a) precipitação pluviométrica diária;
- b) área de captação;
- c) coeficiente de aproveitamento;
- d) demanda diária de água potável per capita;
- e) número de moradores; e
- f) percentagem de água potável que pode ser substituída por pluvial.

Os cálculos feitos pelo algoritmo são realizados em base diária e pode-se utilizar em base horária, se considerar a demanda e a disponibilidade de água

pluvial. Durante um determinado intervalo de tempo para análise, a água da chuva captada pela área de captação é conduzida ao reservatório de armazenamento, descontando as perdas. Se ultrapassar o volume do reservatório e a demanda de água é menor que esse volume, a demanda é atendida e a água excedida é extravasada. Senão, a demanda pluvial é atendida parcial ou totalmente pela concessionária de água potável (ROCHA, 2009).

Segundo Laje (2010) a sequência de cálculos do Netuno é a seguinte. Iniciando pela equação para o cálculo do volume de água pluvial escoada pela área de captação no tempo t .

$$V_t = P_t \times A \times C_{ap} \quad (10)$$

Onde:

V_t é o volume de água pluvial que escoa diariamente pela superfície de captação no tempo t (l/dia por residência);

P_t é a precipitação pluviométrica diária local no tempo t (mm/dia = l/m² por dia);

A é a área de captação (m²);

C_{ap} é o coeficiente de aproveitamento (número adimensional).

O volume de água pluvial consumido no tempo t é estimado conforme a equação abaixo:

$$C_t = \min \left\{ \begin{array}{l} D_p \times D \times n \\ V_{t-1} + H_t \end{array} \right. \quad (11)$$

Onde:

C_t é o volume de água pluvial consumido diariamente no tempo t (l);

D_p é a demanda diária de água pluvial (número adimensional percentual da demanda de água potável);

D é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);

n é o número de usuários (adimensional);

V_{t-1} é o volume de água pluvial no tempo anterior ($t-1$) disponível no reservatório (l);

H_t é o volume de água pluvial que escoa no tempo t pela superfície de captação (l).

O volume de água pluvial disponível no reservatório depois de atender a necessidade totalmente ou parcialmente a demanda é estimado pela equação 12.

$$V_t = \max \begin{cases} 0 \\ \min \{ V_{t-1} + H_t - C_t \\ V - C_t \} \end{cases} \quad (12)$$

Onde:

V_t é o volume de água pluvial do reservatório no tempo t (l);

V_{t-1} é o volume de água pluvial no tempo $t-1$ (l);

H_t é o volume de água pluvial que escoa no tempo t pela superfície de captação (l);

V é o volume útil do reservatório (l);

C_t é o volume de água pluvial consumido no tempo t (l per capita/dia).

Através da equação abaixo é possível calcular potencial de economia de água potável estimado pela relação entre o volume total de água pluvial, consumido durante todo o período analisado, e a demanda total de água para o mesmo período.

$$E = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^d C_t}{D \times n \times d} \quad (13)$$

Onde:

E é o potencial de economia de água potável estimado (%);

C_t é o volume de água pluvial consumido no tempo t (l/per capita/dia);

D é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);

n é o número de usuários (adimensional);

d é o número de dias no período analisado (dias).

Ainda segundo Laje (2010) para que os resultados sejam satisfatórios sobre a economia de água tratada, para relação do consumo de água estimado com o aproveitamento de água pluvial por um dado volume do reservatório, o fornecimento dos dados necessários é imprescindível.

2.6.8 Comparativos dos métodos de dimensionamento

Dentre as informações descritas dos métodos nos tópicos anteriores, alguns autores em seus trabalhos analisaram e compararam os métodos entre si, dentre os resultados estão os trabalhos de Amorim e Pereira (2008); Rupp, Munarim e Ghisi (2011) e Lopes e Miranda (2016).

De acordo com Amorim e Pereira (2008) em seu estudo de comparação de métodos de dimensionamento. O estudo de caso foi realizado para um edifício localizado na Universidade Federal de São Carlos possuindo área de captação de 970 m². Foram utilizados os métodos descritos na norma, porém, o programa Netuno não foi utilizado devido que no ano da publicação do artigo só ser possível na região de Florianópolis a sua utilização.

Os resultados gerados foi que o método de Rippl foi utilizado em varias simulação que variava a partir de forma de cálculo, os resultados dispostos em método conservadores no dimensionamento e os que superdimensionaram o reservatórios, dentre os Métodos de Rippls utilizados que foram considerados conservadores estão os métodos de desvios padrão, médias mensais Rippl médias diárias, melhor ano com dados mensais e com dados diários, modo gráfico; conforme o quadro 3 com todas os métodos de dimensionamento classificados.

Quadro 3: Classificação dos métodos de dimensionamento de reservatórios

Métodos Conservadores	Métodos que Superdimensionaram o Reservatório
Rippl - Desvios Padrão	Rippl - Pior Ano com Dados Mensais
Rippl - Médias Mensais Rippl - Médias Diárias	Rippl - Pior Ano com Dados Diários
Rippl - Melhor Ano com Dados Mensais	Rippl - Ano Típico com Dados Mensais
Rippl - Melhor Ano com Dados Diários	Rippl - Ano Típico com Dados Diários
Rippl - Modo Gráfico	Rippl - Medianas Mensais
Consideração dos Dias Consecutivos sem Chuva	Prático Brasileiro
Prático Alemão	
Prático Australiano	
	Prático Inglês

Fonte: Amorim e Pereira (2008)

Deste Modo, se considerar o fator econômico, o dimensionamento pelo Método de Rippl pode ser usado o de médias mensais ou diárias do modo analítico

e do modo gráfico, que levam a valores menores com eficiência satisfatória. Se considerar a demanda por maior período possível, temos os métodos de Rippls de Pior Ano da série, com dados mensais ou diários, os quais levam a um maior volume de reservatório e a uma eficiência bastante elevada.

O Método de Análise de Simulação de um reservatório com capacidade suposta pode ser relevante para casos com análise com detalhes a variação do volume do reservatório ao longo do ano. Podem-se simular vários volumes de reservatórios ate encontrar a eficiência desejada para o sistema.

Os métodos práticos por sua simplicidade e de fácil aplicação são mais indicados para residências unifamiliares. Dos métodos práticos, os Métodos Prático Brasileiro e o Inglês são mais apropriados para casos que devem suprir a demanda de água pluvial no ano totalmente ou parcialmente em boa parte. Os Métodos Alemão e Australiano indicados para casos com reservatórios menos e menor custo de implantação.

Por fim, concluiu-se que para a escolha do mais adequado a ser implantado depende de fatores como interesses finais de implantação e em função da região. Regiões com alto índice de precipitação pode-se adotar métodos conservadores e regiões com baixos índices pluviométricos adota-se métodos de superdimensionamento para durar em períodos secos.

Segundo Rupp, Munarim e Ghisi (2011) o seu estudo de caso aborda cada um dos métodos indicados na norma ABNT NBR 15527 (2007) e o programa Netuno. Foram adotados o dimensionamento de reservatórios para as cidades de Santos, Palhoça e Santana do Ipanema; por apresentarem regimes de precipitação diferentes.

Executaram-se diversas combinações com variações da área de captação demanda diária de água potável, percentual de substituição de água potável por pluvial e demanda de água pluvial por mês, perfazendo um total de 27 combinações de dimensionamento para cada cidade para cada método.

Em geral os métodos indicados na ABNT NBR 15527 (2007) mostram-se insuficientes e inadequados no atendimento pleno dos quesitos analisados neste artigo, sejam elas de aplicabilidade do método aos casos avaliados;

dimensionamento do reservatório; e cálculo do potencial de economia de água potável.

Os Métodos de Rippl, da simulação e Prático Australiano quando aplicados somente foi possível o dimensionamento dos reservatórios nos casos analisados quando a demanda de água pluvial supera seu volume mensal captado, que para os casos diferentes não obteve resultado. O Método Prático Brasileiro, o Alemão e do Inglês foi possível em todos os casos simulados.

Nos Métodos de Rippl, da Simulação, Prático Alemão e Australiano; os volumes de reservatórios que foram dimensionados aumentam com a demanda de água pluvial, então, quando aumenta a demanda aumenta-se a capacidade do reservatório, não sendo relevante o potencial de economia de água potável nesses casos. No dimensionamento dos reservatórios através dos Métodos Prático Brasileiro e Inglês, os volumes apresentados foram constantes, independentemente da demanda de água pluvial, variando apenas em função da precipitação.

Dos Métodos analisados nenhum fornece o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório de água pluvial, somente o Netuno calculou o potencial de economia dos reservatórios obtidos por cada um dos outros métodos e também foi o único que o dimensionamento se ajustou em relação a demanda de água pluvial e do regime de precipitação.

Na comparação dos volumes dimensionados para os reservatórios com volume em função do potencial de economia de água potável, os métodos de Rippl, Simulação e Prático Brasileiro resultam em reservatórios maiores que o volume ideal. O volume foi superdimensionado pelo Método Prático Inglês quando a precipitação é alta e subdimensionado quando a precipitação é baixa. Da mesma forma ocorre com o Método Prático Alemão que subdimensiona em índice baixo de precipitação. O Método Prático Australiano subdimensionou os reservatórios que foram possíveis de simular.

No caso do Netuno, pode-se escolher a capacidade de reservatório de água pluvial em função do respectivo potencial de economia de água potável, já que esse é um dado de saída do programa.

