

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**AVALIAÇÃO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DO USO CONJUGADO DE ÁGUA
DE CHUVA**

Andre Kazunori Maebara

São Carlos
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

**AVALIAÇÃO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DO USO CONJUGADO DE ÁGUA
DE CHUVA**

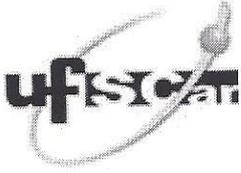
Andre Kazunori Maebara

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do Título em Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Área de Concentração: Sistemas Construtivos

Orientador: Prof. Dr. Douglas Barreto

São Carlos
2018

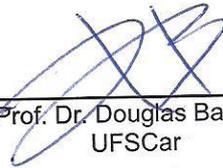


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

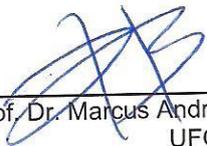
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

Folha de Aprovação

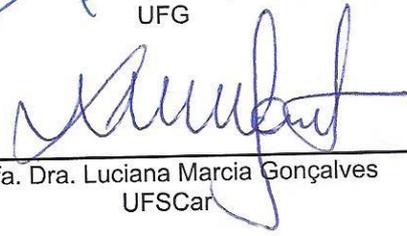
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Andre Kazunori Maebara, realizada em 28/04/2018:



Prof. Dr. Douglas Barreto
UFSCar

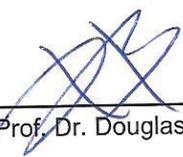


Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos
UFG



Profa. Dra. Luciana Marcia Gonçalves
UFSCar

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Marcus André Siqueira Campos e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.



Prof. Dr. Douglas Barreto

Ao meus pais, Kazinori e Edilma,
familiares e amigos, por todo apoio,
eu dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por tudo que tem feito em minha vida, e por tudo que há de vir.

Também agradeço aos meus pais Kazinori e Edilma, que desde o início desta caminhada tem dado todo apoio, suporte e incentivo. As minhas irmãs Cecilia e Clarice, que deram todo apoio para completar esta jornada.

Agradeço ao CNPq

Ao meu orientador Douglas Barreto, pela amizade, apoio e disponibilidades durante o mestrado. Com certeza pude aprender muitas coisas com ele.

Agradeço também aos membros do grupo de pesquisa Netto, Christian, Luiz, Gustavo, Laís, Caio, Gildásio, Camila, Taciane, Lucas e Débora, pelo companheirismo e apoio. Por todo conhecimento trocado durante o tempo em que estivemos juntos.

Aos amigos Rosana, Wallison, Luciana, Cleber, Raimundo, Keyzo, Maiara, Andreia, Gabriela, por todos momentos juntos, tanto na alegria e descontração, quanto nos momentos difíceis, onde que sempre obtive apoio.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação, juntamente com os professores do programa.

Um agradecimento aos amigos Hugo e Talitha, pelo apoio inicial que tive.

Pelo apoio, amizade e companheirismo, agradeço ao Luiz, que pude conhecer ao morar na cidade de São Carlos.

A todos os amigos e familiares que sempre estiveram me apoiando.

RESUMO

MAEBARA, A. K. **Avaliação da legislação brasileira do uso conjugado de água de chuva.** 2018. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

Com o crescimento das cidades e a grande concentração urbana, começam a ocorrer problemas como a falta de água e de drenagem urbana. Para diminuir esse problema o aproveitamento de água de chuva começa a ser proposto em legislações com o objetivo do uso racional da água potável e diminuição ou controle de enchentes. Justifica-se a importância do estudo das leis municipais, juntamente com as normas, de modo que se identifique e padronize os parâmetros e diretrizes que permitam o uso conjugado da água de chuva, considerando a retenção e aproveitamento. O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da aplicação das legislações municipais para a retenção e aproveitamento de água de chuva em lotes urbanos por meio da identificação das diretrizes contidas nas leis e a respectiva parametrização com as normas técnicas. Através do levantamento bibliográfico das legislações, fez-se o estudo para elucidar os pontos importantes e parâmetros, fazendo-se a comparação entre legislações e normas aplicando-se os parâmetros em diferentes tipologias de casas para as cidades de São Paulo e São José do Rio Preto, por fim, os dimensionamentos, segundo legislações para verificar se atendem à demanda e retenção de água de chuva. Dentre os nove parâmetros levantados e analisados, apenas três deles, o dimensionamento, o uso de água de chuva e a aplicação das legislações, são apresentados de forma detalhada, os parâmetros restantes são apenas citados. No dimensionamento as equações contidas nas leis utilizam variáveis como área impermeável, de cobertura e de terreno. Há também o índice pluviométrico e tempo de chuva, mas são utilizados como constantes. Já para o dimensionamento segundo a norma são utilizados variáveis como o índice pluviométrico e demanda. O potencial de aproveitamento mostrou-se que para grandes volumes de reservatórios é tendencioso para a detenção da água de chuva. Embora que, com grandes volumes de reservatório o sistema de aproveitamento de água de chuva poderá fazer tanto o aproveitamento de água de chuva quando a detenção da água no lote. Por fim mesmo se tratando de uma legislação de retenção de água de chuva, é possível fazer o aproveitamento atendendo a lei.

Palavras-chave: aproveitamento de água pluvial, legislação, parâmetros.

ABSTRACT

MAEBARA, A. K. **Evaluation of the brazilian legislation of conjugated use of rainwater**. 2018. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

With the growth of cities and the great urban concentration, problems like the lack of water and urban drainage begin to occur. To reduce this problem, the use of rainwater begins to be proposed in legislation with the objective of rational use of drinking water and the reduction or control of floods. The importance of the study of municipal laws, together with the norms, is justified in order to identify and standardize the parameters and guidelines that allow the combined use of rainwater, considering retention and utilization. The objective of this work is to evaluate the feasibility of applying municipal legislation for the retention and utilization of rainwater in urban lots by means of the identification of the guidelines contained in the laws and the respective parameterization with the technical standards. Through the bibliographical survey of the legislation, the study was made to elucidate the important points and parameters, making the comparison between laws and norms applying the parameters in different typologies of houses for the cities of São Paulo and São José do Rio Preto, and also the scales, according to legislation to verify if they meet the demand and retention of rainwater. Among the nine parameters analyzed, only three of them, the dimensioning, the use of rainwater and the application of the legislations, are presented in detail, the remaining parameters are just mentioned. In the sizing the equations contained in the laws use variables such as impermeable area of coverage and terrain. There is also the rainfall index and rainfall, but are used as constants. For the sizing according to the standard, variables such as rainfall index and demand are used. The potential for utilization has been shown that for large reservoir volumes it is biased towards the detention of rainwater, although, with large reservoir volumes, the rainwater harvesting system can make both the use of rainwater when water in the lot. Finally, even in the case of rainwater retention legislation, it is possible to make use of it according to the law.

Key-words: rainwater harvesting, legislation, parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cisterna do povo Maia	11
Figura 2: Abandar.....	11
Figura 3: Sistema de fluxo total	14
Figura 4: Sistema com derivação	14
Figura 5: Sistema com volume de retenção	15
Figura 6: Sistema com infiltração no solo.....	15
Figura 7: Etapas do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	16
Figura 8: Hierarquia para as legislações	24
Figura 9: Etapas do método	29
Figura 10: Modelo de residência TI13A-V2	31
Figura 11: Modelo de residência TG12A.....	32
Figura 12: Modelo de residência SR23A.....	33
Figura 13: Comparação dimensionamento de reservatório para cidade de São Paulo	46
Figura 14: Comparação dimensionamento de reservatório para cidade de São José do Rio Preto	47
Figura 15: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São Paulo.....	49
Figura 16: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São Paulo	49
Figura 17: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São Paulo	50
Figura 18: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São Paulo.....	50
Figura 19: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São Paulo	51
Figura 20: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São Paulo	51
Figura 21: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São Paulo.....	52
Figura 22: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São Paulo	52
Figura 23: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São Paulo	53
Figura 24: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São José do Rio Preto	54

Figura 25: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São José do Rio Preto	54
Figura 26: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São José do Rio Preto.....	55
Figura 27: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São José do Rio Preto	55
Figura 28: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São José do Rio Preto	56
Figura 29: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São José do Rio Preto.....	56
Figura 30: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São José do Rio Preto	57
Figura 31: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São José do Rio Preto	57
Figura 32: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São José do Rio Preto.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição da quantidade de água e população por regiões.....	6
Tabela 2: Análise comparativa da qualidade da água.....	18
Tabela 3: Legislação municipal	25
Tabela 4: Legislação por região	27
Tabela 5: Legislação por tipo	27
Tabela 6: Legislação por ano	28
Tabela 7: Normativas referenciadas na ABNT NBR 15527:2007.....	28
Tabela 8: Prescrição das legislações	36
Tabela 9: Dimensionamento do reservatório das legislações	37
Tabela 10: Parâmetro dimensionamento citado nas legislações.....	37
Tabela 11: Captação por coberturas e pavimentos.....	40
Tabela 12: Captação apenas por coberturas	40
Tabela 13: Legislações que apenas citam sobre captação.....	41
Tabela 14: Legislações que apenas citam sobre condução.....	41
Tabela 15: Usos mais comuns para água de chuva.....	42
Tabela 16: Legislações que apresentam critério de aplicação	43
Tabela 17: Legislações que citam sobre tratamento	44
Tabela 18: Legislações que citam sobre qualidade da água.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Coeficiente de escoamento superficial médios.....	17
Quadro 2: Tipos de tratamentos da água.....	19
Quadro 3: Quadro de parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	20
Quadro 4: Usos da água por classes.....	23
Quadro 5: Parâmetros legislações e norma.....	35
Quadro 6: Variáveis dos métodos de dimensionamento de reservatório.....	38
Quadro 7: Volumes reservatórios para cidade de São Paulo.....	48
Quadro 8: Volumes reservatórios para cidade de São José do Rio Preto.....	48
Quadro 9: Volume de água captada, simulação cidade de São Paulo para tipologiaTI13A-V2.....	72
Quadro 10: Quantidade água detida e extravasada, simulação cidade de São Paulo para tipologiaTI13A-V2.....	73

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 Breve histórico sobre o aproveitamento de água de chuva	10
3.2 Aproveitamento de água de chuva em outros países	12
3.3 Aproveitamento de água de chuva no brasil	13
3.4 Sistema de aproveitamento de água de chuva	13
3.4.1 Captação	17
3.4.2 Condução	17
3.4.3 Descarte do primeiro volume de água (First flush)	18
3.4.4 Tratamento da água de chuva.....	19
3.4.5 Armazenamento da água de chuva.....	20
3.4.6 Utilização da água de chuva	22
3.5 Legislações	23
3.5.1 Legislações municipais.....	25
3.6 Norma brasileira.....	28
4. MÉTODO	29
4.1 Revisão bibliográfica	29
4.2 Estudo das legislações	30
4.3 Definição das condições	30
4.3.1 Local.....	30
4.3.2 Índices pluviométricos	33
4.3.3 Demanda de água	34
4.4 Potencial de aproveitamento.....	34
4.5 Análises das aplicações.....	34
5. RESULTADOS	35
5.1 Estudo das legislações	35

5.1.1	Dimensionamento do reservatório	37
5.1.2	Captação	40
5.1.3	Condução	41
5.1.4	Uso de água de chuva.....	42
5.1.5	Aplicação das legislações	43
5.1.6	Tratamento	43
5.1.7	Qualidade da água	44
5.1.8	Filtragem	45
5.1.9	Descarte inicial (First flush)	45
5.2	Potencial hipotético de aproveitamento e detenção	45
5.2.1	Comparação dos dimensionamentos de reservatórios.....	45
5.2.2	Quantitativo de água	47
6.	DISCUSSÃO	59
6.1	Parâmetros das legislações	59
6.1.1	Dimensionamento.....	59
6.1.2	Captação	59
6.1.3	Condução	59
6.1.4	Critério de aplicação.....	60
6.1.5	Uso, tratamento e qualidade da água.....	60
6.1.6	Filtragem e descarte inicial.....	60
6.2	Potencial do aproveitamento.....	61
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICE.....	72

1. INTRODUÇÃO

A Terra é um planeta onde, cerca de 70% de sua superfície é coberta por água. No entanto apenas a pequena parcela, referente à água doce pode ser usada para o consumo humano (BARROS e AMIN, 2008). Mesmo parecendo um recurso ilimitado, fatores como crescimento populacional, aumento das atividades agrícola e industrial e a má gestão dos recursos hídricos, deixam cada vez menos aptas as fontes para o atendimento da demanda, gerando assim a escassez. (MAY, 2004).

O Brasil possui em seu território a parcela de 12% da água doce mundial, mesmo assim cidades sofrem com o problema de falta de água (SANTOS e SANTOS, 2009). Entretanto a distribuição da população com relação à distribuição da disponibilidade dos recursos hídricos não é proporcional, pois onde há a maior disponibilidade de recursos hídricos é onde se tem a menor densidade populacional, bem como onde há a maior densidade populacional, há a menor disponibilidade de recursos hídricos (PNRH, 2006), como consta na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição da quantidade de água e população por regiões.

	Quantidade de água (km³/ano)	%	População	%
Norte	3.845,5	68,50	12.900.704	7,60
Nordeste	186,2	3,30	47.741.711	28,11
Sudeste	334,2	6,00	72.412.411	42,65
Sul	365,4	6,50	25.107.616	14,78
Centro Oeste	878,7	5,70	11.636.728	6,86

Fonte: adaptado de Tomaz (2009)

Com o crescimento das cidades e a grande concentração urbana, as enchentes urbanas e a grande demanda de água, problemas como a falta de água estão se tornando frequentes, já que a disponibilidade para atender a demanda mostra um déficit de recursos hídricos, observando-se as condições críticas em períodos de estiagem principalmente em regiões metropolitanas. (TUCCI, HESPANHOL e NETTO, 2003). O aumento do consumo de água e a impermeabilização do solo trazem problemas relacionados à falta no abastecimento de água potável e inundações por problemas no sistema de drenagem urbana.

Marengo et al. (2015) relatam que o crescimento da demanda de água, ausência de planejamento do gerenciamento do recurso hídrico e de consciência coletiva dos consumidores para o uso racional de água têm contribuído para gerar situações que conduzem à crise hídrica de certas regiões do país.

Em caráter introdutório faz-se necessário estabelecer o conjunto de termos que se sobrepõem e muitas vezes são interpretados como sinônimos, mas na realidade definem uma linha bem demarcada entre eles. São os termos Aproveitamento de Água de Chuva; Uso Racional da Água; Detenção e Retenção de Água no lote.

Assim nesta Dissertação os termos são definidos como: Aproveitamento de água de chuva, como sendo os diversos usos internos na edificação da água coletada da chuva incidente nesta edificação; uso racional da água é aquele uso que contempla a minimização dos volumes nos usos, sem afetar a qualidade ou mesmo o uso em si, ou seja usar o menos possível de água para um determinado uso, como por exemplo, diminuir o volume de descarga em uma bacia sanitária sem comprometer o seu funcionamento, que é carregar os dejetos. Retenção de água significa estocar e manter a água de chuva no lote para usos posteriores, sem descarga a jusante, e detenção, já é o armazenamento temporário da água de chuva no lote, podendo ou não ser utilizado, e posteriormente descarregado à jusante. Outrossim, para efeito desta pesquisa, utiliza-se o termo "Uso Conjugado" como sendo a possibilidade de uso da água de chuva nas edificações e o volume excedente ao uso como sendo detenção no lote.

Para diminuir esses problemas, na Europa e América do Norte nos anos 70, foram implementadas técnicas alternativas ou compensatórias de drenagem, técnicas essas que por meio de infiltração e armazenamento buscam reduzir o tempo e a quantidade de água pluvial que vai para as áreas impermeabilizadas, reduzindo assim o risco de inundações (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2011). Outra alternativa, para diminuir o consumo de água potável, é o aproveitamento de água de chuva, que pode reduzir o uso de água potável entre 7 a 38% (MAY, 2009).

As medidas para a racionalização de água que vêm sendo adotadas e implantadas na sociedade, como a implantação de novas teorias e tecnologias que resultem em mudança de comportamento da sociedade, promovendo o uso sustentável da água (MONTIBELLER e SCHMIDT, 2004).

No cenário nacional, o abastecimento de água para as cidades ainda tem enfoque nos recursos hídricos e subterrâneos, ocorrendo o uso de fontes alternativas, água da chuva em situações em que há baixa disponibilidade hídrica. Mas com o incentivo das legislações de nosso país, o uso de fontes alternativas, como exemplo água de chuva e águas cinzas, está em crescente, fazendo com que novos projetos, tanto residencial, comercial ou industrial, tenha a obrigatoriedade de contemplar o aproveitamento de água de chuva (SENADO FEDERAL, 2015).