Lopes e Miranda (2016) calcularam em seu estudo os reservatórios pelos métodos da Simulação, Prático Inglês e pelo programa Netuno; para residências de

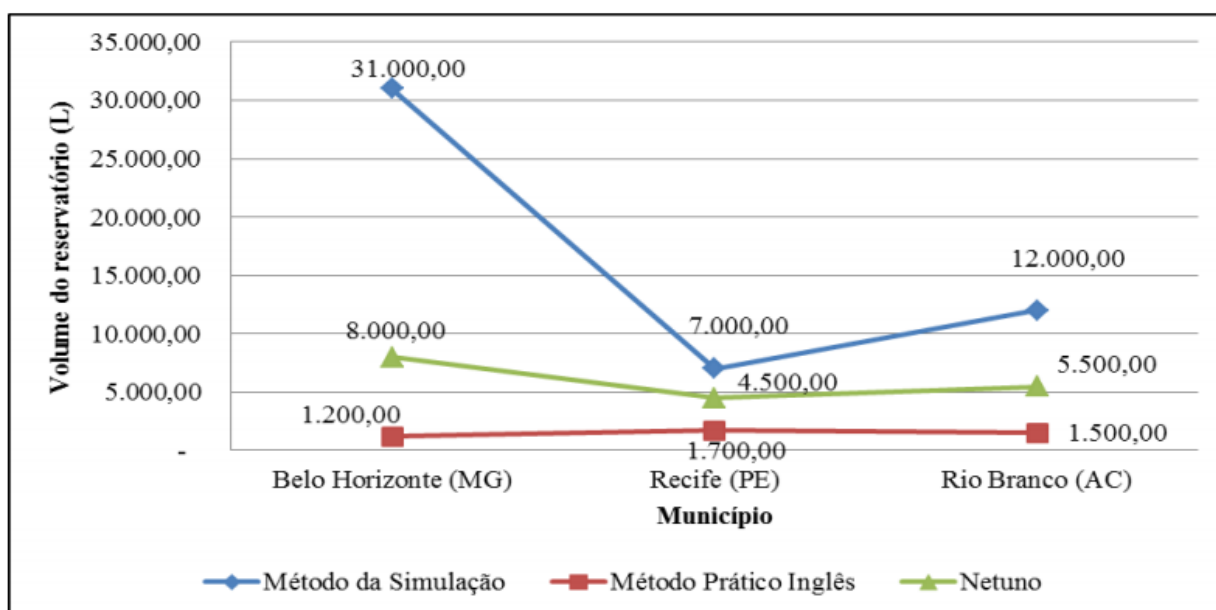
150 m² de área de captação em três capitais brasileiras, Belo Horizonte, Recife e Rio Branco.

O Método da Simulação superdimensionou o reservatório para a cidade de Belo Horizonte em comparação com os outros métodos, por dimensionar o reservatório para compensar os meses de estiagem.

O Método Prático Inglês resultou em menores volumes para o reservatório, aumentando o volume em função do aumento da precipitação. Apesar da simplicidade não parece ser adequado para casos com variações pluviométricas, podendo ser utilizado para o pré-dimensionamento de reservatórios.

O programa Netuno considera o potencial de economia de água potável. Os volumes de reservatórios aumentam com a demanda de água pluvial até ser definido o volume ideal. Os valores dimensionados do reservatório para as três cidades foram regulares, conforme a figura 10.

Figura 10: Volume do reservatório dimensionado pelos métodos



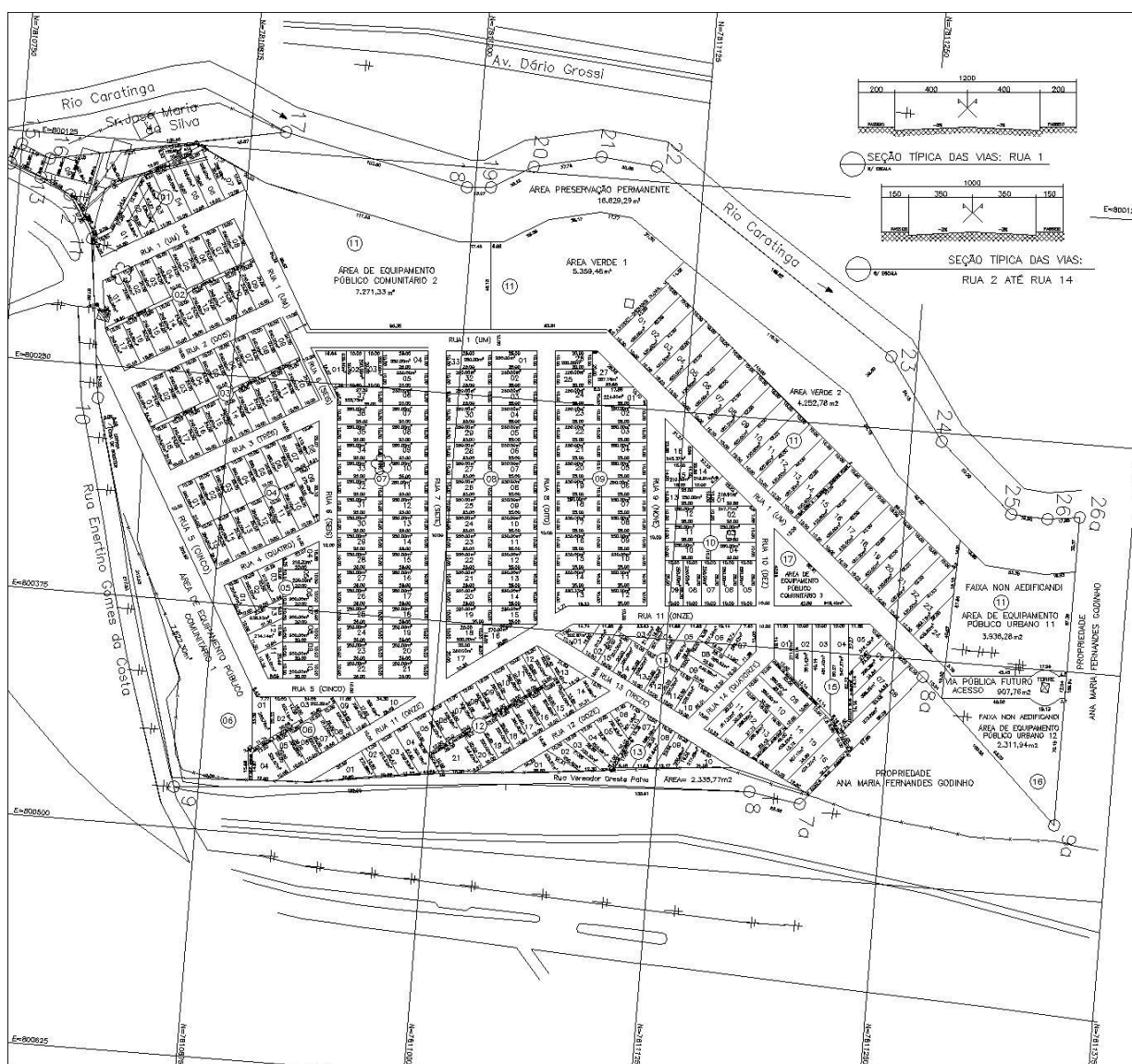
Fonte: Lopes e Miranda (2016)

O Netuno ainda oferece a vantagem de poder escolher a capacidade do reservatório de água pluvial em função do respectivo potencial de economia de água potável, sendo uma dos resultados de saída do programa.

3. METODOLOGIA

O local definido para estudo foi o loteamento denominado “MOACIR MARIA” conforme figura 11 e 12, localizado no município de Caratinga. O loteamento possui área total de 154.044 m² e 279 lotes que destes 34 lotes já estão construídos, com ruas pavimentadas em CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), grande parte dos telhados são de telha cerâmica, bem como as calçadas são pavimentadas em concreto, o loteamento possui áreas verdes, áreas de preservação permanente e áreas de equipamento público.

Figura 11: Mapa do Loteamento Moacir Maria



Fonte: Os autores (2018)

Figura 12: Foto retirada de satélite do Loteamento Moacir Maria



Fonte: Mapasapp (2018)

Foi realizado um levantamento planimétrico da área de estudo, para mensuração e classificação das áreas. O conhecimento das áreas permeáveis, impermeáveis e as áreas de captação são primordiais para o cálculo do volume e vazões das águas pluviais, são classificadas como:

- a) Áreas permeáveis;
- b) Telhados (área de captação);
- c) Pavimentação;
- d) Área construída impermeável descoberta.

Devido ao fato de que nem todos os lotes possuem algum tipo de construção, foi realizado um estudo de todos os lotes que já possuem algum tipo de edificação para que fosse possível chegar a um valor de área impermeabilizada que possa ser utilizado como base para idealizar uma tipologia de residência, da qual buscou-se integrar todas as características dos lotes, haja vista que possuem tamanhos variados.

Os dados pluviométricos necessários para a realização dos cálculos foram obtidos a partir de dados de um posto pluviométrico situado no município de Caratinga (figura 13). A estação é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET pelo código OMM: 83.592, em situação operante.

Figura 13: Estação climatológica de Caratinga



Fonte: INMET (2018)

Através dos dados de precipitação foram calculados o volume de água escoada para o sistema de drenagem e rios, e o dimensionamento do reservatório do sistema de captação das águas de chuva. Os dados de precipitação a ser utilizada são correspondentes ao ano de 2017 e o cálculo será realizado em base mensal para a precipitação escoada e em base diária para o dimensionamento.