Nas cidades brasileiras começam a ser propostas legislações exigindo ou incentivando a captação, retenção e uso de água pluvial, com o objetivo do uso racional da água potável. Aliado a isso a implantação de sistemas de captação e uso de água pluvial colaboram para minimizar os problemas hídricos, e municípios como São Paulo, começam a propor leis para a implantação do sistema de captação, retenção e uso de água pluvial.

Entretanto, de acordo com Hagemann (2009) até o ano de 2007 não havia norma específica para o aproveitamento de água de chuva, de modo que algumas legislações municipais, foram criadas antes da norma NBR 15527 (ABNT, 2007), ou seja, não contém nenhuma diretriz ou recomendação que a norma propõe algumas dessas leis não definem como deve ser feito o dimensionamento ou não apresentam todos os parâmetros necessário para o sistema de aproveitamento de água chuva.

Deste modo, destaca-se a importância do estudo das leis municipais, juntamente com as normas, de modo que se identifique e padronize os parâmetros e diretrizes sendo que há a possibilidade do uso conjugado da água de chuva, considerando os aspectos de retenção no lote e aproveitamento para consumo em atividades que não requeiram água potável nas edificações.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral é avaliar a viabilidade da aplicação das legislações municipais para a retenção e aproveitamento de água de chuva em lotes urbanos por meio da identificação das diretrizes contidas nas leis e a respectiva parametrização com as normas técnicas.

Como objetivos específicos listam-se:

- Comparar as legislações municipais e normas;
- Identificar divergências e convergências entre os parâmetros de aproveitamento de água pluvial entre as legislações e normas;
- Definir parâmetros aplicáveis;
- Comparar método de dimensionamento em estudo de caso;
- Comparar resultados e identificar a viabilidade do uso conjugado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica abrangeu pesquisas em diversas fontes desdobrando-se em uma breve abordagem do histórico, o aproveitamento de água de chuva do aproveitamento de água de chuva no exterior e no Brasil, o sistema de aproveitamento de água de chuva, as legislações municipais e norma aplicável. Os resultados da revisão estão apresentados nos itens subsequentes.

3.1 BREVE HISTÓRICO SOBRE O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A captação da água da chuva, desde a antiguidade, era uma ferramenta para contornar os problemas de abastecimento de água. O que se faz hoje é bem próximo do que se fazia na época.

Em civilizações como o Antigo Egito, Mesopotâmia e Índia, o abastecimento de água, por volta de 3750 a.C., era canalizado (WERNECK, 2006). Cerca de 180 anos a.C. os gregos, na parte mais alta da cidade, já coletavam a água da chuva em cisternas, e por meio de canalização a parte baixa da cidade era abastecida por elas.

Os Maias também detinham a habilidade de encanamento de água potável. Ruínas de canais, aquedutos e cisternas para depósito da água de chuva foram encontradas no período de 100 a.C e 300 d.C. A Figura 1 apresenta uma cisterna do povo Maia chamada Chultun com capacidade de 45 mil litros, diâmetro de 5 m, e a área de captação entre 100 e 200 m².

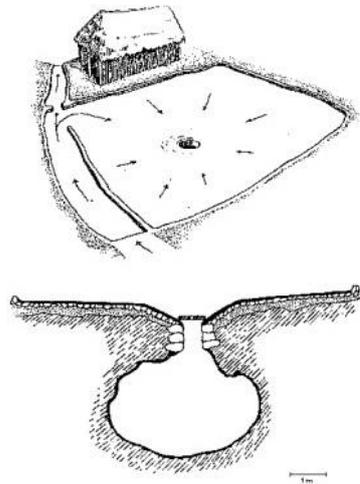


Figura 1: Cisterna do povo Maia

Fonte: Gnadlinger (2000)

Estes aquedutos e cisternas eram escavadas no subsolo com formação calcária, suas paredes eram revestidas de um reboco impermeável. Na abertura localizava-se uma pedra com um buraco no meio onde se colocava um pino de madeira que retraía quando ocorria a precipitação (GNADLINGER, 2000).

Um dos métodos para a captação da água de chuva e condensação utilizados por esse povo era colocar canos nas bases das pirâmides, que conduziam a água até as cisternas (SILVA, 1998). Os chineses já utilizavam cacimbas e tanques para captação da água de chuva há mais de 2000 anos (GNADLINGER, 2000), e no Irã é possível encontrar o Abandar (Figura 2), antigo sistema de captação de água de chuva comunitária (VIEIRA, 2008)

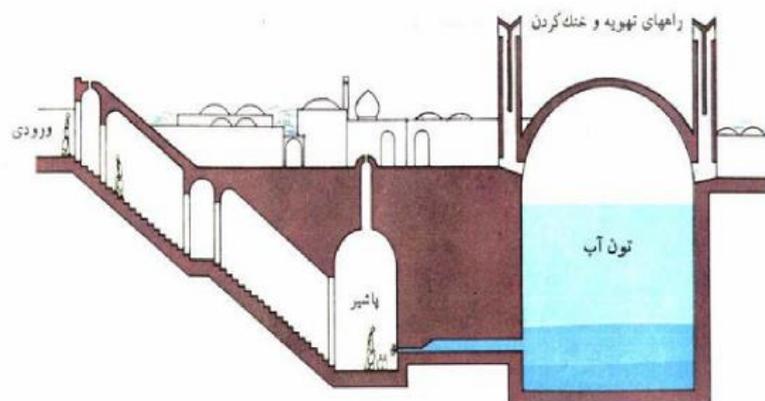


Figura 2: Abandar

Fonte: Vieira (2008)

Nos anos 70 na Índia a captação de água de chuva teve papel importante para a economia quando o país passou a exportar produção agrícola e nos anos 80 cerca de 650 cidades se beneficiaram desse sistema para suprir seu consumo apesar de estarem localizadas em região propensa a longas secas (VIEIRA, 2008).

3.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM OUTROS PAÍSES

O aproveitamento de água chuva pode ser feita para dois fins: para a diminuição do consumo de água potável e/ou para diminuição das enchentes das cidades.

No Reino Unido um terço do consumo de água potável de uma residência é usada para a limpeza da bacia sanitária (FEWKES, 1999). O uso de água pluvial para os britânicos é intensificado já que é uma economia no volume de água potável a utilização de água de chuva em locais onde não há necessidade do uso de água potável. Na Austrália o uso de água de chuva também gera economia no consumo de água potável, esta economia é de aproximadamente 45% do consumo total de uma residência (MARKS,2002).

De acordo com Schimidt (2001), nas cidades da Alemanha desde 2000, governo cobra uma taxa para lugares que introduzem a água pluvial no sistema de esgoto público, representando economia financeira e de água.

Che-Ani et al. (2009) afirma que o aproveitamento da água de chuva é um importante meio para suprir a demanda de água crescente das cidades, citando como exemplo países como Estados Unidos, Japão, Alemanha entre outros, que estudo realizados citam que o consumo de água nas residências foi diminuído em 30% com a utilização do aproveitamento da água de chuva (LIMA et al., 2011).

Che-Ani et al. (2009) ainda cita benefícios para o uso da água de chuva, tanto social, econômico e ambientais, tais como:

- São uma fonte alternativa limpa, independente e ampla;
- Uma tecnologia simples;
- Uma redução do volume de água comprada, ou do uso de água potável;

- Pode reduzir os custos de construção para novas redes de abastecimento;
- Pode reduzir o risco de inundações, devido a modificação no tempo de escoamento da chuva ao sistema de drenagem urbana.

3.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO BRASIL

Nem toda a água utilizada precisa, necessariamente, ser potável. Por exemplo a irrigação, lavagem de carros, limpeza de pisos, e descarga de bacia sanitária, podem ter em seu uso a água de qualidade inferior, diminuindo consideravelmente uso de água potável. O aproveitamento da água de chuva é uma fonte alternativa para o uso quando não há necessidade de água tratada (SILVA e TASSI, 2005).

Os mesmos autores, reportam que municípios brasileiros implementaram no Plano Diretor, diretrizes para os novos empreendimentos, nos quais são previstas a construção de sistema para o controle do aumento das vazões gerado pela impermeabilização. Os Planos Diretores obrigam que sejam instalados, entre outras estruturas, reservatórios de retenção temporário das águas da chuva.

Outros municípios do Brasil, como Curitiba-PR (Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003), São Carlos-SP (Lei nº 10.729, de 10 de fevereiro de 2016) e São Paulo-SP (Lei nº 14.018, de 28 de junho de 2005), começam a propor legislações ou programas para a conservação e uso racional da água nas edificações. Estas legislações estão complementando o Plano Diretor das cidades, com a inclusão do sistema de captação e uso de água pluvial para minimizar o uso de água potável nas edificações.

3.4 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial depende de fatores como: precipitação, área de captação e demanda de água, condições ambientais do meio, fator econômico e finalidade para uso desta água (MARINOSKI, 2007). Os autores Herrmann e Schmida (1999) comentam sobre quatro formas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

O sistema de fluxo total (Figura 3), toda a água de chuva coletada pela superfície de captação é direcionada para o reservatório de armazenamento. Neste sistema a água passa por filtro para a retirada de sólidos grosseiros, como folhas e galhos, e o volume que se extravasa no reservatório é lançado no sistema de drenagem.

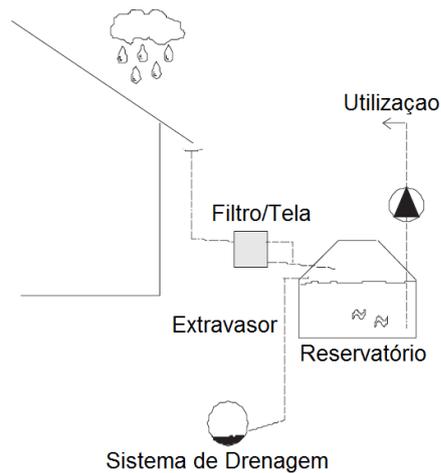


Figura 3: Sistema de fluxo total

Fonte: Adaptado de Herrmann e Schmida (1999)

Sistema com derivação também chamado de auto limpante representado pela Figura 4, há uma derivação instalada para fazer o descarte da primeira parte da chuva, direcionada para o sistema de drenagem. Um filtro para fazer a separação de sólidos grosseiros também pode ser instalado no sistema.

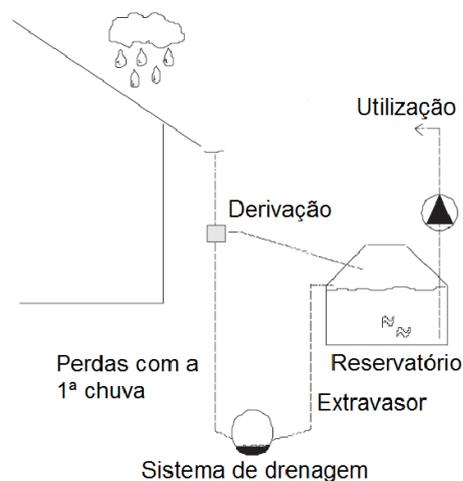


Figura 4: Sistema com derivação

Fonte: Adaptado de Herrmann e Schmida (1999)

No sistema com volume de retenção, o reservatório é construído com maior volumetria para ser capaz de armazenar além do volume de demanda de uso o volume adicional afim de prevenir enchentes (Figura 5).

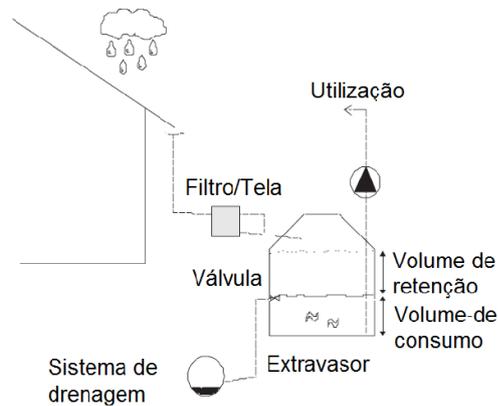


Figura 5: Sistema com volume de retenção

Fonte: Adaptado de Herrmann e Schmida (1999)

Sistema com infiltração no solo, parecido com o sistema de fluxo total, toda a água de chuva é armazenada no reservatório após passar por um filtro, sendo que, o volume excedente do reservatório é direcionado para ser infiltrado no solo (Figura 6).

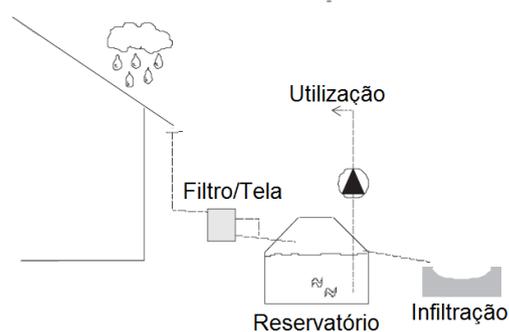


Figura 6: Sistema com infiltração no solo

Fonte: Adaptado de Herrmann e Schmida (1999)

O sistema de aproveitamento de água de chuva consiste em 3 etapas: coleta, armazenamento e tratamento (SOARES et al., 1997). Já para Tomaz (2010) segue as etapas de captação, condução, descarte do primeiro volume de água, tratamento, armazenamento e utilização, como apresentado na Figura 7. Este é o sistema com derivação como descreve Herrmann e Schmida (1999) pois é feito o descarte dos primeiros volumes de chuva.

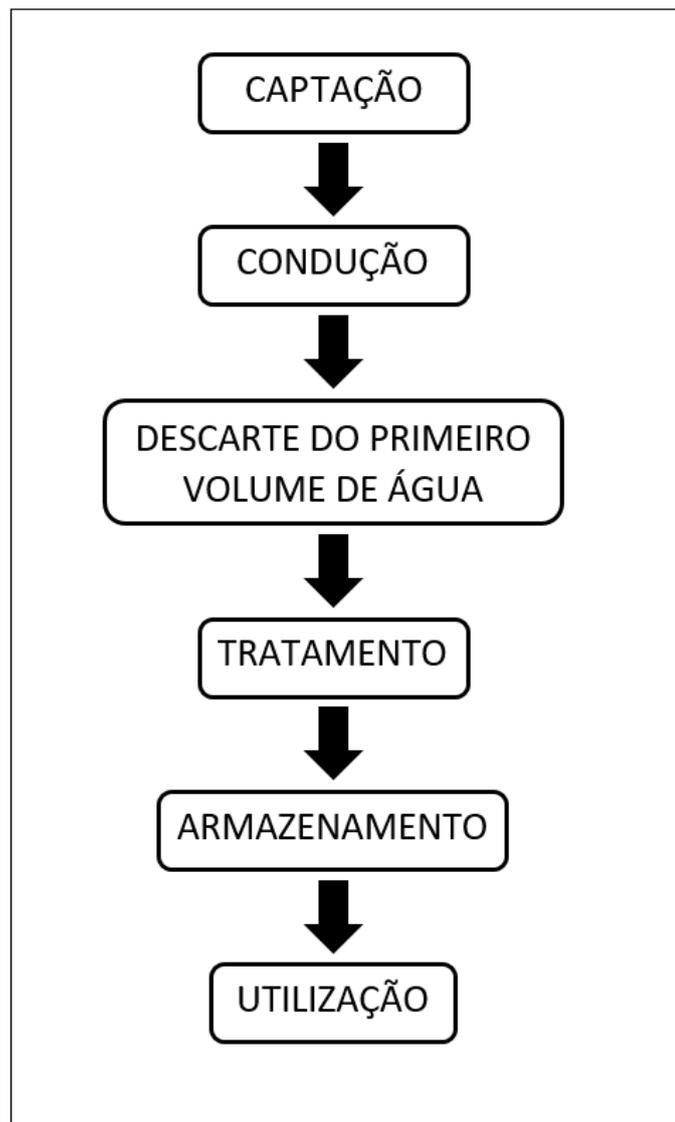


Figura 7: Etapas do sistema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: adaptado de Tomaz (2010).

Estas etapas estão detalhadas nos itens a seguir.

3.4.1 CAPTAÇÃO

A captação da água de chuva deve ser feita pela cobertura, sendo que é levado em conta é a sua área e o tipo de material utilizado, como exemplo telhas cerâmicas, metálicas, de concreto, ou lajes impermeabilizadas. Chang et al. (2004) afirmam que o tipo de material utilizado no telhado é importante para definir a qualidade da água da chuva.