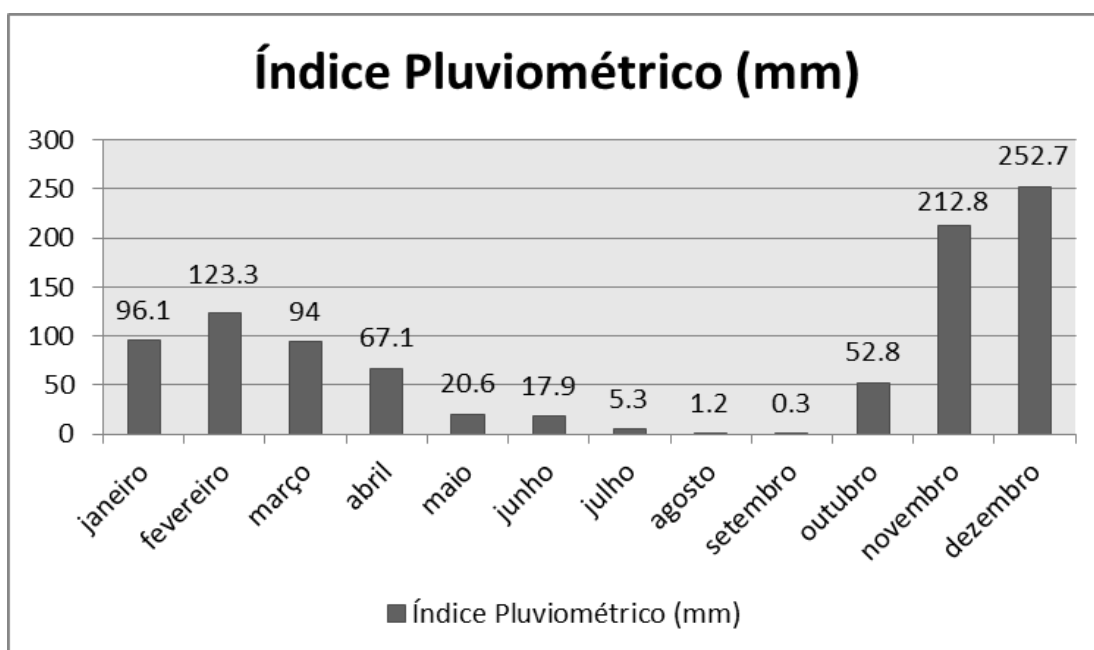
O reservatório foi calculado pelo programa Netuno desenvolvido pelo LabEEE/UFSC, que segundo a norma NBR 15527 pode-se usar qualquer método desde que seja devidamente justificado. Com base no estudo realizado pelos autores Rupp, Munarim e Ghisi (2011) sobre a comparação dos métodos de dimensionamento, o netuno demonstrou ser versátil por poder escolher o volume do reservatório em função do potencial de economia de água potável, entre outras vantagens não encontradas nos métodos descritos na norma.

A apresentação dos resultados foi feito por meio de gráficos como forma de expor os dados obtidos, entre eles o volume de água escoada com e sem a captação e potencial de economia que chegou ao dimensionamento do reservatório.

3.1 Dados para o cálculo do escoamento superficial

Através dos dados históricos de precipitação do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP do INMET na estação de Caratinga que estão dispostos no Anexo A, desenvolveu-se o gráfico com a precipitação total em base mensal do ano de 2017, conforme a figura abaixo:

Figura 14: Precipitação total do ano de 2017 em Caratinga



Fonte: Os autores (2018)

Analisando os dados pluviométricos do anexo A, pode-se perceber que os meses, onde a intensidade da chuva é constante em boa parte do mês, são os meses de dezembro e novembro, sendo que nesses meses as probabilidades de ocorrer inundações são maiores. A partir dessa análise, o volume a ser calculado será baseado para pior situação em caso de enchentes.

O mês de Dezembro de 2017 apresentou uma precipitação total de 252,7 mm. Segundo Macedo *et al.* (2013) a expressão para encontrar a precipitação pluviométrica de uma região através de um pluviômetro é demonstrada pela equação 14:

$$P = \frac{V}{A} \times 10 \quad (14)$$

Em que:

P é a precipitação pluviométrica (mm);

V é o volume de chuva (cm³);

A é a área de captação (cm²).

Através da equação 14 pode-se encontrar o volume precipitado, conforme a expressão abaixo:

$$V = \frac{P}{10} \times A \quad (15)$$

A partir da planta do projeto urbanístico do loteamento escolhido, disposto no Anexo B, Classificou-se em quatro áreas distintas para o cálculo do volume da chuva, conforme a tabela abaixo.

Tabela 2: Quantitativos das áreas do loteamento

Classificação	Área	
	m ²	%
Áreas Permeáveis	49671.25	32.24
Telhados	37634.12	24.43
Pavimentação	29104.52	18.89
Áreas Impermeáveis Descoberta	37634.12	24.43
Total das áreas	154044.00	100.00

Fonte: Os autores (2018)

Com os dados do projeto definiram-se as áreas permeáveis às áreas destinadas à área de equipamento público comunitário e urbano, áreas verdes e de preservação permanente; os telhados ou área de captação pluvial serão estimados em 50% das áreas dos lotes existentes; a pavimentação e a área construída impermeável descoberta será estimada em 50% das áreas dos lotes, da qual inclui as calçadas a serem construídas e analisando as construções existentes, onde, a parte não coberta pelos telhados geralmente estão impermeabilizadas e as águas precipitadas destinadas ao sistema de drenagem.

Com as áreas de cálculo definidas e através da equação 15, encontrou-se o volume de chuva precipitado em cada área classificada na tabela 2.

Áreas Permeáveis	$V = \frac{252,7mm}{10} \times (49.671,25 \times 10^4 cm^2)$ $V = 12.551,9 \times 10^6 cm^3 = 12.551,9 m^3$
Telhados	$V = \frac{252,7mm}{10} \times (37.634,12 \times 10^4 cm^2)$ $V = 9.510,1 \times 10^6 cm^3 = 9.510,1 m^3$
Pavimentação	$V = \frac{252,7mm}{10} \times (29.104,52 \times 10^4 cm^2)$ $V = 7.354,7 \times 10^6 cm^3 = 7.354,7 m^3$
Áreas Impermeáveis	$V = \frac{252,7mm}{10} \times (37.634,12 \times 10^4 cm^2)$
Descobertas	$V = 9.510,1 \times 10^6 cm^3 = 9.510,1 m^3$
Total do volume de chuva	$V = 12.551,9 + 9.510,1 + 7.354,7 + 9.510,1 = 38.926,8 m^3$

O volume total de precipitação no mês de dezembro de 2017 foi de 38.926,8 m³ de chuva, porém de acordo com ANA (2012) o volume de precipitação não corresponde ao volume de escoamento superficial. O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de “run off”, corresponde à razão do volume do escoamento superficial em relação ao volume total de precipitação, conforme a equação abaixo:

$$C = \frac{\text{Volume total escoado}}{\text{Volume total precipitado}} \quad (16)$$

Dessa forma pode-se encontrar o volume total que corresponde ao escoamento superficial isolando, assim, o volume total escoado da equação 16, como é demonstrado abaixo:

$$\text{Volume total escoado} = \text{Volume total precipitado} \times C \quad (17)$$

Segundo ANA (2012) os valores do coeficiente C esta classificada pelo tipo de ocupação, conforme a tabela 3.

Tabela 3: Valores do coeficiente de deflúvio, C

Tipo de Ocupação	Coeficiente C
Áreas com edificação; grau de adensamento	-
• Muito grande	0,70 a 0,95
• Grande	0,60 a 0,70
• Médio	0,40 a 0,60
• Pequeno	0,20 a 0,40
Áreas livres: matas, parques, campos	0,05 a 0,20
Pavimentos	0,70 a 0,95
Solos com vegetação	-
• Arenoso	0,05 a 0,15
• Argiloso	0,15 a 0,35

Fonte: Righetto (1998) apud ANA (2012)

Devido às áreas definidas serem muitos impermeáveis, exceto as áreas permeáveis, os valores escolhidos serão:

- Áreas permeáveis: C = 0,20
- Telhados: C = 0,95
- Pavimentação: C = 0,95
- Áreas impermeáveis: C = 0,95

3.2 Caracterização da tipologia de lote

O lote escolhido para a tipologia de estudo para o dimensionamento do reservatório é um lote com medidas 10X25 metros com 250 m², como mostra a figura 15. A captação das águas pluviais se dará por meio da área de captação (telhado), das calhas e dos condutores verticais existentes em todas as edificações. A água captada será direcionada ao reservatório a ser dimensionado para armazenagem.

Figura 15: Tipologia de lote para dimensionamento do reservatório

10.00	RUA	25.00 250.00m ² 29 25.00	10.00	25.00 250.00m ² 05 25.00	10.00	10.00	25.00	
10.00		25.00 250.00m ² 28 25.00	10.00	25.00 250.00m ² 06 25.00	10.00	10.00	25.00	
10.00		25.00 250.00m ² 27 25.00	10.00	25.00 250.00m ² 07 25.00	10.00	10.00	10.00	25.00
10.00		25.00 250.00m ² 26	10.00	25.00 250.00m ² 08	10.00	10.00	10.00	25.00

Fonte: Os autores (2018)

O programa Netuno necessita de alguns dados para o dimensionamento, os dados utilizados são:

- Os dados de precipitação foram usados em base diária do ano de 2017 do INMET conforme esta no anexo A;
- A área de captação compreende a área do telhado que é 50% da área do lote, ou seja, 125 m² de área de captação;
- O percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial é segundo Tomaz (2010) de 30%;
- O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente “run off” de acordo com Tomaz (2010) é de 0,95, valor também foi utilizado no cálculo do escoamento superficial da área do telhado;
- O descarte de escoamento inicial será o descarte da precipitação inicial de 2 mm, o que equivale 250 litros de chuvas descartadas inicialmente para evitar o carregamento de sujeiras para o reservatório;
- De acordo com a SABESP NTS 181 (2012) a demanda total de água para residência é de 150 litros per capita/dia e considerar a ocupação de 2 pessoas por dormitório que, nesse caso, considera-se o número de 3 dormitórios na tipologia estudada que dá um total de 6 moradores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cálculo do volume de escoamento superficial

Por meio dos cálculos de precipitação total encontrou-se o volume total de 38.926,8 m³ de precipitação no mês de Dezembro de 2017. O volume de escoamento superficial de cada área é encontrado pela equação 17, com os valores definidos do coeficiente de “run off” e de precipitação por cada área em questão.

$$\text{Áreas Permeáveis} \quad V_{escoado} = 12.551,90 \times 0,20 = 2.510,38 \text{ m}^3$$

$$\text{Telhados} \quad V_{escoado} = 9.510,1 \times 0,95 = 9.034,60 \text{ m}^3$$

$$\text{Pavimentação} \quad V_{escoado} = 7.354,7 \times 0,95 = 6.986,97 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{l} \text{Áreas Impermeáveis} \\ \text{Descobertas} \end{array} \quad V_{escoado} = 9.510,1 \times 0,95 = 9.034,60 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{l} \text{Volume total do} \\ \text{escoamento superficial} \end{array} \quad \begin{array}{l} V_{escoado} = 2.510,38 + 9.034,60 + 6.986,97 + 9.034,60 \\ V_{escoado} = 27.566,55 \text{ m}^3 \end{array}$$

Portanto o volume total do escoamento superficial sobre o loteamento em estudo no mês de dezembro de 2017 é de 27.566,55 m³ de águas pluviais.