Para fazer o dimensionamento do sistema é necessário considerar o coeficiente de escoamento (*runoff*), que leva em conta a limpeza do telhado e perdas por evaporação. Tomaz (2009) apresenta valores dos coeficientes de escoamento superficial médios de acordo com o material (Quadro 1).

Quadro 1: Coeficientes de escoamento superficial médios

MATERIAL	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2009.

Mesmo havendo valores variados de coeficiente para tipos de materiais diferentes, Tomaz recomenda adotar o valor do coeficiente de 0,95.

Já para a área de captação a NBR 10844 (ABNT, 1989) apresenta diferentes situações de superfícies e como é feito o cálculo da área de captação, onde mesmo sendo apresentando formas de para o cálculo da área de captação, para o aproveitamento de água de chuva, para estimar a oferta de água e para determinar a área de captação, normalmente utiliza-se a área da projeção do telhado.

3.4.2 CONDUÇÃO

A condução da água de chuva é composta por condutores horizontais e verticais. Tomaz (2010) relata que os condutores horizontais, as calhas, devem ser resistentes à corrosão, ter alto coeficiente de escoamento, ser leves e rígidos. E os

condutores verticais são os que transportam a água do telhado para o local de armazenamento.

O dimensionamento dos componentes de condução depende das características físicas da superfície de captação e do regime de precipitação, devendo ser dimensionados de modo a atender a capacidade de vazão do projeto (KRISHNA et al, 2005). No Brasil o dimensionamento segue recomendações da NBR 10844 (ABTN, 1989).

3.4.3 DESCARTE DO PRIMEIRO VOLUME DE ÁGUA (*FIRST FLUSH*)

O descarte do primeiro volume de água ou *First Flush* promove o descarte dos volumes iniciais da água captada. Este volume é descartado, pois é feita a limpeza do sistema, onde toda sujeira do telhado e da atmosfera é retirada pelos primeiros volumes de chuva, descartando o volume inicial contendo um elevado grau de contaminação (TOMAZ, 2010; MAY, 2004).

Tomaz (2010) também relata que este volume pode variar entre 0,3 a 2,0 mm. No entanto a NBR 15527 (ABNT, 2007) sugere para o caso de não haver o dimensionamento do dispositivo *First Flush*, que seja feito o descarte dos primeiros 2,0 mm iniciais da chuva.

Quando é feito o descarte deste primeiro volume, pode ser constatado que a qualidade da água armazenada é melhor. A análise feita por Ntale e Moses (2003) apresentada na Tabela 2, mostra que a qualidade da água retida do primeiro descarte é pior com relação a armazenada.

Tabela 2: Análise comparativa da qualidade da água

PARAMETRO	1ª Água	Água retida do primeiro descarte	Água Armazenada
Turbidez (UNT)	5	42	3
Cor (Pt Co)	26	125	9
Coliformes termotolerantes (Nº/100ml)	26	4	0
Estreptococos fecais (Nº/100ml)	83	200	0

Fonte: adaptado de Ntale e Moses (2003)

Deste modo, o descarte do volume inicial de chuva é importante para elevar a qualidade da água armazenada, contudo não é o único modo de tratamento, e devem ser considerados também outros métodos de tratamento.

3.4.4 TRATAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

O tratamento da água pluvial está ligado à qualidade que se deseja atingir e ao uso ou destino final que se deseja. A Resolução Conama Nº 357 de 2005 em seu Art. 4º classifica a água em quatro classes e tratamento para cada tipo:

- Classe especial – Desinfecção;
- Classe 1 – Tratamento simplificado;
- Classe 2 – Tratamento convencional;
- Classe 3 – Tratamento convencional ou avançado;

Definindo também os tratamentos de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2: Tipos de tratamentos da água.

Desinfecção	Remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos.
Tratamento simplificado	Por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário.
Tratamento convencional	Com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH.
Tratamento avançado	Técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica.

Fonte: adaptado Conama Nº 357 (2005)

Autores como Goldenfum (2006) e May (2004) relatam que podem ser usados tratamentos simples como a sedimentação natural, filtração e cloração. A NBR 15527 (ABNT, 2007) em seu texto recomenda como tratamentos os processos de cloração, aplicação de raio ultravioleta e ozônio, além de apresentar padrões de qualidade (Quadro 3).

Quadro 3: Quadro de 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

^aNo caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

^buT é a unidade de turbidez.

^cuH é a unidade Hazen.

Fonte: adaptado de NBR 15527 (ABNT, 2007)

O tipo de tratamento a ser usado determinará a qualidade final da água, para águas com qualidades melhores há necessidade de tratamento melhores.

A etapa do descarte do primeiro volume de água já citada no item 3.4.3 entraria como tratamento primário, Reis et al. (2012) comenta que o sistema de descarte mostrou extrema importância para a qualidade da água.

3.4.5 ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Para o armazenamento utiliza-se um reservatório para aproveitamento da água pluvial, onde a capacidade ou tamanho depende de algumas variáveis como o índice pluviométrico, a demanda de água e o tamanho da área de captação, onde para o caso do reservatório ser subdimensionado, ocorrerá falta de água para atender a demanda. Rupp et al (2011) aponta que no aspecto financeiro do sistema o reservatório é o item mais caro.

Na literatura há com certeza muitos métodos de dimensionamento para o armazenamento de água de chuva, inclusive com uso de computador (Netuno 4 – GHISI e CORDOVA, 2014), porém no âmbito desta Dissertação, foi concentrado os métodos de dimensionamento, preconizados na NRB 15527 (ABNT, 2007), que estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Métodos dimensionamentos NBR 15527:2007

MÉTODO	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÃO
Método de Rippl	$S(t) = D(t) - Q(t)$ $Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ $V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0$ <p>Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$</p>	<p>S(t) é o volume de água no reservatório no tempo t;</p> <p>Q(t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t;</p> <p>D(t) é a demanda ou consumo no tempo t;</p> <p>V é o volume do reservatório, em metros cúbicos;</p> <p>C é o coeficiente de escoamento superficial.</p>
Método da simulação	$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$ $Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$ <p>Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$</p>	<p>S(t) é o volume de água no reservatório no tempo t;</p> <p>S(t-1) é o volume de água no reservatório no tempo t - 1;</p> <p>Q(t) é o volume de chuva no tempo t;</p> <p>D(t) é o consumo ou demanda no tempo t;</p> <p>V é o volume do reservatório fixado;</p> <p>C é o coeficiente de escoamento superficial</p>
Método Azevedo Neto	$V = 0,042 \times P \times A \times T$	<p>P é a precipitação média anual, em milímetros;</p> <p>T é o número de meses de pouca chuva ou seca;</p> <p>A é a área de coleta, em metros quadrados;</p> <p>V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.</p>
Método prático alemão	$V_{\text{adotado}} = \text{mín}(V; D) \times 0,06$	<p>V é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;</p> <p>D é a demanda anual da água não potável, em litros;</p> <p>V_{adotado} é o volume de água do reservatório, em litros.</p>

Quadro 4: Métodos dimensionamentos NBR 15527:2007 (continuação)

Método prático inglês	$V = 0,05 \times P \times A$	<p>P é a precipitação média anual, em milímetros;</p> <p>A é a área de coleta, em metros quadrados;</p> <p>V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.</p>
Método prático australiano	$Q = A \times C \times (P - I)$ $V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$	<p>C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;</p> <p>P é a precipitação média mensal, em milímetros;</p> <p>I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm;</p> <p>A é a área de coleta, em metros quadrados;</p> <p>Q é o volume mensal produzindo pela chuva, em metros cúbicos.</p> <p>O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.</p> <p>Qt é o volume mensal produzido pela chuva no mês t ;</p> <p>Vt é o volume de água que está no tanque no fim do mês t, em metros cúbicos;</p> <p>Vt-1 é o volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos;</p> <p>Dt é a demanda mensal, em metros cúbicos.</p>

Fonte: adaptado de ABNT (2007)

3.4.6 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

Há dois tipos de usos para a água, potável e não potável, onde se diferenciam na qualidade, o uso da água de chuva é restrito para fins não potáveis, Lawson et al. (2009). Já a água potável, deve atender aos padrões da portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, assim requerendo uma maior qualidade (MAY, 2004).

A Agência Nacional de Águas (ANA) e Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) (2005) apresenta no Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações, os usos e respectivas classes, conforme a Quadro 5.

Quadro 5: Usos da água por classes

Tipo	Usos
Água de Reuso Classe 1	Descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.) e lavagem de roupas e de veículos.
Água de Reuso Classe 2	lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira
Água de Reuso Classe 3	Irrigação áreas verdes e rega de jardins.
Água de Reuso Classe 4	Resfriamento de equipamentos de ar condicionados (torres de resfriamento).

Fonte: adaptado de ANA (2005)

3.5 LEGISLAÇÕES

Dentre as legislações, destacam-se as diversas nomenclaturas aplicáveis, sendo apresentadas:

- Lei: são as leis típicas, ou as mais comuns, aprovadas pela maioria dos parlamentares da Câmara de Vereadores, Câmara dos Deputados e do Senado Federal presentes durante a votação.
- Lei complementar: diferem das leis por exigirem o voto da maioria dos parlamentares que compõem a Câmara dos Deputados e o Senado Federal para serem aprovadas. Devem ser adotadas para regulamentar assuntos específicos, quando expressamente determinado na Constituição da República.

- **Resolução:** ato administrativo normativo emitido por autoridade superior, com a finalidade de disciplinar matéria de sua competência específica. As resoluções não podem produzir efeitos externos, tampouco contrariar os regulamentos e os regimentos, mas sim explicá-los
- **Projeto de lei:** conjunto de normas que deve se submeter à tramitação no legislativo com o objetivo de se efetivar através de uma lei. No Brasil, um projeto de lei pode ter sua tramitação iniciada tanto na Câmara dos Deputados como no Senado Federal

Estas nomenclaturas, pressupõe à uma hierarquia conforme a Figura 8.



Figura 8: Hierarquia para as legislações

Fonte: <https://viagemjuridica.wordpress.com/2012/06/01/direito-civil-parte-geral-i-aula-2/> acesso em 17/05/2017

Inicialmente a Lei Federal 9433 de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, com objetivo de assegurar à disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados, utilizar racional e integrada dos recursos hídricos, prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais e mais atualmente, incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

3.5.1 LEGISLAÇÕES MUNICIPAIS

No cenário nacional, o abastecimento de água para as cidades ainda tem enfoque nos recursos hídricos e subterrâneos, ocorrendo o uso de fontes alternativas, água da chuva em situações em que há baixa disponibilidade hídrica. Mas com o incentivo das legislações de nosso país, o uso de fontes alternativas, como exemplo água de chuva e águas cinzas, está em crescente, fazendo com que novos projetos, tanto residencial, comercial ou industrial, tenha a obrigatoriedade de contemplar o aproveitamento de água de chuva (SENADO FEDERAL, 2015).

Foi feita uma revisão sistemática das legislações, de forma em que foram pesquisadas em trabalhos acadêmicos e artigos científicos, identificando as legislações sobre o principal tema aproveitamento de água de chuva. Como resultado é apresentado a Tabela 3 com as legislações encontradas, no âmbito municipal, foram classificadas de acordo com sua finalidade como: detenção (D), uso racional de água (UR), aproveitamento de água de chuva (AP) e reuso de água (RU).

Tabela 3: Legislação municipal

Tipo	Numero	Município	Ano	Assunto	Classificação
Lei	13276	São Paulo - SP	2002	Torna Obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m ² .	D
Lei	10785	Curitiba - PR	2003	Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE	UR
Lei	14018	São Paulo - SP	2005	Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água em edificações e dá outras providências.	UR
Lei	17081	Recife - PE	2005	Cria no município do Recife o programa de conservação e uso racional da água nas edificações;	UR
Lei Complementar	155	Goiânia - GO	2006	Introduz alterações na Lei 5062 de 25 de Novembro de 1975.	AP
Lei	12474	Campinas - SP	2006	Cria o programa municipal de conservação, uso racional e reutilização de água em edificações e dá outras providências.	UR
Lei	8718	Ponta Grossa - PR	2006	Institui no município de Ponta Grossa, o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial nas edificações urbanas.	AP

Tabela 3: Legislação municipal (continuação)

Lei	7079	Vitória - ES	2007	Institui o Programa de conservação, redução e racionalização do uso de águas nas edificações públicas no município de Vitória	UR/RU
Lei	1192	Manaus - AM	2007	Cria, no município de Manaus, o programa de tratamento e uso racional das águas nas edificações - Pro - Águas	UR
Lei	2626	Niterói - RJ	2008	Dispõe sobre a instalação de sistemas de aquecimento solar de águas e do aproveitamento de águas pluviais na construção pública e privada no município de Niterói e cria a comissão municipal de sustentabilidade urbana.	AP
Lei	10506	Porto Alegre - RS	2008	Institui o programa de conservação, uso racional e reaproveitamento das águas.	AP
Lei	324	Chapecó - SC	2008	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de reservatório e valas de infiltração para aproveitamento da água da chuva em edificações e dá outras providências.	AP
Lei	3461	Foz do Iguaçu - PR	2008	Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água de chuva nos postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos e dá outras providências.	AP
Lei	10290	São José do Rio Preto - SP	2008	Cria no município o programa permanente de gestão das águas superficiais (PGAS) da bacia hidrográfica do Rio Preto, e dá outras providências.	DT
Resolução	18	Londrina - PR	2009	Estabelece o programa racional de uso da água	UR
Lei	6511	Guarulhos - SP	2009	Institui o programa municipal de uso racional da água potável e dá outras providências.	UR
Lei	8080	Florianópolis - SC	2009	Institui programa municipal de conservação, uso racional e reuso da água em edificações e dá outras providências.	UR/RU
Lei	6801	Petrópolis - RJ	2010	Institui, no município de Petrópolis, o programa de uso e reuso racional da água- pura, para utilização em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais e comerciais.	UR/RU
Lei	6110	Bauru - SP	2011	Cria o programa municipal de uso racional e reuso de água em edificações e dá outras providências.	UR/RU
Lei	5279	Rio de Janeiro - RJ	2011	Cria no município do Rio de Janeiro o programa de conservação e uso racional da água nas edificações.	UR
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - MG	2014	Estabelece a política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define normas gerais para sua promoção.	AP

Tabela 3: Legislação municipal (continuação)

Lei	3533	Balneário Camboriú - SC	2012	Dispõe sobre o controle do desperdício de água potável distribuída pela rede pública municipal institui o programa municipal de conservação e uso racional da água em edificações, cria concurso de economia de água nas escolas da rede municipal e dá outras providências.	UR
Lei Complementar	865	Araraquara - SP	2015	Cria o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, institui a sua obrigatoriedade nos imóveis localizados no município e dá outras providências.	AP
Lei	17729	São Carlos - SP	2016	Cria o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva e institui a sua obrigatoriedade nos imóveis localizados no município e dá outras providências.	AP

Fonte: o autor

A tabela 4, apresenta a distribuição das legislações por região, e pode-se observar que a maioria delas se localiza na região sudeste, sendo a região sul a segunda região que possui maior número de legislação para as águas de chuva.

Tabela 4: Legislação por região

Legislação municipais por região	
Sul	8
Sudeste	13
Cetro Oeste	1
Norte	1
Nordeste	1

Fonte: o autor

Com relação ao tipo de legislação, foram encontrados quatro tipos: lei, lei complementar, projeto de lei e resolução. Dentre as legislações o que mais foi encontrado foram leis como apresentado na tabela 5.

Tabela 5: Legislação por tipo

Legislação municipais por tipo	
Lei	20
Lei Complementar	2
Projeto de Lei	1
Resolução	1

Fonte: o autor

Quanto ao ano de publicação das legislações, a pesquisa aponta que estão entre 2002 a 2016 conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6: Legislação por ano

Legislação municipais por ano	
2002	1
2003	1
2005	2
2006	3
2007	3
2008	5
2009	3
2010	1
2011	2
2012	1
2014	1
2015	1
2016	1

Fonte: o autor

Pode-se notar que da pesquisa realizada, os resultados apontam que a maioria das legislações pesquisadas estão localizadas na região sudeste do Brasil.