4.2 Dimensionamento do reservatório pelo NETUNO 4

Para dimensionamento do reservatório pelo NETUNO 4 foi adotado os dados expostos no tópico 3.2. O objetivo do dimensionamento é encontrar o volume ideal para os dados informados.

Não irá ser adotado reservatório superior sendo dimensionado apenas o reservatório inferior. Para a simulação o volume máximo foi de 20.000 litros e

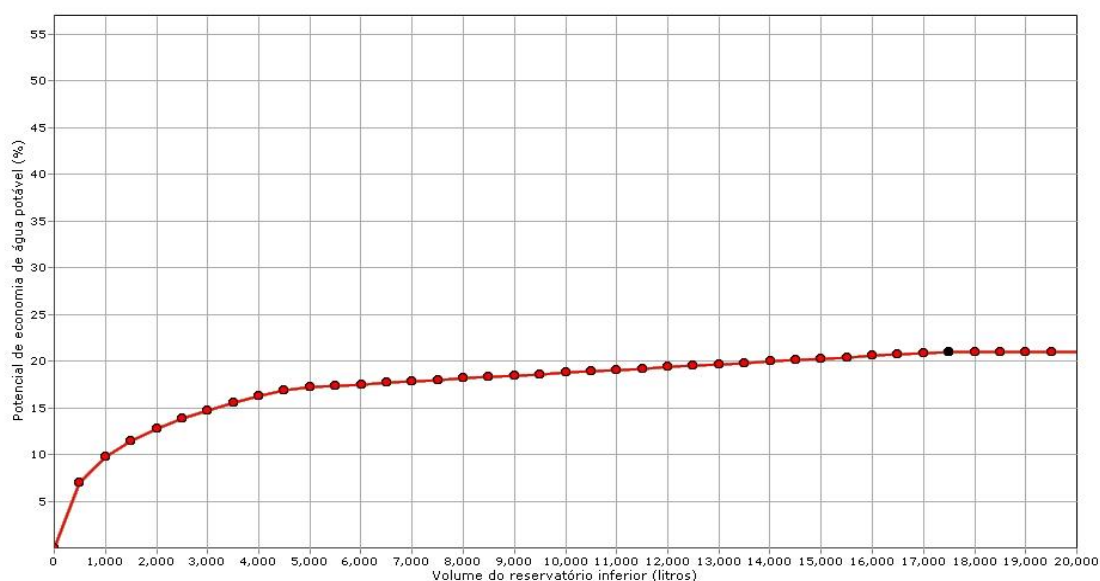
intervalo de 500 litros, a figura 16 mostra todas as informações inseridas no programa.

Figura 16: Dados para dimensionamento dos reservatórios

Fonte: Os autores (2018)

Após a simulação o programa gerou os seguintes gráficos que são de simulação do dimensionamento do reservatório em relação ao potencial de economia de água potável, atendimento de água pluvial, volume extravasado, consumo de água pluvial e resultado mensal do reservatório com volume ideal. Os resultados para os outros reservatórios simulados estão no Anexo C.

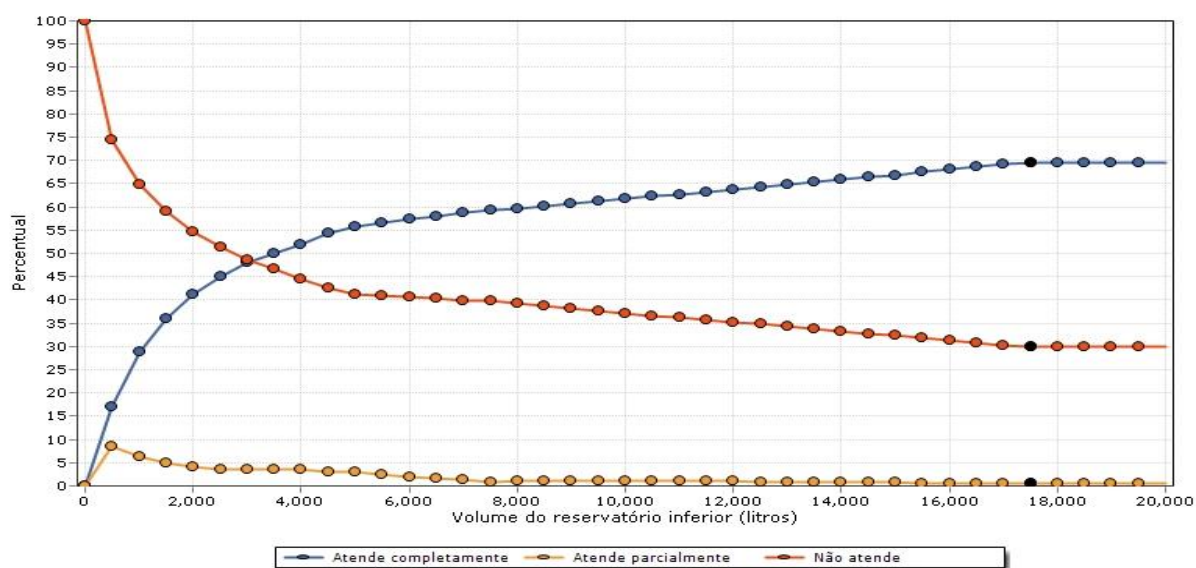
Figura 17: Gráfico de simulação do dimensionamento do reservatório



Fonte: Os autores (2018)

O dimensionamento do reservatório pelo netuno gerou um gráfico (figura 17) com os eixos, potencial de economia de água potável x Volume de reservatório inferior. No gráfico o programa indica com ponto preto no volume definido com ideal, que nesse caso, foi de 17.500 litros ou 17,5 m³ de água pluvial. O potencial máximo de economia de água potável foi de 20,98% no volume de 17.500 litros.

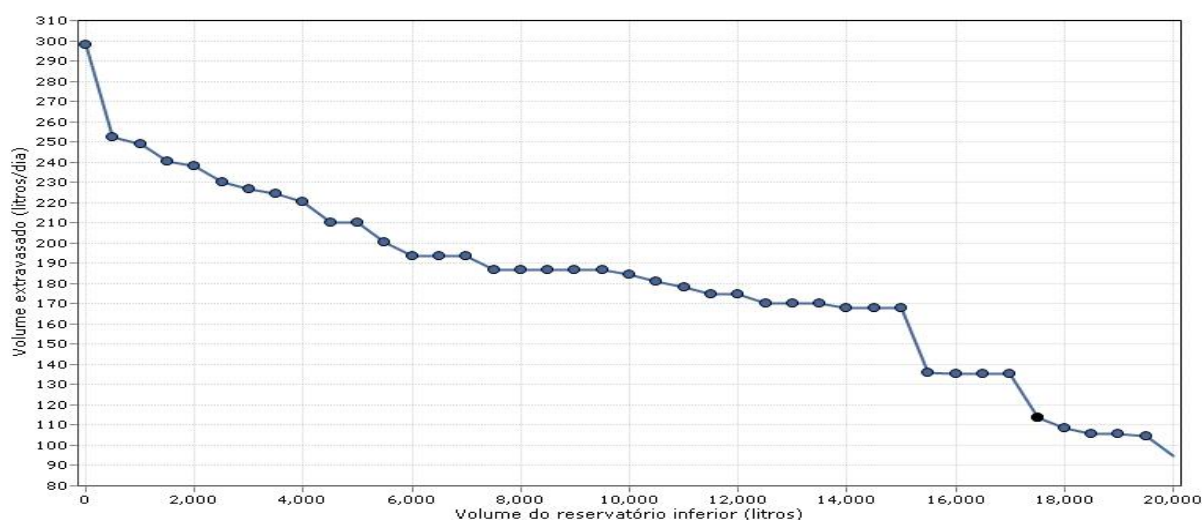
Figura 18: Gráfico atendimento de água pluvial



Fonte: Os autores (2018)

O gráfico de atendimento de água pluvial (figura 18) indicou no volume ideal dimensionado o percentual de 69,59% que atende completamente a demanda proposta, sendo, constante para volumes superiores.

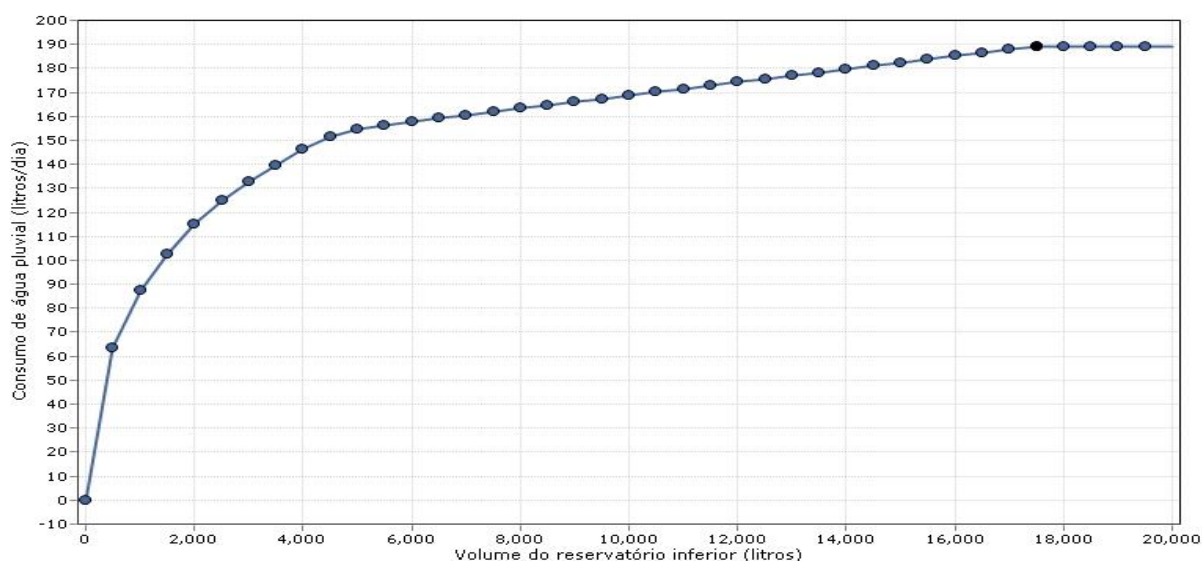
Figura 19: Volume extravasado x volume do reservatório



Fonte: Os autores (2018)

No gráfico de volume extravasado (figura 19) é indicado o volume em litros por dia em relação ao dimensionamento de reservatório. O volume do reservatório ideal encontrou o volume de 113,90 l/dia extravasado com pouca variação para volumes maiores e redução de 21 litros, aproximadamente, para o volume de 17.000 litros.

Figura 20: Consumo de água pluvial x volume do reservatório



Fonte: Os autores (2018)

No gráfico de consumo de água pluvial (figura 20) o volume ideal dimensionado encontrou o valor de 188,80 litros/dia para o consumo de água pluvial, com valores constantes para volumes superiores.

Figura 21: Resultado mensal do reservatório dimensionado

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)	Média diária de recalques
Janeiro	19,35	174,19	725,81	0,00	64,52	0,00	35,48	0,00
Fevereiro	30,00	270,00	630,00	160,54	100,00	0,00	0,00	0,00
Março	30,00	270,00	630,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Abril	30,00	270,00	630,00	68,58	100,00	0,00	0,00	0,00
Mai	30,00	270,00	630,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Junho	30,00	270,00	630,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Julho	8,20	73,83	826,17	0,00	25,81	3,23	70,97	0,00
Agosto	0,00	0,00	900,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Setembro	0,00	0,00	900,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
Outubro	15,28	137,50	762,50	0,00	48,39	3,23	48,39	0,00
Novembro	30,00	270,00	630,00	301,44	100,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro	30,00	270,00	630,00	838,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Média	20,98	188,83	711,17	113,90	69,59	0,55	29,86	0,00
Total ano		68921	259579	41574				

Fonte: Os autores (2018)

O gráfico da figura 21 apresenta os resultados do aproveitamento obtido, sendo o que foi proposto para ser substituído por águas pluviais é de 30% e em boa parte do ano obteve totalmente ou parcialmente o objetivo.

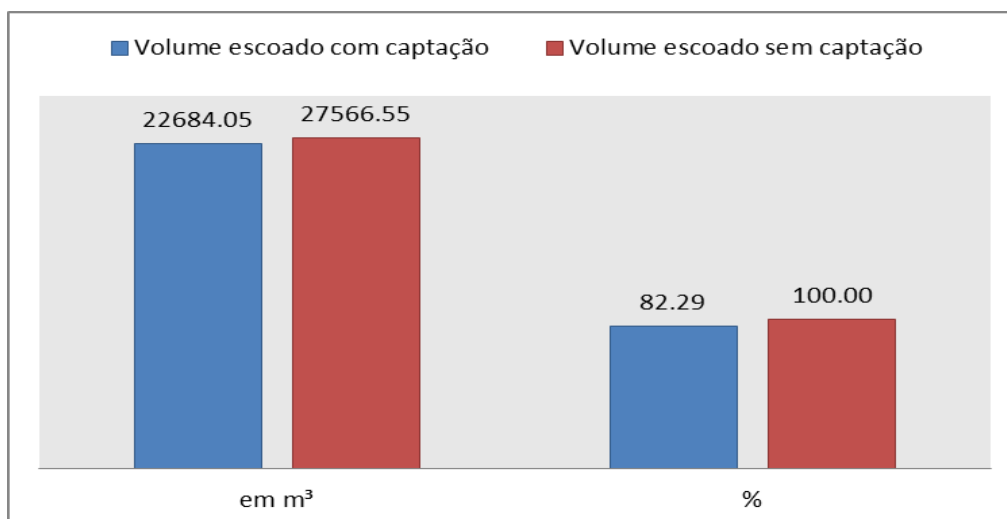
Portanto, o volume ideal para o reservatório é de 17,5 m³ o potencial de aproveitamento de água pluvial médio foi de 20,98% em relação ao consumo de água potável, consumindo um total de 68,9 m³ de água pluvial durante todo o ano, demonstrando um bom aproveitamento das águas pluviais para usos menos nobres.

Deste modo, para cada lote será proposto o volume captado de 17,50 m³ de águas pluviais. O loteamento possui 279 lotes destinados à construção que, considerando o volume encontrado para cada lote, o volume total a ser captado é de 4.882,50 m³ de águas precipitadas.

4.3 Comparativo do Volume de escoamento x volume de Captação

O volume total de captação é de 4.882,50 m³ de águas pluviais e o volume total de escoamento superficial é de 27.566,55 m³ de águas pluviais. Com base nesses dados desenvolveu-se o gráfico da figura 22 para o comparativo de amortecimento do escoamento pluvial.

Figura 22: Comparativo do volume escoado com e sem a captação de água pluvial

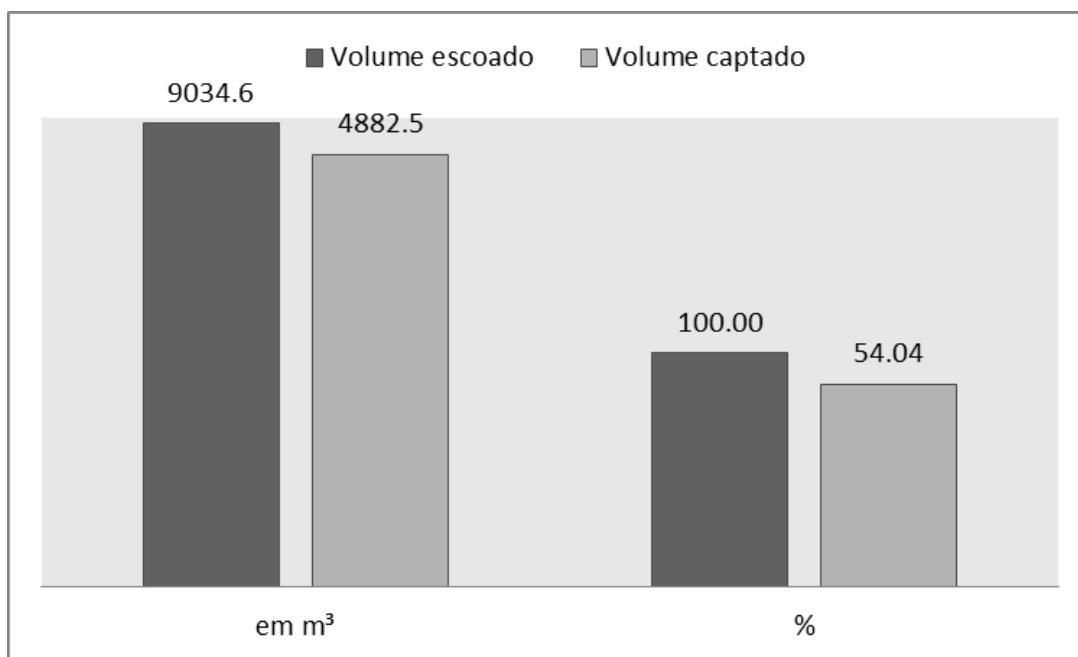


Fonte: Os autores (2018)

O impacto na drenagem pública é a redução de 17,71% de águas escoadas para o sistema de drenagem e, conseqüentemente, o amortecimento dos pontos propícios a inundações.

Se compararmos a água escoada pelos telhados em relação à água captada teremos os seguintes valores, conforme a figura 23.

Figura 23: Comparativo do volume escoado do telhado com volume captado pelo telhado



Fonte: Os autores (2018)

O resultado é muito significativo, pois de toda água escoada pelos telhados, 54,04% fica retida nos reservatórios demonstrando uma grande capacidade de armazenamento das chuvas.

Os resultados demonstram que a captação de águas pluviais pode ser uma ferramenta no combate as enchentes e inundações, além de, reduzir a demanda por água potável, isso reflete em casos de seca e falta de água, podendo assim ser utilizada a água potável apenas para as necessidades que realmente se é necessário o seu uso.

5. CONCLUSÃO

Portanto, o Volume de escoamento superficial depois de captado a água de chuva no loteamento no mês de dezembro foi de 22.684,05 m³ de água, uma redução de 17,71 % em relação ao volume sem a captação que é de 27.566,55 m³ de água pluvial. A captação de água da chuva representou o percentual de 54,04% da água pluvial escoada pelos telhados, água essa que sem captação seria destinada para o sistema de drenagem pelos telhados, calhas e condutores verticais.

Se analisar o que foi levantado, no caso, a pior situação sendo o mês com maior precipitação total, esse volume captado para outros meses podem gerar valores ainda mais expressivos de amortecimento desse escoamento superficial. O motivo de escolher o mês com maior precipitação, por ser nesses casos, a maior incidência de inundações e cheias em centros urbanos.

O presente trabalho não analisou a parte econômica da captação e nem os usos finais da água pluvial. O objetivo em análise foi de analisar o impacto na redução do volume escoado e se seria relevante no resultado final, sendo o volume encontrado satisfatório para esta análise por reduzir, aproximadamente, 1/5 do volume total.

Para trabalhos futuros, pode-se analisar a parte de vazão de projeto para o dimensionamento do sistema de drenagem urbana, quanto, a parte econômica e seu retorno financeiro do projeto.