3.6 NORMA BRASILEIRA

A principal no aspecto do aproveitamento é a ABNT NBR 15527:2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, que apresenta métodos para se fazer o dimensionamento do reservatório para águas pluviais, indicando parâmetros de qualidade de água, e referenciando a outras normas como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Normativas referenciadas na ABNT NBR 15527:2007

Referências normativas	Título
Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde	Norma de qualidade de água para consumo humano
ABNT NBR 5626:1998	Instalação predial de água fria
ABNT NBR 10844:1989	Instalações prediais de águas pluviais
ABNT NBR 12213:1992	Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público
ABNT NBR 12214:1992	Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público
ABNT NBR 12217:1992	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público

Fonte: o autor

No entanto a Portaria Nº518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde foi revogada pela portaria Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.

4. MÉTODO

Neste capítulo é apresentado o método, bem como os dados e detalhes pertinentes usados para a realização deste trabalho, dividindo-se nas etapas descritas na Figura 9, a seguir.

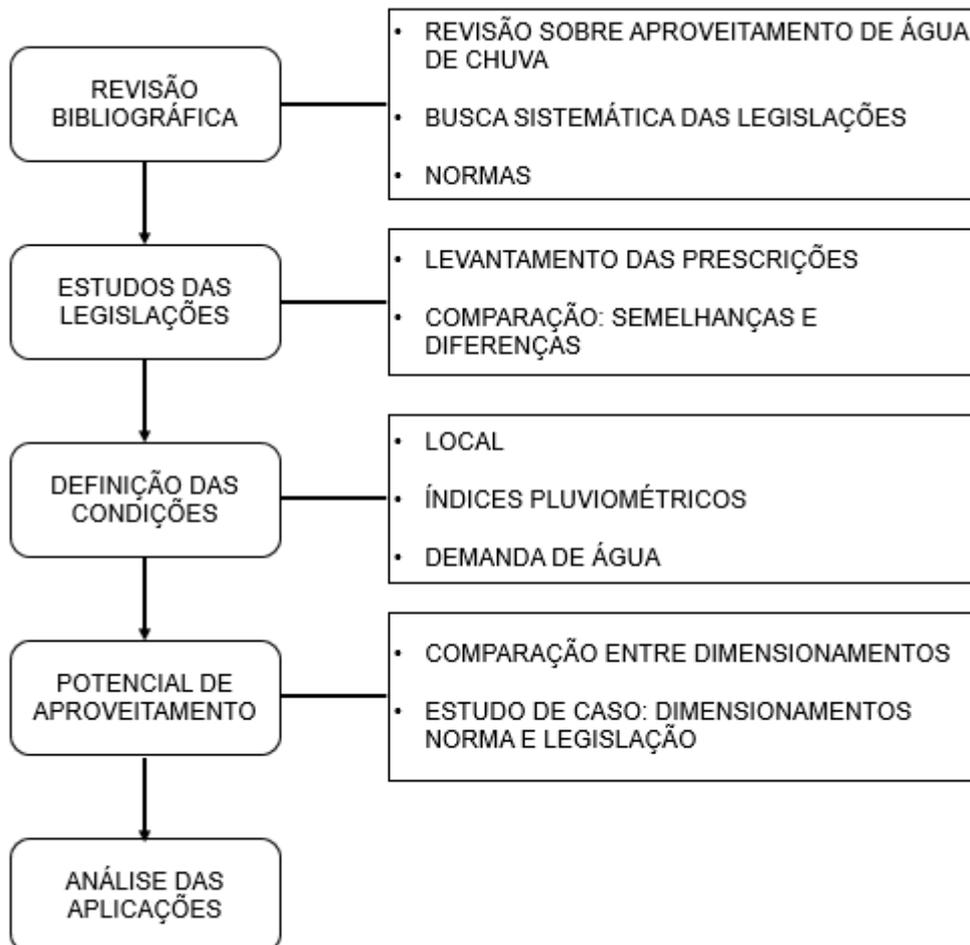


Figura 9: Etapas do método

Fonte: o autor

A seguir serão detalhadas as etapas do método adotado para o desenvolvimento deste trabalho.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A primeira etapa deste trabalho foi o levantamento bibliográfico nas bases de dados como Google acadêmicos, Periódicos da Capes, *Web of Science*, além dos

periódicos das universidades, procurando trabalhos acadêmicos e artigos, sobre o principal tema, aproveitamento de água de chuva. Também foi feita uma revisão sistemática das legislações relacionadas a aproveitamento de água de chuva. Todas as legislações pesquisadas foram em âmbito municipal e as buscas foram feitas apenas em trabalhos acadêmicos e artigos. Por fim, a foi feita uma busca pelas normas brasileiras relacionadas ao aproveitamento de água de chuva.

4.2 ESTUDO DAS LEGISLAÇÕES

As escolhas das legislações, foram feitas por meio da revisão sistemática já citada na etapa anterior, onde o critério de escolha foi em base, no tipo de legislação, que neste trabalho foi escolhido sobre assuntos relacionado a água de chuva, no nível, ou seja, foram escolhidas apenas legislações municipais para o estudo.

Todas as legislações encontradas foram lidas e levantados os pontos importantes de cada uma delas. Foram comparadas as legislações entre elas e com a norma de aproveitamento de água de chuva encontrados na literatura.

4.3 DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES

Para a definição das condições de aplicação dos parâmetros foram determinados o local de aplicação, os índices pluviométricos e a demanda, sendo descritos abaixo.

4.3.1 LOCAL

Como local de aplicação foram escolhidas três tipologias de residências do CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo conforme o caderno de tipologia de 1997, sendo elas nos seguintes formatos:

- TI13A-V2 – Casa térrea isolada, residência térrea com dois quartos, uma sala/cozinha e um banheiro, área construída de 39,57 m², área útil de 36,15 m², área de cobertura de 62,72 m², figura 10.

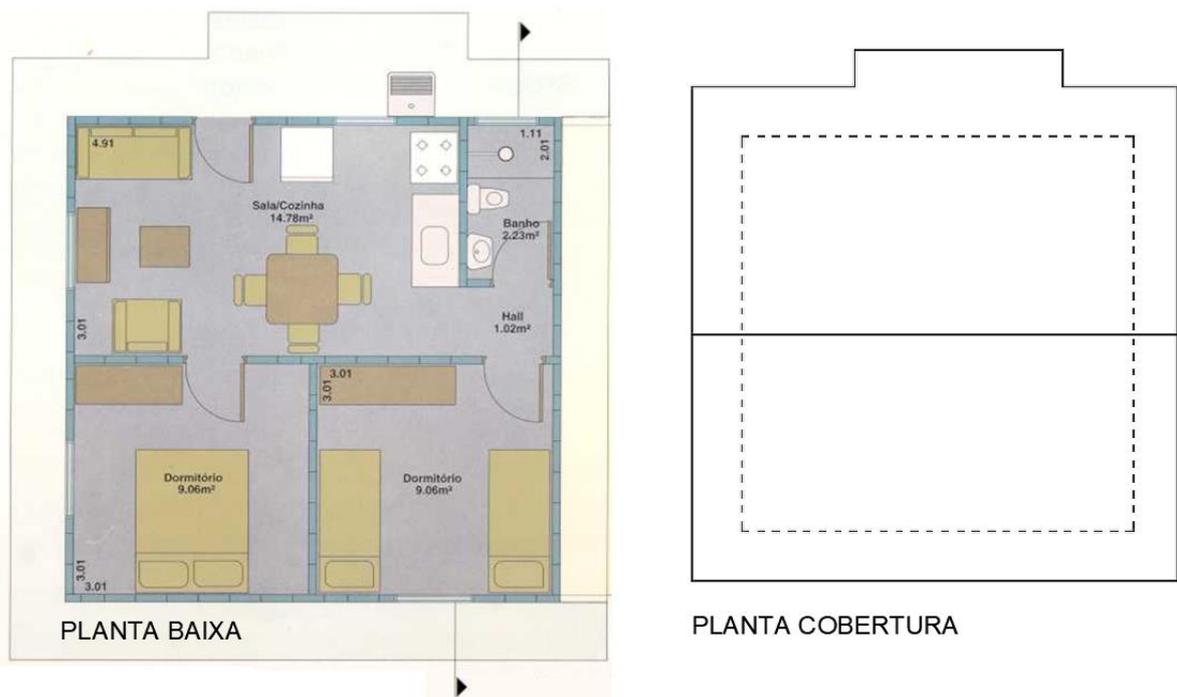
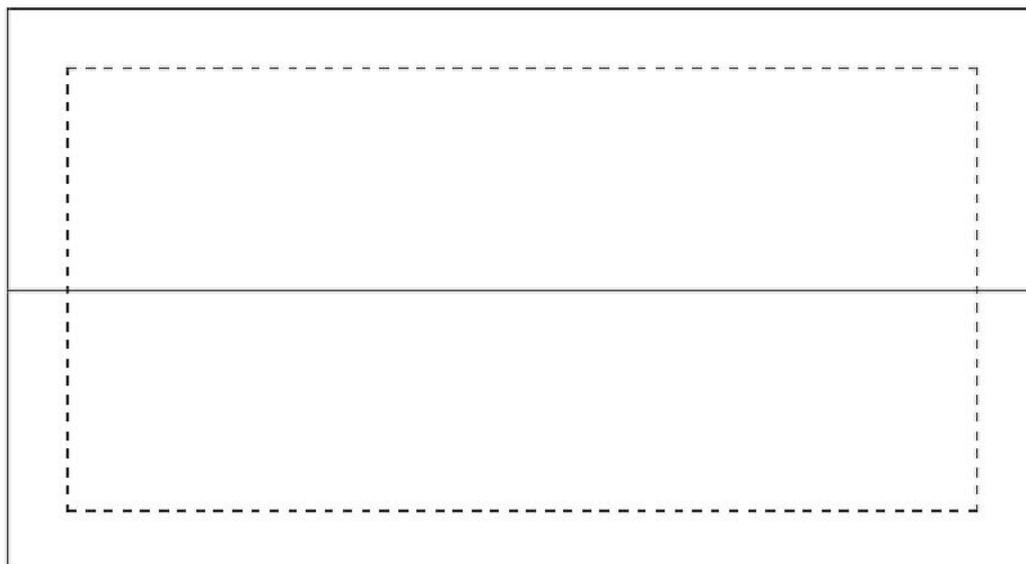
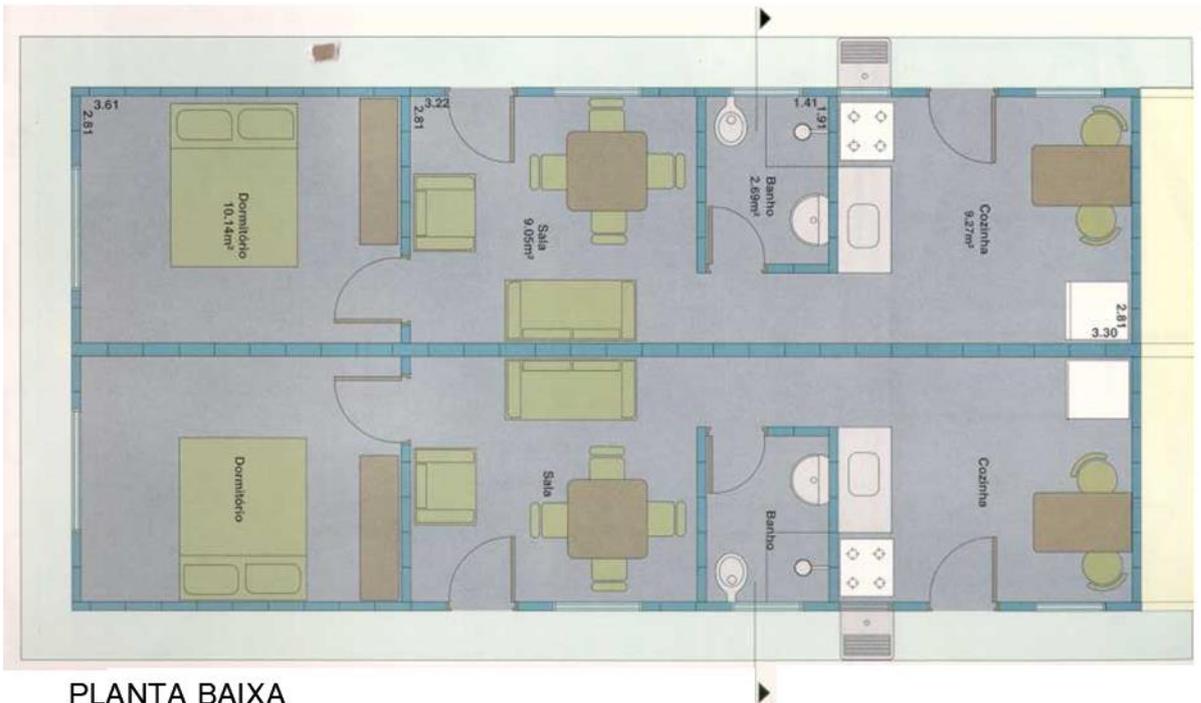


Figura 10: Modelo de residência T113A-V2

Fonte: CDHU, 1997.

- TG12A – Casa térrea geminada, cada residência térrea com um quarto, uma sala, uma cozinha e um banheiro, área construída de 35,61 m², área útil de 32,44 m², cada unidade. Contendo duas unidades e área de cobertura total de 103,25 m², figura 11.



PLANTA COBERTURA

Figura 11: Modelo de residência TG12A

Fonte: CDHU, 1997.

- SR23A – Sobrado renqueado, possuindo dois quartos, uma sala, uma cozinha e um banheiro, área construída de 48,43 m² e área útil de 41,11 m² por unidade. Área de cobertura total de 41,64 m², figura 12.



Figura 12: Modelo de residência SR23A

Fonte: CDHU, 1997

Essas tipologias foram escolhidas para se estudar se a retenção e o aproveitamento de água chuva são possíveis. Os terrenos também foram padronizados, com o tamanho dos lotes de 20 por 10 m, totalizando 200 m².

4.3.2 ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

Para estimativa da oferta, utilizou-se a base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para os dados pluviométricos da série histórica, buscou-se series mensais que estivessem completas de 15 anos, sem dados faltando, anteriores ao ano de 2016.

Já para os dados diários para a simulação e estimativa do volume de água de chuva aproveitada, buscou-se os dados diários do ano de 2016 da(s) cidade(s) escolhida(s). Para estes dados foram feitos tratamentos da aplicação do descarte dos primeiros volumes de chuva (*first flush*), dados inferiores ou igual a 2 mm de precipitação foram igualados a zero, e dados que eram superiores a 2 mm de precipitação foram subtraídos o descarte dos primeiros 2 mm de chuva inicial.

4.3.3 DEMANDA DE ÁGUA

Primeiramente foi determinado que para cada residência teria uma população de 2 pessoas por quarto, e que a reserva de água seria de 150 L/dia x pessoa. Com isso, conforme Tomaz (2010) relata que a utilização de água não potável em uma residência varia entre 30 a 40%, para este trabalho adotou-se um volume de 30%, logo 45 l/dia x pessoa. Logo cada tipologia tem uma população de 4 pessoas, e a demanda total é de 45 l/dia. Uma fonte que inicialmente foi considerada, Barreto e Medeiros (2008), porém pelo fato de não contemplar usos como lavagem de pisos e veículos e irrigação, foi mantida a proporção definida por Tomaz.

4.4 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO

Após estudo das legislações e definição das condições, foram comparados, na parte do dimensionamento para reservatório, métodos entre legislações e norma. Como foi definido o local como tipologias do CDHU, optou-se por fazer a comparação com as legislações do estado de São Paulo também, e como apenas as cidades de São Paulo e São José do Rio Preto possuem em suas legislações métodos de dimensionamento de reservatório, foi feita a comparação entre os métodos dessas duas cidades com a norma.

Nesta etapa, etapa também, foi feito a simulação do potencial de aproveitamento de água de chuva. Com os dados adquiridos na etapa anterior e com os volumes de reservatórios das legislações das cidades e norma, pode-se fazer a simulação e assim determinar as quantidades de água aproveitada, detida no reservatório, e extravasada, para o ano de 2016.

4.5 ANÁLISES DAS APLICAÇÕES

Por fim, nesta etapa, com os estudos das legislações e resultados das aplicações, pode-se analisar as legislações quanto as prescrições levantadas durante o estudo e comparação entre elas, bem como, fazer a análise quanto a dimensionamento do reservatório, e também analisar e comparar os métodos de dimensionamento da norma com relação ao atendimento das legislações.

5. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos das análises das legislações municipais com a norma de aproveitamento de água de chuva, e os resultados referentes ao dimensionamento dos reservatórios, comparando o resultado do dimensionamento das legislações e os métodos de dimensionamento citados na norma.

5.1 ESTUDO DAS LEGISLAÇÕES

Nas legislações pesquisadas foram identificados as prescrições que se relacionavam com a norma brasileira, e para cada qual foram descritos os seus significados, e que estão apresentados no (Quadro 6).

Quadro 6: Prescrições das legislações e norma

Prescrição	Descrição
Dimensionamento	Se o dimensionamento do reservatório é descrito.
Captação	Se é detalhando de onde a água pluvial deve ser captada, cobertura e/ou pavimento.
Condução	Se é descrito como dever ser feita a condução da água para o reservatório e como deve ser feito o dimensionamento do mesmo.
Uso de água de chuva	Qual o uso da água de chuva pode ser receber.
Aplicação das legislações	Características do empreendimento que deve ser aplicada o sistema de aproveitamento de água de chuva, ou se há alguma regra a ser seguida para implantação.

Quadro 6: Prescrições das legislações e norma (continuação)

Tratamento	Que tipo de tratamento deve ser realizado na água de chuva.
Qualidade da água	Quais parâmetros ou procedimentos para avaliar a qualidade da água
Filtragem	Se é recomendado filtragem ou separação dos sólidos grossos.
Descarte inicial	Se é recomendado e descarte dos primeiros volumes de água.

Fonte: o autor

A Tabela 8 apresenta a análise de cada prescrição no texto da legislação.

Tabela 8: Prescrição das legislações

Tipo	Nº	Cidade	Dimensionamento	Captação	Condução	Uso	Critério de aplicação	Tratamento	Qualidade da água	Filtragem	Descarte inicial
Lei	13276	São Paulo - SP	D	D	S	-	D	-	-	-	-
Lei	10785	Curitiba - PR	S	D	S	D	-	-	-	-	-
Lei	14018	São Paulo - SP	-	S	-	-	-	-	-	-	-
Lei	17081	Recife - PE	-	D	S	D	-	-	-	-	-
Lei	12474	Campinas - SP	S	S	-	D	-	S	S	-	-
Lei	8718	Ponta Grossa - PR	S	D	S	D	-	-	-	-	-
Lei Complementar	155	Goiânia - GO	S	D	-	-	D	-	-	-	-
Lei	7079	Vitória - SP	S	D	S	D	-	-	-	-	-
Lei	1192	Manaus - AM	S	S	-	D	-	S	S	-	-
Lei	2626	Niterói -RJ	D	D	S	-	D	-	S	-	-
Lei	10506	Porto Alegre - RS	S	D	S	D	-	-	-	-	-
Lei	324	Chapecó - SC	D	D	-	D	D	-	-	-	-
Lei	3461	Foz do Iguaçu - PR	S	-	-	-	D	-	-	-	-
Lei	10290	São José do Rio Preto - SP	D	D	S	-	D	-	-	-	-
Lei	6511	Guarulhos - SP	S	D	-	-	D	-	-	-	-
Lei	8080	Florianópolis - SC	S	D	-	D	-	-	-	-	-
Resolução	18	Londrina - PR	D	D	S	D	D	-	S	S	-
Lei	6801	Petrópolis -RJ	S	D	S	D	-	-	-	-	-

Tabela 8: Prescrição das legislações (continuação)

Lei	6110	Bauru - SP	-	S	S	-	D	-	-	-	-
Lei	5279	Rio de Janeiro - RJ	S	D	S	D	-	-	-	-	-
Lei	3533	Balneário Camboriú - SC	S	S	-	-	D	-	-	-	-
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - BH	S	S	S	D	D	S	-	-	-
Lei Complementar	865	Araraquara - SP	S	D	S	D	D	-	-	-	-
Lei	17729	São Carlos - SP	S	D	S	D	D	-	-	-	-

(D) – Citado de forma detalhada

(S) – Citado de forma simples

(-) – Não é atendido

Fonte: o autor

5.1.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

As legislações que apresentaram o dimensionamento do reservatório de forma detalhada são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Dimensionamento do reservatório das legislações

Tipo	Nº	Cidade	Volume reservatório
Lei	13276	São Paulo - SP	$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$
Lei	2626	Niterói -RJ	$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$
Lei	324	Chapecó - SC	para $c < 0,5$ $V = 500$ L
			para $0,5 < c < 0,7$ $V = 2000$ L
			para $c > 0,7$ $V = 5000$ L
Lei	10290	São José do Rio Preto - SP	Para $A_i \leq 40\%$ $V = (102,55 + 6,335 \times (A_i - 10)) \times A_t$,
			Para $A_i > 40\%$ $V = (292,60 + 6,938 \times (A_i - 40)) \times A_t$
Resolução	18	Londrina - PR	$V = 0,01 \times A_t$

V = volume do reservatório (m³);A_i = área impermeabilizada (m²);

IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;

t = tempo de duração da chuva igual a uma hora;

c = área de telhado / área do terreno;

A_t = área de cobertura.

Fonte: o autor

Há também as legislações que apenas citam que deve ser feito o dimensionamento do reservatório, como apresentado a tabela 10.

Tabela 10: Prescrição dimensionamento citado nas legislações

Tipo	Nº	Cidade	Volume reservatório
Lei	10785	Curitiba - PR	APENAS É CITADO QUE DEVE SER DIMENSIONADO
Lei	12474	Campinas - SP	
Lei	8718	Ponta Grossa - PR	
Lei Complementar	155	Goiânia - GO	

Tabela 10: Prescrição dimensionamento citado nas legislações (continuação)

Lei	7079	Vitória - SP	APENAS É CITADO QUE DEVE SER DIMENSIONADO
Lei	1192	Manaus - AM	
Lei	10506	Porto Alegre - RS	
Lei	3461	Foz do Iguaçu - PR	
Lei	6511	Guarulhos - SP	
Lei	8080	Florianópolis - SC	
Lei	6801	Petrópolis -RJ	
Lei	5279	Rio de Janeiro - RJ	
Lei	3533	Balneário Camboriú - SC	
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - BH	
Lei Complementar	865	Araraquara - SP	
Lei	17729	São Carlos - SP	

Fonte: o autor

Como pode ser observado a variável do dimensionamento está presente de forma detalhada em apenas cinco legislações. De forma que o dimensionamento do reservatório é em função da área impermeabilizada do lote e/ou a área de cobertura. Já na norma, o dimensionamento é feito também com relação a outras variáveis como mostra o Quadro 7.

Quadro 7: Variáveis dos métodos de dimensionamento de reservatório.

	Lei 13276 São Paulo	Lei 10290 São José do Rio Preto	Lei 2626 Niterói	Lei 324 Chapecó	Resolução 18 Londrina	Método de Rippl	Método Azevedo Neto	Método Alemão	Método Prático Inglês
Área Impermeável	X	X	X						
Índice Pluviométrico	X ^c		X ^c			X	X		X
Tempo de Chuva	X ^c		X ^c						
Área de Cobertura				X	X	X	X		X
Área de Terreno		X		X					
Demanda						X		X	

Quadro 7: Variáveis dos métodos de dimensionamento de reservatório (continuação)

Coeficiente de Escoamento Superficial						X			
Tempo Sem Chuva							X		
Volume de Água Aproveitada								X	

X – Variável.

X^c – Variável, mas com um valor constante determinado pela Lei.

Fonte: o Autor

Nota-se que para as Lei da cidade de São Paulo e da cidade de Niterói as variáveis para se fazer o dimensionamento do reservatório de detenção são: a área impermeável do empreendimento, o índice pluviométrico e o tempo de chuva. No entanto no próprio texto da Lei, as duas últimas variáveis são descritas com um valor constante para o cálculo, deixando apenas a área impermeável como único valor variável.

Já para a Lei da cidade de São José do Rio Preto, há uma relação entre a área impermeável e o tamanho do terreno, que está estabelece duas faixas, sendo que cada uma delas há uma equação para cálculo do volume de reservatório. Ambas as equações têm as duas variáveis para como entrada de dados na equação, e diferente do caso da cidade de São Paulo, não há no texto instruções para usar valores constantes.

Para a cidade de Chapecó, as duas variáveis para o dimensionamento são a área de cobertura e de terreno, sendo que elas formam uma relação, onde dependendo do valor, pode cair em três tipos de volumes fixos pela lei. Já a resolução da cidade de Londrina utiliza apenas como variável para o dimensionamento a área de cobertura.

No entanto, os dimensionamentos de reservatórios da norma utilizam outras variáveis importantes como no caso a demanda e o índice pluviométrico. Como pode-se notar, o dimensionamento das cidades de São Paulo e de Niterói são iguais, e como neste trabalho a variável área impermeável são iguais, em ambas as cidades os volumes dos reservatórios deram igual entre as tipologias, no entanto, quando verificado os índices pluviométricos das cidades, são diferentes.

5.1.2 CAPTAÇÃO

O local de captação nas legislações fica dividido entre a cobertura e o pavimento do empreendimento. As legislações que fazem a captação pela cobertura e pavimento são apresentadas na Tabela 11 e as que fazem apenas pela cobertura pela Tabela 12.

Tabela 11: Captação por coberturas e pavimentos

Tipo	Nº	Cidade	Captação
Lei	13276	São Paulo - SP	Coberturas e Pavimentos
Lei	17081	Recife - PE	
Lei Complementar	155	Goiânia - GO	
Lei	2626	Niterói -RJ	
Lei	10290	São José do Rio Preto - SP	
Lei	6801	Petrópolis -RJ	
Lei Complementar	865	Araraquara - SP	
Lei	17729	São Carlos - SP	

Fonte: o autor

Tabela 12: Captação apenas por coberturas

Tipo	Nº	Cidade	Captação
Lei	13276	São Paulo - SP	Cobertura
Lei	10785	Curitiba - PR	
Lei	8718	Ponta Grossa - PR	
Lei	7079	Vitória - SP	
Lei	10506	Porto Alegre - RS	
Lei	324	Chapecó - SC	
Lei	6511	Guarulhos - SP	
Lei	8080	Florianópolis - SC	
Resolução	18	Londrina - PR	
Lei	5279	Rio de Janeiro - RJ	

Fonte: o autor

Há também as legislações que apenas citam que deve ser feita a captação da água de chuva, entretanto não especificam o local de captação (Tabela 13).

Tabela 13: Legislações que apenas citam sobre captação

Tipo	Nº	Cidade	Captação
Lei	14018	São Paulo - SP	Apenas cita que deve ser captado
Lei	12474	Campinas - SP	
Lei	1192	Manaus - AM	
Lei	6110	Bauru - SP	
Lei	3533	Balneário Camboriú - SC	
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - BH	

Fonte: o autor

O local de captação deve ser bem definido, pois através da área será feito o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial. Entretanto, a captação da água de chuva deve ser feita apenas pelas coberturas quando for para o aproveitamento para uso não potável, quando for captada do pavimento deve ser apenas para se fazer a detenção da água no lote, podendo esta água ser infiltrada no solo para a manutenção do lençol freático. Apenas a Lei 3461/2008 de Foz do Iguaçu não descreve nada sobre o local de captação.

5.1.3 CONDUÇÃO

Neste parâmetro todas as legislações apresentadas na Tabela 14, citam que no sistema deve que a água captada deve ser conduzida para o reservatório de forma simples e sem apresentar nenhum tipo de referência normativa.

Tabela 14: Legislações que apenas citam sobre condução

Tipo	Nº	Cidade	Condução
Lei	13276	São Paulo - SP	Apenas cita que deve ter a condução da área de captação para o reservatório
Lei	10785	Curitiba - PR	
Lei	17081	Recife - PE	
Lei	8718	Ponta Grossa - PR	
Lei	7079	Vitória - SP	
Lei	2626	Niterói -RJ	
Lei	10506	Porto Alegre - RS	
Lei	10290	São José do Rio Preto - SP	
Resolução	18	Londrina - PR	
Lei	6801	Petrópolis -RJ	
Lei	6110	Bauru - SP	
Lei	5279	Rio de Janeiro - RJ	
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - BH	
Lei Complementar	865	Araraquara - SP	
Lei	17729	São Carlos - SP	

Fonte: o autor

O dimensionamento correto para condução é importante para que não haja o sub-dimensionamento, as legislações devem recomendar ao menos o uso da NBR 10844 (ABNT, 1989) ao normatizar instalações prediais de águas pluviais, apresenta recomendações de como deve ser feito o dimensionamento dos condutores horizontais e verticais.

5.1.4 USO DE ÁGUA DE CHUVA

Os usos mais comuns dentre as legislações estudadas estão apresentados na tabela 15.

Tabela 15: Usos mais comuns para água de chuva

Tipo	Nº	Cidade	Uso
Lei	10785	Curitiba - PR	<ul style="list-style-type: none"> • Rega de jardins • Lavagem de roupas • Lavagem de veículos • Lavagem de piso e calçadas • Bacias sanitárias • Combate a incêndio • Recarga de lençol • Uso na construção civil • Limpeza e abastecimento de piscinas
Lei	17081	Recife - PE	
Lei	12474	Campinas - SP	
Lei	8718	Ponta Grossa - PR	
Lei	7079	Vitória - SP	
Lei	1192	Manaus - AM	
Lei	10506	Porto Alegre - RS	
Lei	324	Chapecó - SC	
Lei	8080	Florianópolis - SC	
Resolução	18	Londrina - PR	
Lei	6801	Petrópolis -RJ	
Lei	5279	Rio de Janeiro - RJ	
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - BH	
Lei Complementar	865	Araraquara - SP	
Lei	17729	São Carlos - SP	

Fonte: o autor

Para as legislações restantes quando citam, o uso da água de chuva, apenas comenta-se que é para fins não potável, não definindo o uso específico.

É importante definir quais serão os usos das águas pluviais, pois, com isso é possível definir o volume de utilização, demanda, para o dimensionamento do reservatório.

5.1.5 APLICAÇÃO DAS LEGISLAÇÕES

O local de aplicação são as condições onde se deve aplicar o sistema de aproveitamento de água pluvial, dentre as legislações, as que apresentam detalhadamente são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16: Legislações que apresentam critério de aplicação

Tipo	Nº	Cidade	Local de aplicação
Lei	13276	São Paulo - SP	Áreas impermeabilizada superior a 500 m ²
Lei Complementar	155	Goiânia - GO	Área construída igual ou superior a 100 m ²
Lei	2626	Niterói -RJ	Áreas impermeabilizada superior a 500 m ²
Lei	324	Chapécó - SC	Área de cobertura maior ou igual a 150 m ²
Lei	3461	Foz do Iguaçu - PR	Postos e lava rápido
Lei	10290	São José do Rio Preto - SP	Área impermeável superior a 100 m ²
Lei	6511	Guarulhos - SP	Área de cobertura maior ou igual a 250 m ²
Resolução	18	Londrina - PR	Área construída igual ou superior a 200 m ²
Lei	6110	Bauru - SP	Área de cobertura maior ou igual a 300 m ² para construção horizontal e 200 m ³ para construção vertical
Lei	3533	Balneário Camboriú - SC	Escolas municipais
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - BH	Área construída superior a 300 m ²
Lei Complementar	865	Araraquara - SP	Área construída igual ou superior a 140 m ²
Lei	17729	São Carlos - SP	Área construída igual ou superior a 140 m ²

Fonte: o autor

Para o critério de aplicação é levado em conta o tipo de empreendimento, área impermeabilizada e área de cobertura. O critério para aplicação é muito específico, como exemplo, a lei de São Paulo, definindo de forma muito específica o empreendimento a ser aplicado o sistema de aproveitamento de água de chuva, devendo mais flexível em seu critério de aplicação.

5.1.6 TRATAMENTO

Dentre as legislações pesquisadas apenas 3 delas citam que o sistema de aproveitamento de água pluvial deve passar por um tratamento como apresentada na Tabela 17.

Tabela 17: Legislações que citam sobre tratamento

Tipo	Nº	Cidade	Tratamento
Lei	12474	Campinas - SP	Apenas cita que a água de chuva deve ter tratamento
Lei	1192	Manaus - AM	
Projeto de Lei	1381	Belo Horizonte - BH	

Fonte: o autor

Este parâmetro pode garantir a qualidade da água, mas um fator importante é onde o sistema está inserido, como exemplo de grandes cidades, a região pode ter a atmosfera mais suja, necessitando que a água pluvial passe por tratamentos mais específicos.

Não há em nenhuma legislação que tratamento deve ser usado, no entanto na NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que seja usado um dos seguintes tratamentos: de cloração, ozônio e raios UV.

5.1.7 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água está atrelada ao uso e ao tratamento. Determinando o uso final da água pluvial é possível determinar se a água deve ter uma qualidade maior ou menor, e assim determinar se deve passar por um tratamento simples ou um pouco mais sofisticado. Dentre as legislações estudadas, apenas 4 (Tabela 18) delas relatam em seu texto que a qualidade da água deve ser monitorada, não passando quais devem ser os parâmetros a serem analisados ou os valores.