A captação de água de chuva além de trazer benefícios individuais como, economia de água potável, tem os benefícios coletivos como a sustentabilidade em construções e o amortecimento de enchentes em pontos críticos, podendo ser mais explorado os estudos sobre o assunto e ter maiores incentivos para a implantação desses projetos.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional das Águas - ANA. *A Evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil*. Brasília: ANA, 2002.

Agência Nacional das Águas - ANA. *Água – Fatos e Tendências*. Brasília: ANA, 2006.

Agência Nacional das Águas - ANA. *Hidrologia básica vol.1*. Brasília: ANA, 2012.

ANA, FIESP E SINDUSCON-SP. *Conservação e Reúso de água em edificações*. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. 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, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *NBR15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2007.

AYUB, O. *et al. Aproveitamento De Água De Chuva Em Edificações: Reflexões E Necessidades*. Teresina: 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2005.

BICUDO, C. E. de M. *et al. Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

CAMPOS, M. A. S. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos. São Carlos. 2004. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de enchentes 2. Ed.* São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CASSILHA, G. A.; CASSILHA, S. A. *Planejamento Urbano e Meio Ambiente*. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.

COHIM, E; GARCIA, A. P. A; KIPERSTOK, A. *Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios* In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador: ABRH, 2008.

CORDOVA, Marcelo Marcel. *Aperfeiçoamento do programa computacional Netuno: análise econômica*. Relatório de Iniciação Científica. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, 2009.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem 2. Ed. Rio de Janeiro, 2005.
DUARTE, F. *Planejamento Urbano*. Curitiba: Ibpx, 2013.

Environmental Protection Agency – EPA. *Stream Corridor Restoration – principles, processes and practices*. EUA, 1998.

GOMES, U. A. F. *et al. A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional*. Porto Alegre: Revista Brasileira de Recursos Hídricos V.19, 2014.

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

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Tendências Demográficas: Uma análise da população com base nos resultados dos Censos Demográficos 1940 e 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. *Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e Soluções*. São Paulo: IEE-USP e Reconnectta, 2017. 1ª Edição.

LAJE, E. de Souza. *APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONCESSIONÁRIAS DE VEÍCULOS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE: Potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica*. Florianópolis. 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LIMA, J. E. F. W. *Recursos hídricos no Brasil e no mundo*. Planaltina: Embrapa cerrados, 2001.

LOPES, A. P. de G.; MIRANDA, D. A. de. *Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial Estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)*. Anais: 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves, 2016.

MACÊDO, M. N. C. *et al. Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental*. *Ambi-Agua*, Taubaté, vol. 8, n. 1, p. 206-221, 2013.

MAY, S. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações*. 2004. 159p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.

OTTONI, A. B.; COSTA, M. da S. B. da.; CARVALHO, S. E. B. *Reservatório de águas pluviais sem utilização de bombas. Aplicação para o caso do telhado da garagem da UERJ, no Maracanã, Rio de Janeiro*. *Revista Nacional de Gerenciamentos de Cidades*, Vol.05, Nº36, Tupã, 2017.

OLIVEIRA, T. D.; CHRISTMANN, S. S.; PIEREZAN, J. B. *Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura*. *Revista GEDECON*, Vol. 2, Nº.2, Cruz Alta, 2014.

PINTO, N. L. DE S. *et al. Hidrologia básica*. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. *Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial*. *Revista Ambiente Construído*, Vol.11, Nº.4, pag. 47-64, Porto Alegre, 2011.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. NTS 181 – *Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação*. São Paulo, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. d. *Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica*. In: *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. TUCCI, C. E. M. (org.). 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1993.

SHIKLOMANOV, I. A. *World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st Century*. Paris: UNESCO, 1998.

SHIKLOMANOV, I. A. *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world: assessment of water resources and water availability in the world*. Geneva: WMO, 1997.

ROCHA, V. L. *Validação do Algoritmo do Programa Netuno para Avaliação do Potencial de Economia de Água Potável e Dimensionamento de Reservatórios de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em Edificações*. 166 f. Florianópolis, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*. São Paulo: Ed. Navegar, 2010.

TOMAZ, P. *Água: pague menos*. Guarulhos: 2010a. ISBN 978-85-905933-7-9. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_pague_menos/livro_pague_menos.pdf>. Acesso em: 18/09/2018.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. *Estudos Avançados/USP*. vol.22, n°.63, pp.97-112, São Paulo, 2008.

TUCCI, C. E. M. *Água no meio urbano (Cap. 14)*. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Livro Água Doce*. Porto Alegre: Instituto de Pesquisa Hidráulica (UFGRS), 1997.

TUCCI, C. E. M. *Drenagem Urbana*. Ciência e Cultura. vol.55, n°.4, São Paulo, 2003.

TUCCI, C. E. M. *Enchentes urbanas (cap. 1)*. in: *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 1995.

TUCCI, C. E. M. *Gestão da água no Brasil*. Brasília: UNESCO, 2001.

TUCCI, C. E. M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Brasília: Ministério das Cidades/Global Water Partnership - World Bank/UNESCO, 2005.

TUCCI, C. E. M. *Gerenciamento da drenagem urbana*. In: RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, Vol. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora UFRGS/EDUSP/ABRH, 1993.

ANEXO A – Índice Pluviométrico da estação do INMET em base diária da cidade de Caratinga em 2017

Janeiro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/01/2017	12:00:00	0
83592	02/01/2017	12:00:00	0
83592	03/01/2017	12:00:00	0
83592	04/01/2017	12:00:00	0
83592	05/01/2017	12:00:00	0
83592	06/01/2017	12:00:00	0
83592	07/01/2017	12:00:00	0
83592	08/01/2017	12:00:00	0
83592	09/01/2017	12:00:00	0
83592	10/01/2017	12:00:00	0
83592	11/01/2017	12:00:00	0
83592	12/01/2017	12:00:00	18
83592	13/01/2017	12:00:00	23.5
83592	14/01/2017	12:00:00	4.2
83592	15/01/2017	12:00:00	46.2
83592	16/01/2017	12:00:00	4.2
83592	17/01/2017	12:00:00	0
83592	18/01/2017	12:00:00	0
83592	19/01/2017	12:00:00	0
83592	20/01/2017	12:00:00	0
83592	21/01/2017	12:00:00	0
83592	22/01/2017	12:00:00	0
83592	23/01/2017	12:00:00	0
83592	24/01/2017	12:00:00	0
83592	25/01/2017	12:00:00	0
83592	26/01/2017	12:00:00	0
83592	27/01/2017	12:00:00	0
83592	28/01/2017	12:00:00	0
83592	29/01/2017	12:00:00	0
83592	30/01/2017	12:00:00	0
83592	31/01/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			96.1

Fevereiro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/02/2017	12:00:00	0
83592	02/02/2017	12:00:00	0
83592	03/02/2017	12:00:00	0.1
83592	04/02/2017	12:00:00	11.1
83592	05/02/2017	12:00:00	47.7
83592	06/02/2017	12:00:00	2.9
83592	07/02/2017	12:00:00	9.4
83592	08/02/2017	12:00:00	31.5
83592	09/02/2017	12:00:00	10.9
83592	10/02/2017	12:00:00	1
83592	11/02/2017	12:00:00	1.9
83592	12/02/2017	12:00:00	0.2
83592	13/02/2017	12:00:00	0.2
83592	14/02/2017	12:00:00	1.6
83592	15/02/2017	12:00:00	1.2
83592	16/02/2017	12:00:00	0
83592	17/02/2017	12:00:00	0
83592	18/02/2017	12:00:00	0
83592	19/02/2017	12:00:00	0
83592	20/02/2017	12:00:00	0
83592	21/02/2017	12:00:00	0
83592	22/02/2017	12:00:00	0
83592	23/02/2017	12:00:00	0
83592	24/02/2017	12:00:00	0
83592	25/02/2017	12:00:00	0
83592	26/02/2017	12:00:00	0
83592	27/02/2017	12:00:00	0
83592	28/02/2017	12:00:00	3.6
Total da precipitação (mm)=			123.3

Março			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/03/2017	12:00:00	17.8
83592	02/03/2017	12:00:00	0
83592	03/03/2017	12:00:00	0
83592	04/03/2017	12:00:00	0
83592	05/03/2017	12:00:00	0
83592	06/03/2017	12:00:00	0
83592	07/03/2017	12:00:00	0
83592	08/03/2017	12:00:00	6.4
83592	09/03/2017	12:00:00	13.9
83592	10/03/2017	12:00:00	0.5
83592	11/03/2017	12:00:00	0
83592	12/03/2017	12:00:00	0
83592	13/03/2017	12:00:00	0
83592	14/03/2017	12:00:00	0
83592	15/03/2017	12:00:00	0
83592	16/03/2017	12:00:00	0
83592	17/03/2017	12:00:00	0
83592	18/03/2017	12:00:00	0
83592	19/03/2017	12:00:00	0
83592	20/03/2017	12:00:00	12.6
83592	21/03/2017	12:00:00	3.6
83592	22/03/2017	12:00:00	0
83592	23/03/2017	12:00:00	0
83592	24/03/2017	12:00:00	0
83592	25/03/2017	12:00:00	0
83592	26/03/2017	12:00:00	0
83592	27/03/2017	12:00:00	5.2
83592	28/03/2017	12:00:00	23.3
83592	29/03/2017	12:00:00	10.5
83592	30/03/2017	12:00:00	0.2
83592	31/03/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			94