Tabela 18: Legislações que citam sobre qualidade da água

Tipo	Nº	Cidade	Qualidade
Lei	12474	Campinas - SP	Cita que a qualidade da água deve ser monitorada
Lei	1192	Manaus - AM	
Lei	2626	Niteroi -RJ	
Resolução	18	Londrina - PR *	

* é citado a NBR 15527 (ABNT, 2007)

Fonte: o autor

A NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta em seu texto parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis, bem como cita e recomenda a portaria nº 518:2004 do ministério da saúde, que está desatualizada, pois esta foi revogada pela portaria Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do ministério da saúde.

5.1.8 FILTRAGEM

A filtragem é importante para fazer a separação do material sólido que pode estar no telhado e calhas para realizar deste modo o tratamento inicial simples, e garantir a qualidade inicial da água. Apenas a resolução Nº 18/2009 de Londrina cita, de forma superficial, que deve passar pelo filtro, porém não há recomendações técnicas nem normativas de como deve ser feito o procedimento.

5.1.9 DESCARTE INICIAL (FIRST FLUSH)

Nenhuma das leis pesquisadas relatam sobre o reservatório *first flush* ou descarte dos primeiros volumes de chuva. Esta etapa do processo é importante e ajuda na qualidade da água, já que faz a retenção dos primeiros volumes onde é feita a limpeza do sistema, como as impurezas da atmosfera, telhados e calhas.

Para o caso de as legislações não determinar o *first flush*, a NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que haja o descarte dos primeiros 2,0 mm de chuva para que seja feita a limpeza do sistema, podendo fazer o dimensionamento rápido do reservatório de descarte dos primeiros volumes de chuva, basta pegar a área de cobertura e multiplicar por 2 para obter o volume do reservatório.

Assim como na filtragem, a *first flush* é a forma de tratamento inicial da água de chuva, garantindo que a água tenha qualidade para fins como jardinagem e lavagem de calçadas por exemplo.

5.2 POTENCIAL HIPOTÉTICO DE APROVEITAMENTO E DETENÇÃO

As aplicações de dimensionamento foram feitas para as legislações do estado de São Paulo, para as cidades de São Paulo e São José do Rio Preto, já que as tipologias utilizadas são do CDHU. Foram aplicados os dimensionamentos de reservatório da legislação, e comparando com os dimensionamentos da norma.

5.2.1 COMPARAÇÃO DOS DIMENSIONAMENTOS DE RESERVATÓRIOS

Para a cidade de São Paulo, as comparações dos dimensionamentos são apresentadas na Figura 13.

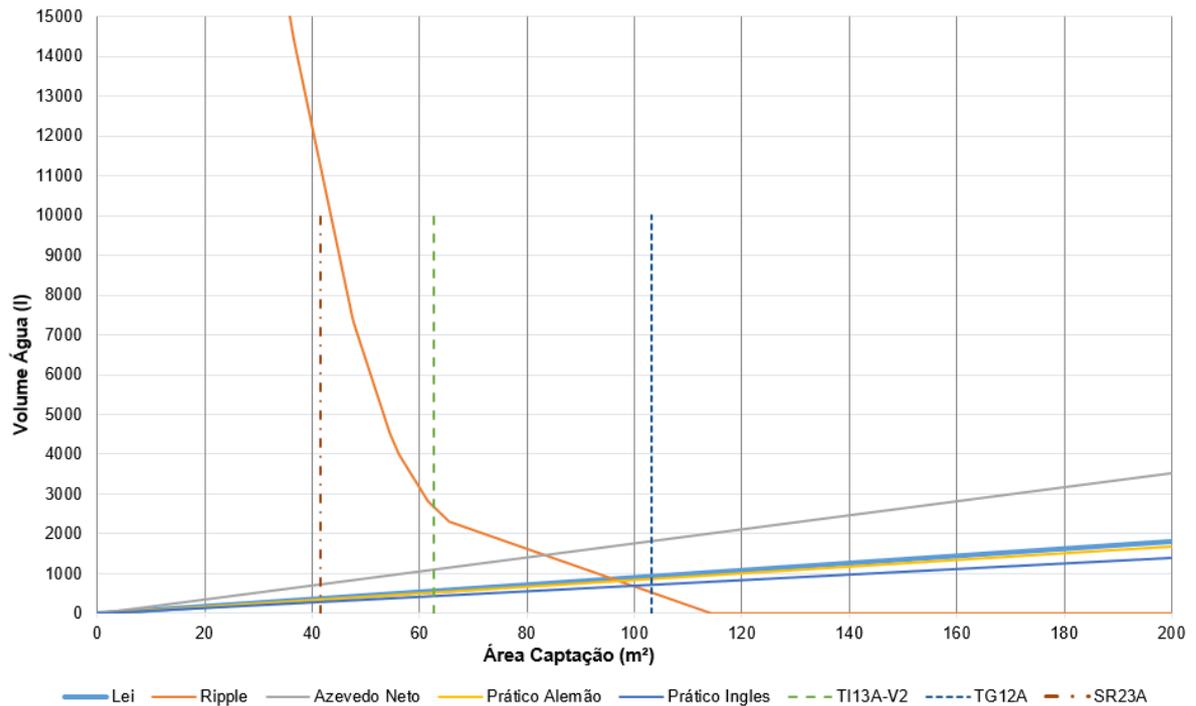


Figura 13: Comparação dimensionamento de reservatório para cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

Percebe-se que para a cidade de São Paulo os dimensionamentos da norma Azevedo Neto e o de Rippl conseguem atender a parte de detenção da lei e podendo ter também o volume para o aproveitamento de água. No entanto para a tipologia SR23A o dimensionamento pelo método de Rippl apresenta o volume do reservatório grande, podendo se tornar inviável. Para a tipologia TG12A apenas o método do Azevedo Neto é possível atender o volume de detenção e aproveitamento. Já para a tipologia TI13A-V2 os métodos de Azevedo Neto e o de Rippl atendem os dois volumes. Os outros métodos Prático Alemão e Inglês não atende nem o volume da lei, sendo volumes inferiores ao de detenção.

Para cidade de São José do Rio Preto as comparações estão apresentadas na Figura 14.

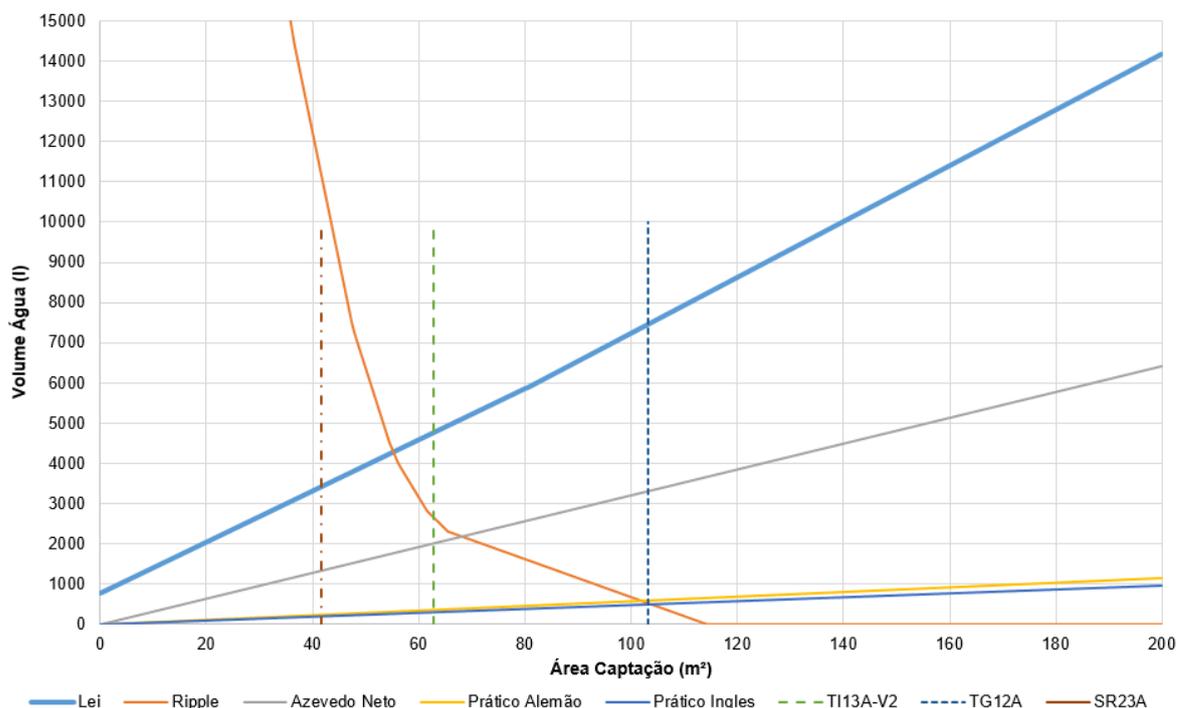


Figura 14: Comparação dimensionamento de reservatório para cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

Apenas em uma tipologia, SR23A, o dimensionamento pelo método de Rippl atende o volume do reservatório da lei, atendendo o volume de detenção. No entanto, entra no mesmo caso para a cidade de São Paulo, o dimensionamento do reservatório é para volume muito grande podendo ficar inviável. Para as outras tipologias, não houve dimensionamento que atenda o volume de detenção da lei.

5.2.2 QUANTITATIVO DE ÁGUA

Nesta etapa foi feita a simulação do potencial de aproveitamento de água como também a quantidade de detida e extravasada. Como forma de comparação entre os dimensionamentos, serão utilizados os volumes obtidos pelas leis de São Paulo e São José do Rio Preto, ambas leis para a detenção de água, e os métodos de Rippl e Azevedo Neto na NBR 15527 (ABNT, 2007), aproveitamento de água de chuva.

Os volumes do reservatório para cada tipologia são apresentados nos Quadros 8 e 9.

Quadro 8: Volumes reservatórios para cidade de São Paulo

	LEI	MÉTODO DE RIPPL	MÉTODO AZEVEDO NETO
TI13A-V2	564,48	2667,18	1108,58
TG12A	929,25	524,39	1824,95
SR23A	374,76	3433,70	735,99

Fonte: o autor.

Quadro 9: Volumes reservatórios para cidade de São José do Rio Preto

	LEI	MÉTODO DE RIPPL	MÉTODO AZEVEDO NETO
TI13A-V2	4653,11	4281,40	755,66
TG12A	7465,08	3558,57	1243,97
SR23A	3190,58	4657,36	510,68

Fonte: o autor.

Com os volumes de reservatórios e com os índices pluviométricos diários foi possível fazer uma simulação, onde foram utilizados os volumes de águas captadas pela cobertura de cada tipologia e calculado a quantidade de água final diária, a captada menos a demanda diária. Com isso foi possível determinar o volume de água quando a diferença positiva entre captada e demanda enchia o reservatório e quando negativa esvaziava o mesmo. Deste modo era possível quantificar o volume de água aproveitada, detida e extravasada.

Para a cidade de São Paulo os resultados obtidos na simulação para a tipologia TI13A-V2 são apresentados nas Figuras 15, 16 e 17.

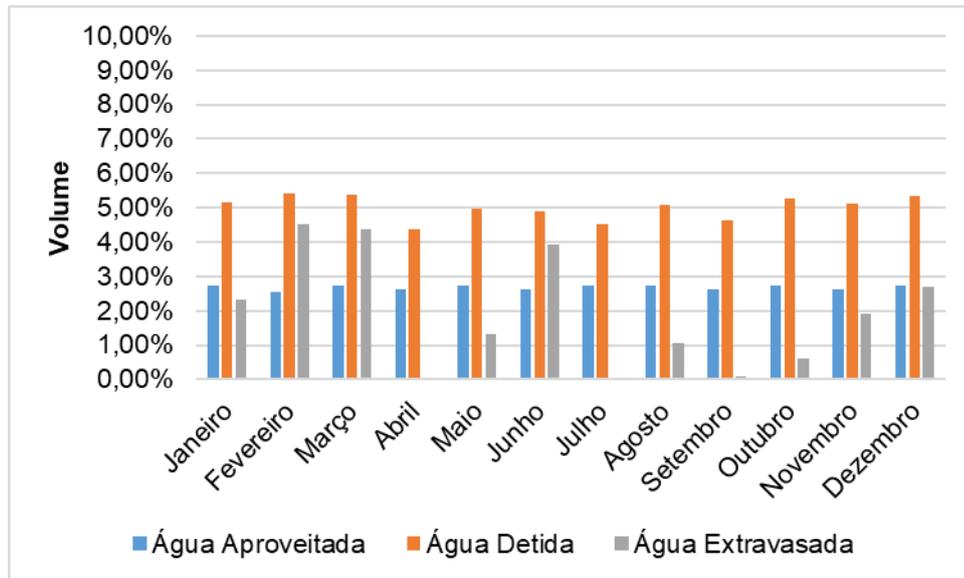


Figura 15: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

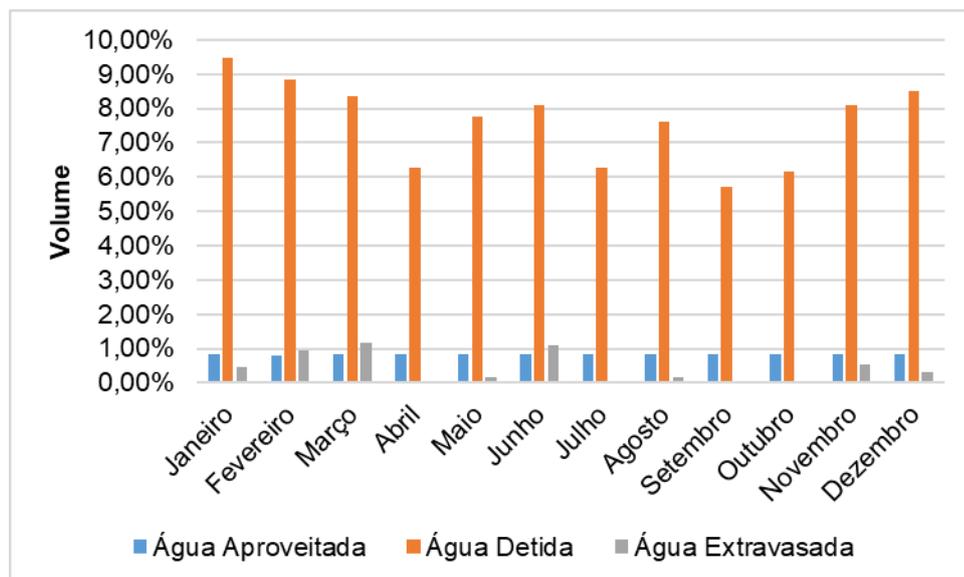


Figura 16: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

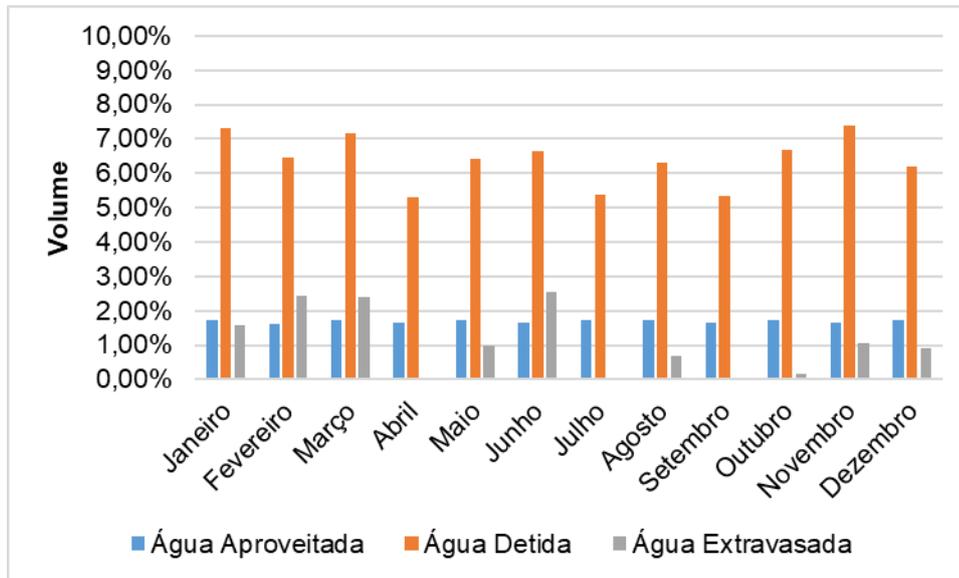


Figura 17: Quantidade de água tipologia T113A-V2 pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

Os resultados para a tipologia TG12A são apresentados nas Figuras 18, 19 e 20.

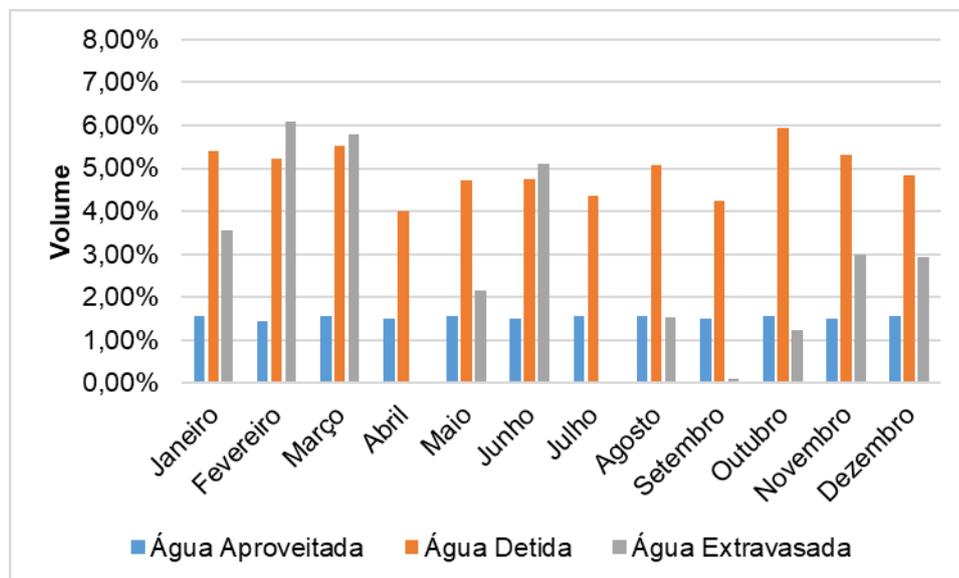


Figura 18: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

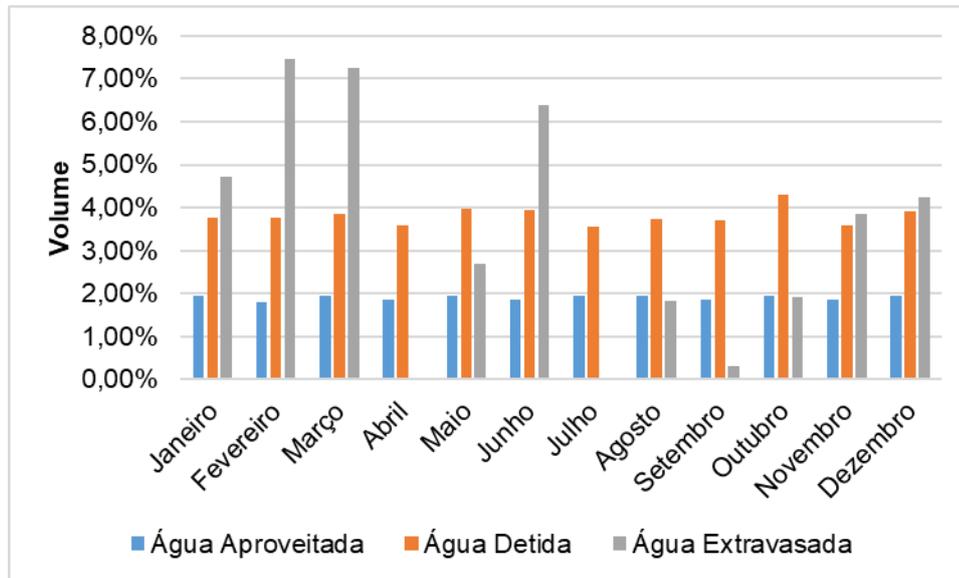


Figura 19: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

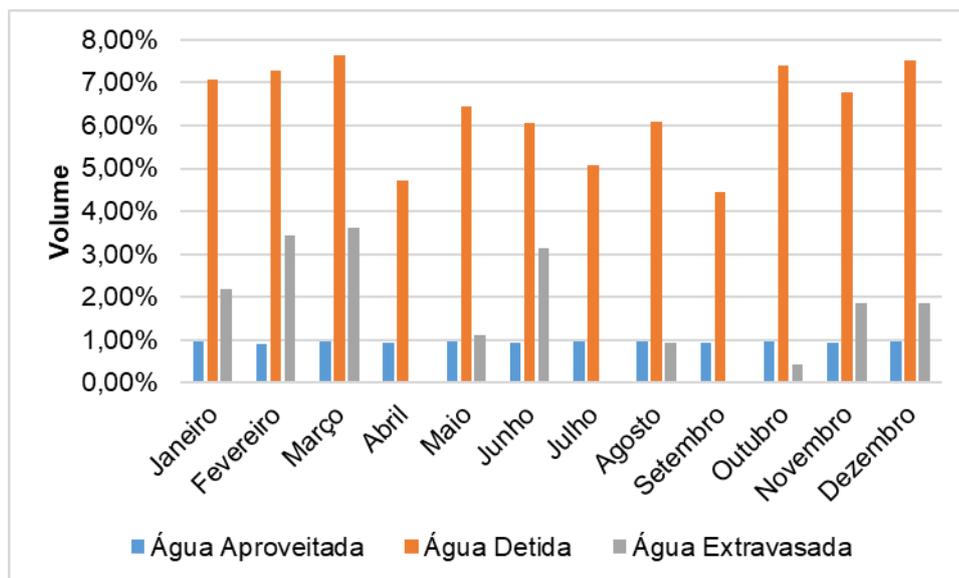


Figura 20: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

Para a tipologia SR23A os resultados são apresentados pelas Figuras 21, 22 e 23.

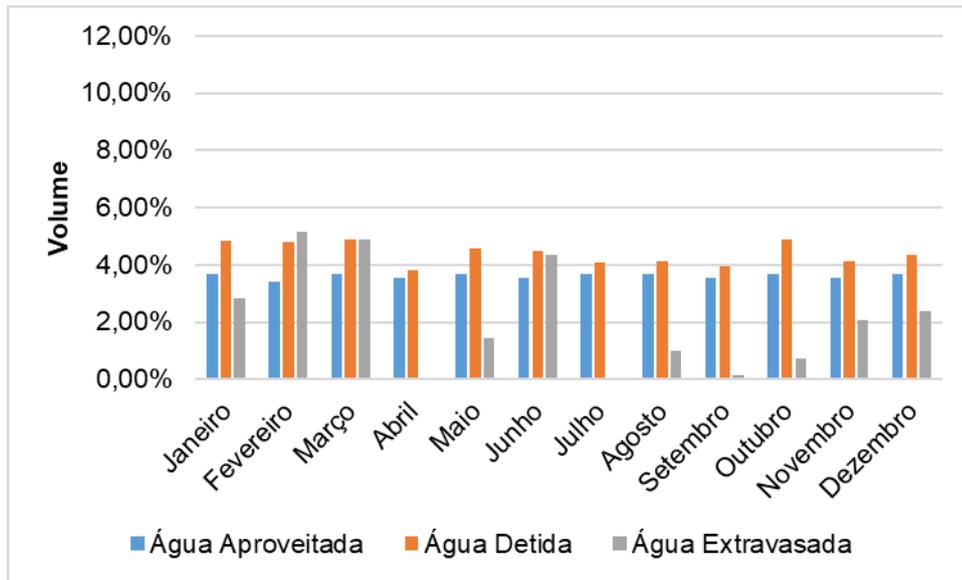


Figura 21: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

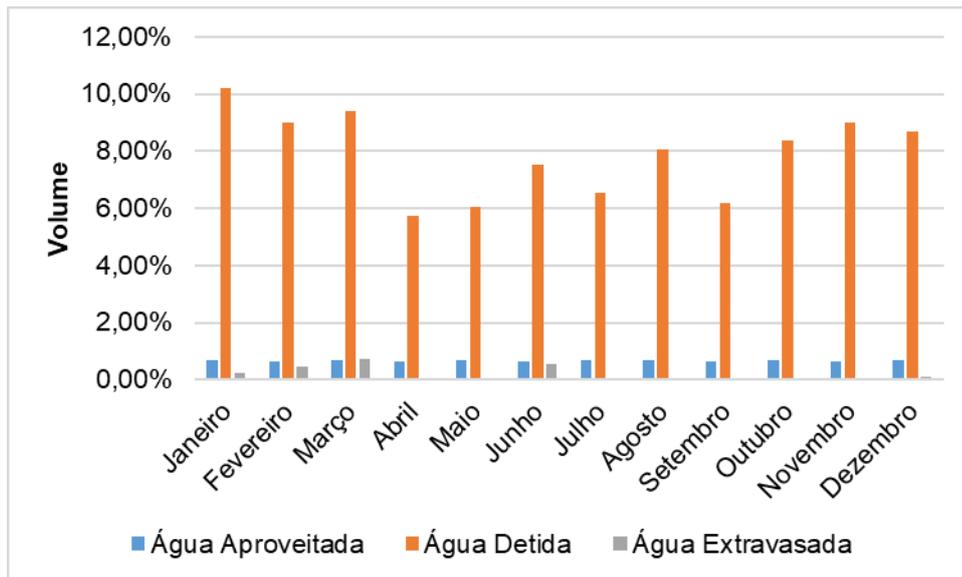


Figura 22: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

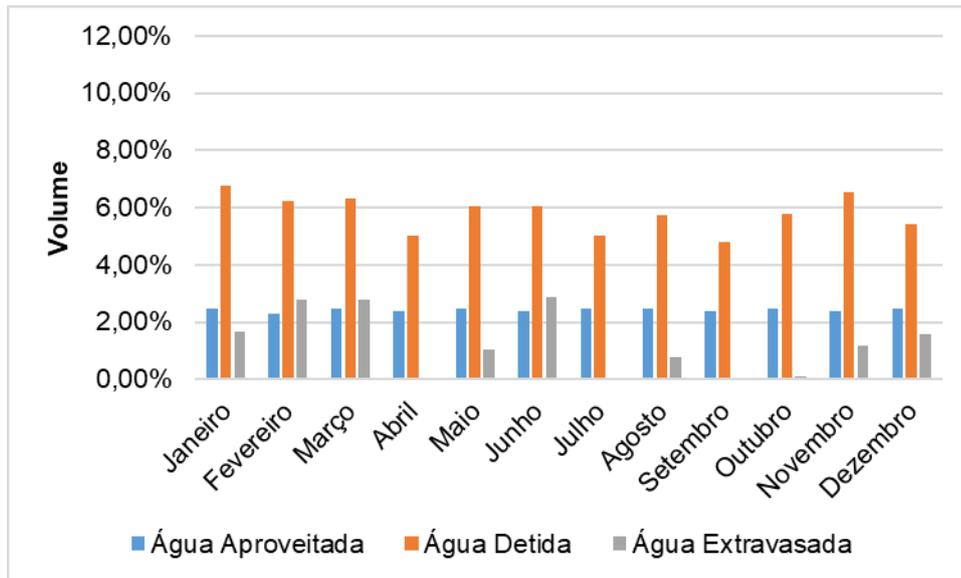


Figura 23: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São Paulo

Fonte: o autor.

Nota-se que para o dimensionamento da Lei da cidade de São Paulo é para o aproveitamento de água de chuva, apenas quando o volume do reservatório é elevando, apresenta o potencial maior para a detenção de água. Isto pode ser comprovado quando comparamos com os outros resultados de simulação, quando comparado com o volume do método de Rippl e Azevedo Neto, quando o volume do reservatório é alto, o seu potencial para a detenção é maior.

No entanto quando o volume do reservatório é baixo podemos notar que o potencial para detenção diminui, aumentando assim o potencial de aproveitamento.

Os resultados do quantitativo de água para a cidade de São José do Rio Preto, para a tipologia TI13A-V2 é apresentado pelas Figuras 24, 25 e 26, para TG12A Figuras 27, 28 e 29, e SR23A Figuras 30, 31 e 32.

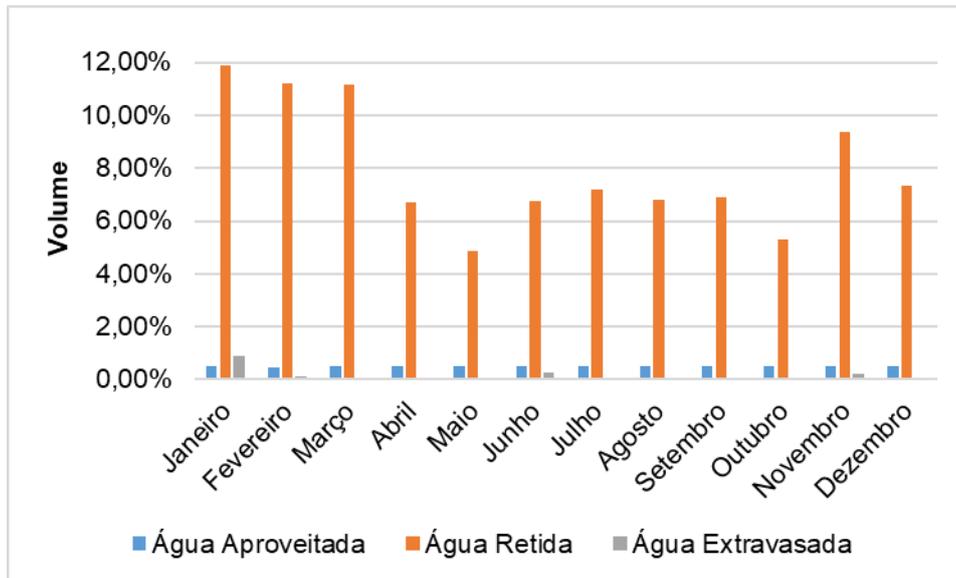


Figura 24: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

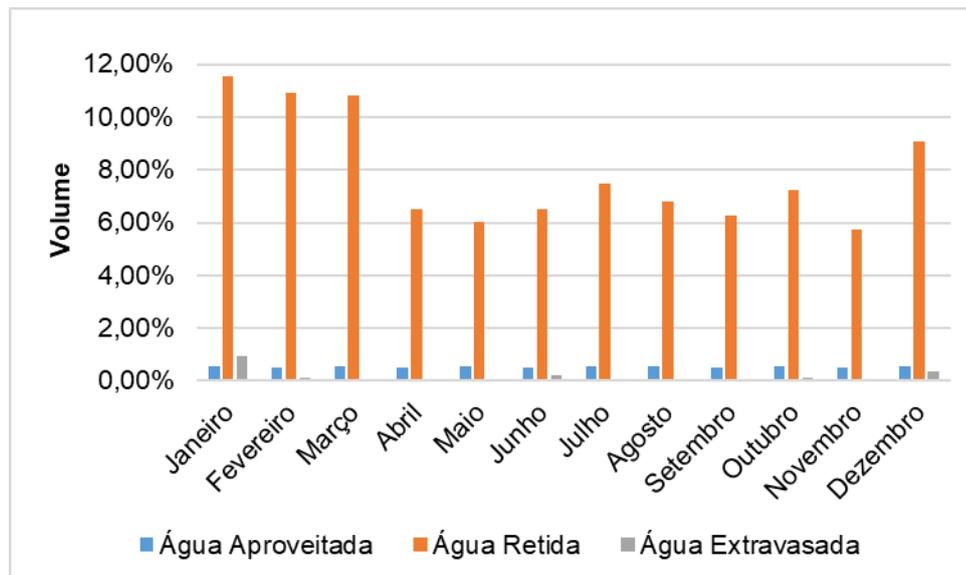


Figura 25: Quantidade de água tipologia TI13A-V2 pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