Abril			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/04/2017	12:00:00	0
83592	02/04/2017	12:00:00	0
83592	03/04/2017	12:00:00	0
83592	04/04/2017	12:00:00	0
83592	05/04/2017	12:00:00	0
83592	06/04/2017	12:00:00	0
83592	07/04/2017	12:00:00	0
83592	08/04/2017	12:00:00	0
83592	09/04/2017	12:00:00	0
83592	10/04/2017	12:00:00	0
83592	11/04/2017	12:00:00	0
83592	12/04/2017	12:00:00	0.2
83592	13/04/2017	12:00:00	4.9
83592	14/04/2017	12:00:00	2.4
83592	15/04/2017	12:00:00	0.2
83592	16/04/2017	12:00:00	0
83592	17/04/2017	12:00:00	0
83592	18/04/2017	12:00:00	2.7
83592	19/04/2017	12:00:00	6
83592	20/04/2017	12:00:00	0
83592	21/04/2017	12:00:00	0
83592	22/04/2017	12:00:00	0
83592	23/04/2017	12:00:00	7.6
83592	24/04/2017	12:00:00	23.1
83592	25/04/2017	12:00:00	0
83592	26/04/2017	12:00:00	0
83592	27/04/2017	12:00:00	0
83592	28/04/2017	12:00:00	19.6
83592	29/04/2017	12:00:00	0.4
83592	30/04/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			67.1

Maio			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/05/2017	12:00:00	0
83592	02/05/2017	12:00:00	0
83592	03/05/2017	12:00:00	0
83592	04/05/2017	12:00:00	0
83592	05/05/2017	12:00:00	0
83592	06/05/2017	12:00:00	0
83592	07/05/2017	12:00:00	2.4
83592	08/05/2017	12:00:00	0
83592	09/05/2017	12:00:00	0
83592	10/05/2017	12:00:00	0
83592	11/05/2017	12:00:00	0
83592	12/05/2017	12:00:00	0
83592	13/05/2017	12:00:00	0
83592	14/05/2017	12:00:00	0
83592	15/05/2017	12:00:00	0
83592	16/05/2017	12:00:00	0
83592	17/05/2017	12:00:00	10.7
83592	18/05/2017	12:00:00	0
83592	19/05/2017	12:00:00	0
83592	20/05/2017	12:00:00	3.7
83592	21/05/2017	12:00:00	1.1
83592	22/05/2017	12:00:00	0
83592	23/05/2017	12:00:00	0.3
83592	24/05/2017	12:00:00	0
83592	25/05/2017	12:00:00	0
83592	26/05/2017	12:00:00	2.4
83592	27/05/2017	12:00:00	0
83592	28/05/2017	12:00:00	0
83592	29/05/2017	12:00:00	0
83592	30/05/2017	12:00:00	0
83592	31/05/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			20.6

Junho			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/06/2017	12:00:00	0
83592	02/06/2017	12:00:00	0
83592	03/06/2017	12:00:00	0.4
83592	04/06/2017	12:00:00	0.2
83592	05/06/2017	12:00:00	0
83592	06/06/2017	12:00:00	0
83592	07/06/2017	12:00:00	0
83592	08/06/2017	12:00:00	0
83592	09/06/2017	12:00:00	0
83592	10/06/2017	12:00:00	0
83592	11/06/2017	12:00:00	0.8
83592	12/06/2017	12:00:00	1.6
83592	13/06/2017	12:00:00	0
83592	14/06/2017	12:00:00	0
83592	15/06/2017	12:00:00	7.1
83592	16/06/2017	12:00:00	0
83592	17/06/2017	12:00:00	0
83592	18/06/2017	12:00:00	0
83592	19/06/2017	12:00:00	0
83592	20/06/2017	12:00:00	0
83592	21/06/2017	12:00:00	0
83592	22/06/2017	12:00:00	0
83592	23/06/2017	12:00:00	0
83592	24/06/2017	12:00:00	0
83592	25/06/2017	12:00:00	1.1
83592	26/06/2017	12:00:00	0
83592	27/06/2017	12:00:00	0
83592	28/06/2017	12:00:00	6.7
83592	29/06/2017	12:00:00	0
83592	30/06/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			17.9

Julho			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/07/2017	12:00:00	0
83592	02/07/2017	12:00:00	0
83592	03/07/2017	12:00:00	0
83592	04/07/2017	12:00:00	0
83592	05/07/2017	12:00:00	0
83592	06/07/2017	12:00:00	0
83592	07/07/2017	12:00:00	0
83592	08/07/2017	12:00:00	0
83592	09/07/2017	12:00:00	0
83592	10/07/2017	12:00:00	0
83592	11/07/2017	12:00:00	0
83592	12/07/2017	12:00:00	0
83592	13/07/2017	12:00:00	0
83592	14/07/2017	12:00:00	0
83592	15/07/2017	12:00:00	0.3
83592	16/07/2017	12:00:00	0
83592	17/07/2017	12:00:00	1.4
83592	18/07/2017	12:00:00	1.8
83592	19/07/2017	12:00:00	0
83592	20/07/2017	12:00:00	0
83592	21/07/2017	12:00:00	0.3
83592	22/07/2017	12:00:00	0
83592	23/07/2017	12:00:00	0.5
83592	24/07/2017	12:00:00	0
83592	25/07/2017	12:00:00	0.2
83592	26/07/2017	12:00:00	0
83592	27/07/2017	12:00:00	0
83592	28/07/2017	12:00:00	0
83592	29/07/2017	12:00:00	0
83592	30/07/2017	12:00:00	0.2
83592	31/07/2017	12:00:00	0.6
Total da precipitação (mm)=			5.3

Agosto			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/08/2017	12:00:00	0.8
83592	02/08/2017	12:00:00	0
83592	03/08/2017	12:00:00	0
83592	04/08/2017	12:00:00	0
83592	05/08/2017	12:00:00	0
83592	06/08/2017	12:00:00	0
83592	07/08/2017	12:00:00	0
83592	08/08/2017	12:00:00	0
83592	09/08/2017	12:00:00	0
83592	10/08/2017	12:00:00	0
83592	11/08/2017	12:00:00	0.3
83592	12/08/2017	12:00:00	0.1
83592	13/08/2017	12:00:00	0
83592	14/08/2017	12:00:00	0
83592	15/08/2017	12:00:00	0
83592	16/08/2017	12:00:00	0
83592	17/08/2017	12:00:00	0
83592	18/08/2017	12:00:00	0
83592	19/08/2017	12:00:00	0
83592	20/08/2017	12:00:00	0
83592	21/08/2017	12:00:00	0
83592	22/08/2017	12:00:00	0
83592	23/08/2017	12:00:00	0
83592	24/08/2017	12:00:00	0
83592	25/08/2017	12:00:00	0
83592	26/08/2017	12:00:00	0
83592	27/08/2017	12:00:00	0
83592	28/08/2017	12:00:00	0
83592	29/08/2017	12:00:00	0
83592	30/08/2017	12:00:00	0
83592	31/08/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			1.2

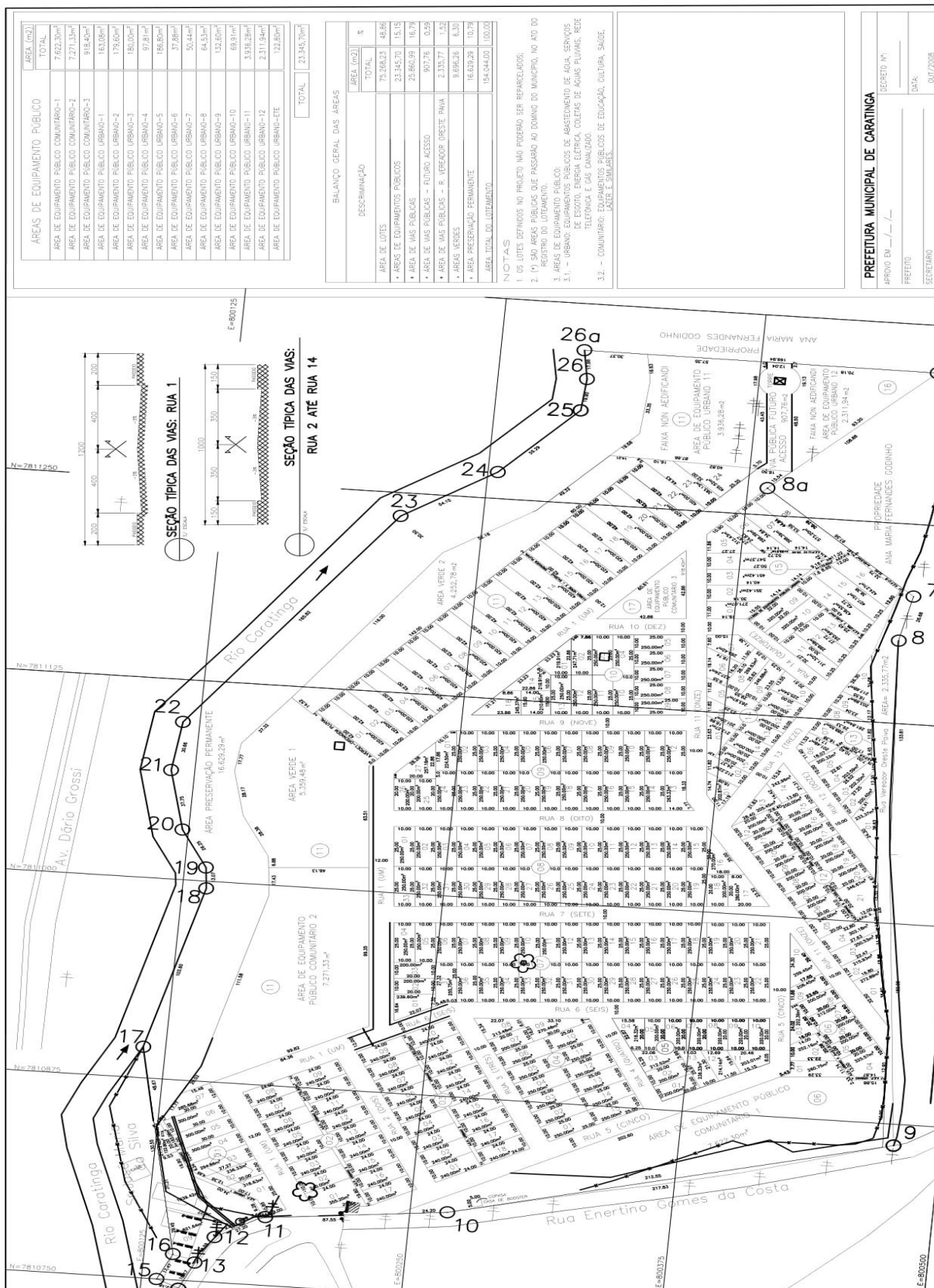
Setembro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/09/2017	12:00:00	0
83592	02/09/2017	12:00:00	0
83592	03/09/2017	12:00:00	0
83592	04/09/2017	12:00:00	0
83592	05/09/2017	12:00:00	0
83592	06/09/2017	12:00:00	0
83592	07/09/2017	12:00:00	0
83592	08/09/2017	12:00:00	0
83592	09/09/2017	12:00:00	0
83592	10/09/2017	12:00:00	0.3
83592	11/09/2017	12:00:00	0
83592	12/09/2017	12:00:00	0
83592	13/09/2017	12:00:00	0
83592	14/09/2017	12:00:00	0
83592	15/09/2017	12:00:00	0
83592	16/09/2017	12:00:00	0
83592	17/09/2017	12:00:00	0
83592	18/09/2017	12:00:00	0
83592	19/09/2017	12:00:00	0
83592	20/09/2017	12:00:00	0
83592	21/09/2017	12:00:00	0
83592	22/09/2017	12:00:00	0
83592	23/09/2017	12:00:00	0
83592	24/09/2017	12:00:00	0
83592	25/09/2017	12:00:00	0
83592	26/09/2017	12:00:00	0
83592	27/09/2017	12:00:00	0
83592	28/09/2017	12:00:00	0
83592	29/09/2017	12:00:00	0
83592	30/09/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			0.3

Outubro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/10/2017	12:00:00	23
83592	02/10/2017	12:00:00	0
83592	03/10/2017	12:00:00	0
83592	04/10/2017	12:00:00	0
83592	05/10/2017	12:00:00	3.8
83592	06/10/2017	12:00:00	0
83592	07/10/2017	12:00:00	0
83592	08/10/2017	12:00:00	0
83592	09/10/2017	12:00:00	0
83592	10/10/2017	12:00:00	0
83592	11/10/2017	12:00:00	0
83592	12/10/2017	12:00:00	0
83592	13/10/2017	12:00:00	0
83592	14/10/2017	12:00:00	0
83592	15/10/2017	12:00:00	0
83592	16/10/2017	12:00:00	0
83592	17/10/2017	12:00:00	0
83592	18/10/2017	12:00:00	0.8
83592	19/10/2017	12:00:00	0
83592	20/10/2017	12:00:00	0
83592	21/10/2017	12:00:00	0
83592	22/10/2017	12:00:00	0
83592	23/10/2017	12:00:00	0
83592	24/10/2017	12:00:00	0
83592	25/10/2017	12:00:00	0
83592	26/10/2017	12:00:00	0
83592	27/10/2017	12:00:00	0
83592	28/10/2017	12:00:00	5.4
83592	29/10/2017	12:00:00	0
83592	30/10/2017	12:00:00	9.8
83592	31/10/2017	12:00:00	10
Total da precipitação (mm)=			52.8

Novembro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/11/2017	12:00:00	56.4
83592	02/11/2017	12:00:00	8
83592	03/11/2017	12:00:00	0
83592	04/11/2017	12:00:00	0
83592	05/11/2017	12:00:00	0
83592	06/11/2017	12:00:00	14.1
83592	07/11/2017	12:00:00	3.7
83592	08/11/2017	12:00:00	0
83592	09/11/2017	12:00:00	1.6
83592	10/11/2017	12:00:00	0.2
83592	11/11/2017	12:00:00	8.6
83592	12/11/2017	12:00:00	3
83592	13/11/2017	12:00:00	0
83592	14/11/2017	12:00:00	0
83592	15/11/2017	12:00:00	0
83592	16/11/2017	12:00:00	0
83592	17/11/2017	12:00:00	0
83592	18/11/2017	12:00:00	0
83592	19/11/2017	12:00:00	0
83592	20/11/2017	12:00:00	11.1
83592	21/11/2017	12:00:00	1.8
83592	22/11/2017	12:00:00	4
83592	23/11/2017	12:00:00	15.3
83592	24/11/2017	12:00:00	42.3
83592	25/11/2017	12:00:00	3.4
83592	26/11/2017	12:00:00	0.9
83592	27/11/2017	12:00:00	0
83592	28/11/2017	12:00:00	0
83592	29/11/2017	12:00:00	38.4
83592	30/11/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			212.8

Dezembro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/12/2017	12:00:00	5.1
83592	02/12/2017	12:00:00	164.9
83592	03/12/2017	12:00:00	6.1
83592	04/12/2017	12:00:00	2.4
83592	05/12/2017	12:00:00	7.1
83592	06/12/2017	12:00:00	0.5
83592	07/12/2017	12:00:00	5
83592	08/12/2017	12:00:00	0.8
83592	09/12/2017	12:00:00	17.4
83592	10/12/2017	12:00:00	5
83592	11/12/2017	12:00:00	0.5
83592	12/12/2017	12:00:00	23.9
83592	13/12/2017	12:00:00	0
83592	14/12/2017	12:00:00	4.6
83592	15/12/2017	12:00:00	0.2
83592	16/12/2017	12:00:00	0
83592	17/12/2017	12:00:00	0
83592	18/12/2017	12:00:00	0
83592	19/12/2017	12:00:00	0
83592	20/12/2017	12:00:00	2.6
83592	21/12/2017	12:00:00	0
83592	22/12/2017	12:00:00	0
83592	23/12/2017	12:00:00	0
83592	24/12/2017	12:00:00	0
83592	25/12/2017	12:00:00	0
83592	26/12/2017	12:00:00	0
83592	27/12/2017	12:00:00	0
83592	28/12/2017	12:00:00	0
83592	29/12/2017	12:00:00	0
83592	30/12/2017	12:00:00	0
83592	31/12/2017	12:00:00	6.6
Total da precipitação (mm)=			252.7

ANEXO B – Projeto urbanístico do loteamento “Moacir Maria”



ANEXO C – Planilha de dados para simulação do reservatório no Netuno 4

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Volume extravasado (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m³)
0.00	0.00	0.00	900.00	298.27	0.00	0.00	100.00	0.00
500.00	7.04	63.40	836.60	252.08	16.99	8.49	74.52	46.96
1000.00	9.72	87.45	812.55	248.84	28.77	6.30	64.93	17.82
1500.00	11.42	102.76	797.24	240.29	35.89	4.93	59.18	11.35
2000.00	12.79	115.12	784.88	238.13	41.10	4.11	54.79	9.15
2500.00	13.91	125.15	774.85	230.07	44.93	3.56	51.51	7.43
3000.00	14.74	132.69	767.31	226.71	47.95	3.56	48.49	5.59
3500.00	15.50	139.54	760.46	224.19	49.86	3.56	46.58	5.07
4000.00	16.27	146.39	753.61	220.41	52.05	3.56	44.38	5.07
4500.00	16.85	151.61	748.39	210.24	54.52	3.01	42.47	3.87
5000.00	17.19	154.69	745.31	210.24	55.89	3.01	41.10	2.28
5500.00	17.38	156.41	743.59	200.20	56.71	2.47	40.82	1.28
6000.00	17.53	157.78	742.22	193.42	57.53	1.92	40.55	1.01
6500.00	17.68	159.15	740.85	193.42	58.08	1.64	40.27	1.01
7000.00	17.84	160.52	739.48	193.42	58.90	1.37	39.73	1.01
7500.00	17.99	161.89	738.11	186.52	59.45	0.82	39.73	1.01
8000.00	18.14	163.26	736.74	186.52	59.73	1.10	39.18	1.01
8500.00	18.29	164.63	735.37	186.52	60.27	1.10	38.63	1.01
9000.00	18.44	166.00	734.00	186.52	60.82	1.10	38.08	1.01
9500.00	18.60	167.37	732.63	186.52	61.37	1.10	37.53	1.01
10000.00	18.75	168.74	731.26	184.65	61.92	1.10	36.99	1.01
10500.00	18.90	170.11	729.89	181.08	62.47	1.10	36.44	1.01
11000.00	19.05	171.48	728.52	178.40	62.74	1.10	36.16	1.01
11500.00	19.21	172.85	727.15	174.55	63.29	1.10	35.62	1.01
12000.00	19.36	174.22	725.78	174.55	63.84	1.10	35.07	1.01
12500.00	19.51	175.59	724.41	170.11	64.38	0.82	34.79	1.01
13000.00	19.66	176.96	723.04	170.11	64.93	0.82	34.25	1.01
13500.00	19.81	178.33	721.67	170.11	65.48	0.82	33.70	1.01
14000.00	19.97	179.70	720.30	167.79	66.03	0.82	33.15	1.01
14500.00	20.12	181.07	718.93	167.79	66.58	0.82	32.60	1.01
15000.00	20.27	182.44	717.56	167.79	66.85	0.82	32.33	1.01
15500.00	20.42	183.81	716.19	135.89	67.67	0.55	31.78	1.01
16000.00	20.58	185.18	714.82	135.52	68.22	0.55	31.23	1.01
16500.00	20.73	186.55	713.45	135.52	68.77	0.55	30.68	1.01
17000.00	20.88	187.92	712.08	135.52	69.32	0.55	30.14	1.01
17500.00	20.98	188.83	711.17	113.90	69.59	0.55	29.86	0.67
18000.00	20.98	188.83	711.17	108.26	69.59	0.55	29.86	0.00
18500.00	20.98	188.83	711.17	105.46	69.59	0.55	29.86	0.00
19000.00	20.98	188.83	711.17	105.46	69.59	0.55	29.86	0.00
19500.00	20.98	188.83	711.17	104.54	69.59	0.55	29.86	0.00
20000.00	20.98	188.83	711.17	95.03	69.59	0.55	29.86	0.00