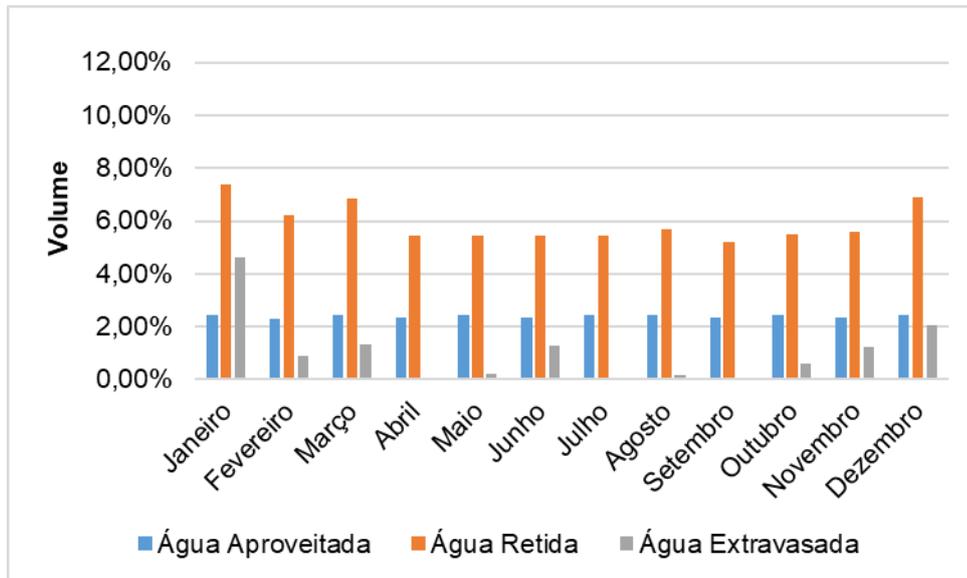


Figura 26: Quantidade de água tipologia T113A-V2 pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

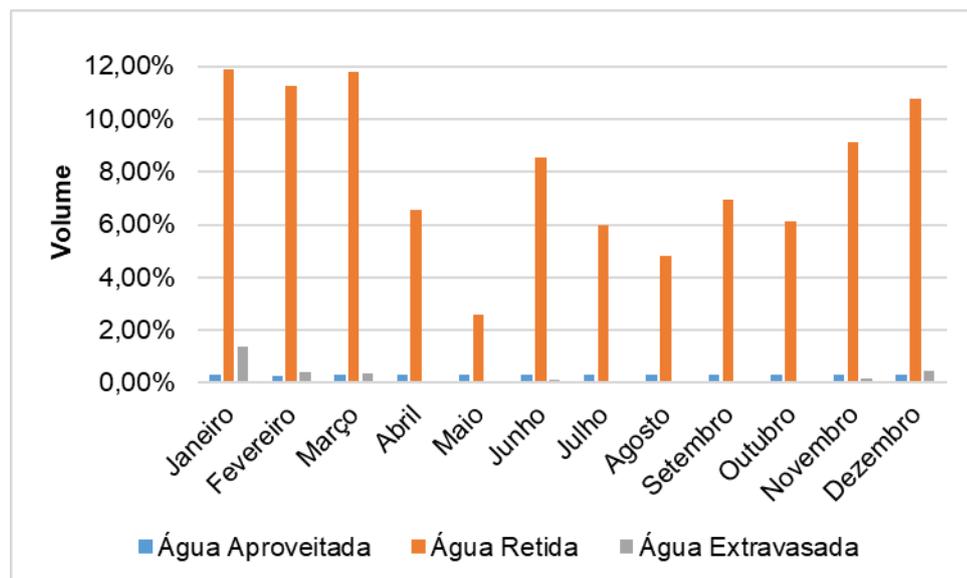


Figura 27: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

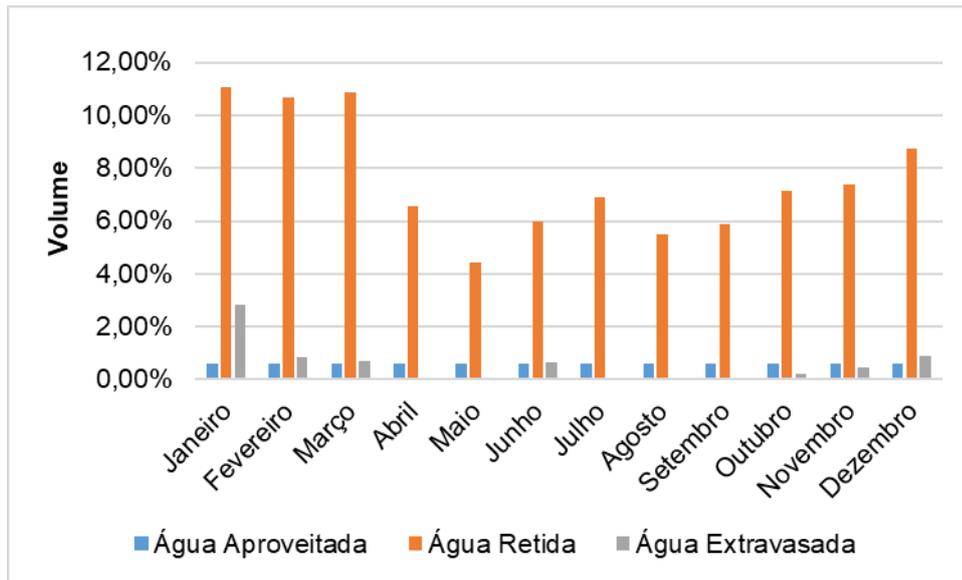


Figura 28: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

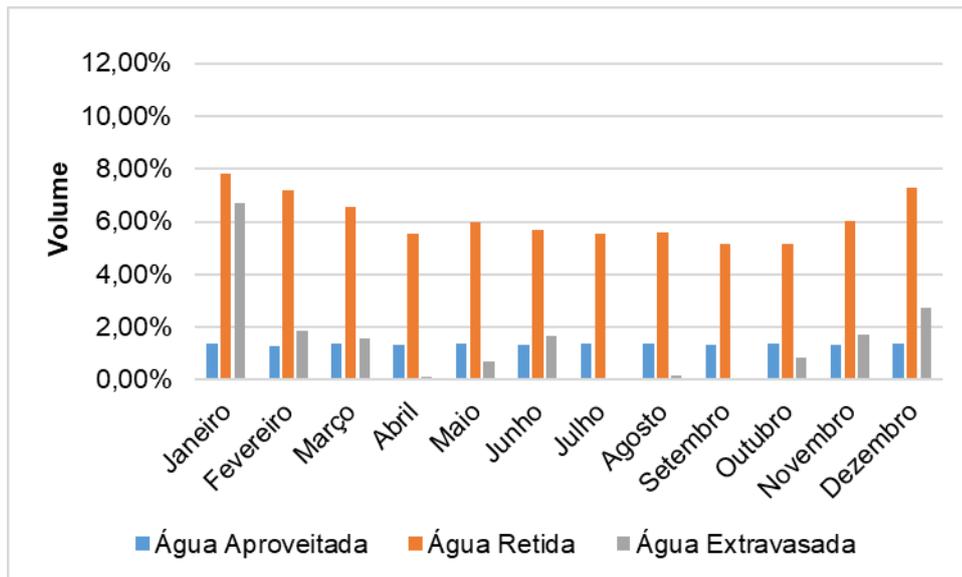


Figura 29: Quantidade de água tipologia TG12A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

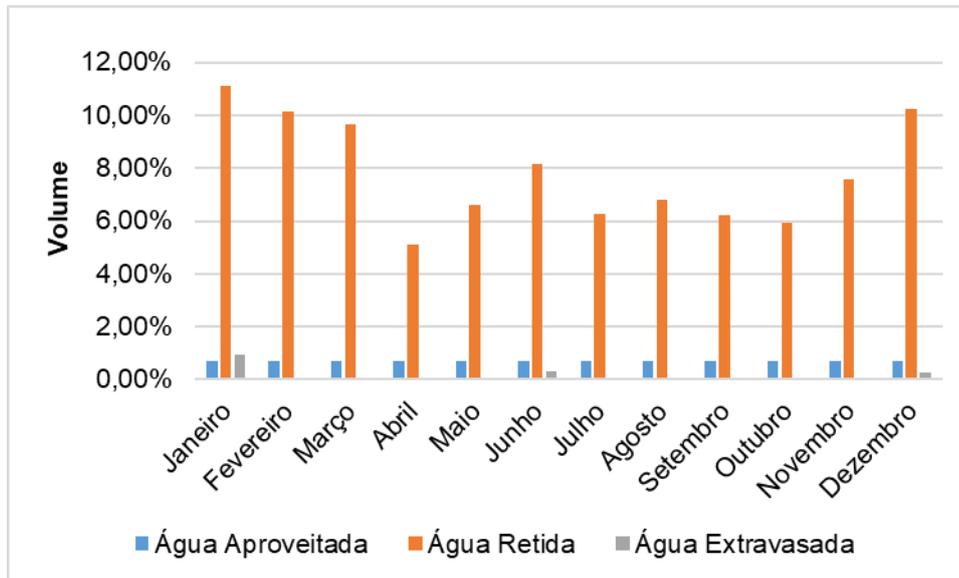


Figura 30: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método da lei da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

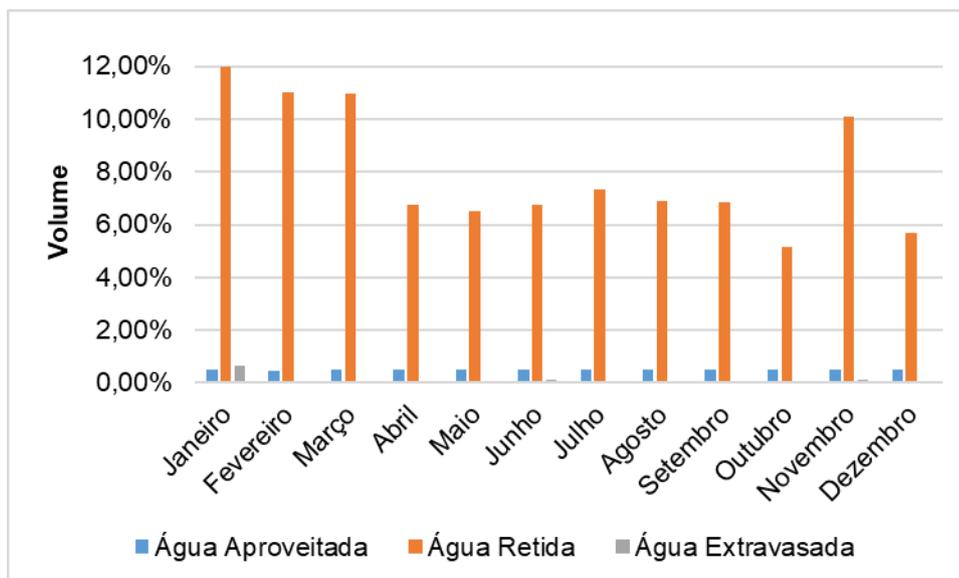


Figura 31: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Rippl da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

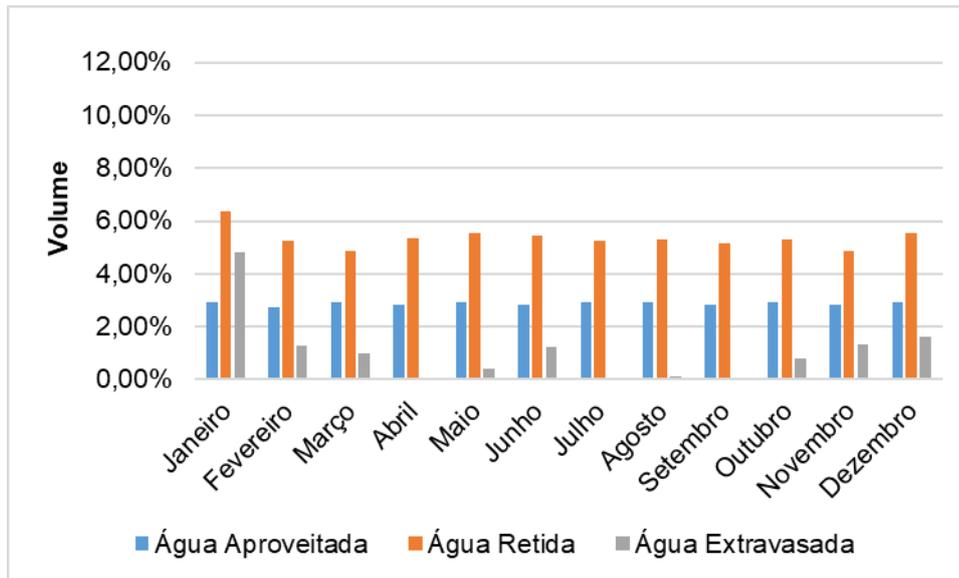


Figura 32: Quantidade de água tipologia SR23A pelo dimensionamento do método de Azevedo Neto da cidade de São José do Rio Preto

Fonte: o autor.

Analogamente aos resultados da cidade de São Paulo, para a cidade de São José do Rio Preto, nota-se que mesmo para o dimensionamento de reservatórios usando métodos para aproveitamento de água de chuva, norma, quando há um volume alto, o potencial de detenção de água é alto, e quando o volume do reservatório é baixo como no caso da tipologia SR23A para o método de Azevedo Neto, por mais que o potencial de detenção seja maior, não é tão elevado quando comparado com o resultado das outras tipologias.

6. DISCUSSÃO

A seguir apresenta-se a discussão sobre os resultados obtidos

6.1 PARÂMETROS DAS LEGISLAÇÕES

Dentre os parâmetros levantados e analisados, apenas três deles, dimensionamento, uso e critério de aplicação, são apresentados nas legislações de forma detalhada. Os restantes apenas são citados que devem ser feitos ou não aparecem no texto. Dentre os parâmetros pode-se concluir que:

6.1.1 DIMENSIONAMENTO

Como foi apresentado, há diferenças entre as variáveis de dimensionamento do reservatório entre as legislações e a norma, sendo que duas delas importantes, os índices pluviométricos e a demanda, não são apresentadas como variáveis nas legislações. Embora a demanda seja igual neste trabalho, os índices pluviométricos são muito diferentes entre cidades, como apresentado no Quadro 2, a forma de calcular o volume do reservatório para as cidades de São Paulo – SP e Niterói - RJ são a mesma, no entanto, quando é analisado a quantidade de chuva de cada cidade são diferentes, necessitando ser levado em conta para ter um dimensionamento mais preciso.

6.1.2 CAPTAÇÃO

Entre as legislações este parâmetro é descrito que pode ser feito em dois locais diferentes as coberturas e pavimentos. Contudo, a captação da água de chuva feita dos pavimentos deve-se ter maior atenção, já que pode ter qualidade inferior, necessitando melhores tratamentos.

Contudo, a captação da água de chuva não deve ser feita dos pavimentos para o aproveitamento, apenas para a detenção, fazendo com que diminua o volume de água que vai para o sistema de drenagem urbana.

6.1.3 CONDUÇÃO

Este é um ponto em que as legislações apenas citam que deve ser feito, no entanto não referenciando a norma técnica ou como deve ser feito o

dimensionamento. O sistema de condução é importante para o funcionamento do sistema de aproveitamento, já que, a água captada será conduzida para o reservatório, e, caso não seja dimensionado corretamente, subdimensionado, pode ocorrer entupimento e conseqüentemente diminuir a eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva.

6.1.4 CRITÉRIO DE APLICAÇÃO

Já nesse parâmetro, as legislações que fazem de forma detalhada, a fazem muito específica, deixando muito limitado o tipo de empreendimento que irá ter o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Uma forma melhor seria deixar o critério de aplicação do sistema de aproveitamento de água pluvial mais flexível, deixando para empreendimentos de pequeno porte como alternativas e de grande porte como forma obrigatória, já que a detenção e/ou utilização da água de chuva pode ajudar na prevenção de enchentes e inundações, e na diminuição da demanda de água potável.

6.1.5 USO, TRATAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA

Esses três parâmetros devem ser trabalhados em conjunto, de forma que as leis e a norma deveriam fazer uma definição da qualidade de água para cada tipo de uso que deve ter. Usos como para jardinagem que não há necessidade de ter uma qualidade de água alta, conseqüentemente um ter um tratamento mais simples.

Logo as leis e a própria norma deveriam fazer uma relação onde para cada uso se atrelaria uma qualidade específica da água, e por fim o tratamento de modo a atender essa qualidade.

No entanto, o tratamento pode ser deixado a cargo do projetista ou responsável técnico fazer a definição, desde que seja atendida a qualidade de água.

6.1.6 FILTRAGEM E DESCARTE INICIAL

Apenas uma legislação cita sobre a filtragem em seu texto, com tudo ambos os parâmetros podem ser considerados como pré-tratamento, fazendo com que a qualidade de água armazenada seja melhor e assim necessitando tratamento mais simples para alcançar a qualidade da água desejada.

6.2 POTENCIAL DO APROVEITAMENTO

Mesmo o dimensionamento da norma NBR 15527 (ABNT, 2007) seja para o aproveitamento de água de chuva, os resultados obtidos pela simulação do potencial de aproveitamento, notou-se que para grandes volumes de reservatórios, é tendencial para a detenção da água de chuva. Embora que, com grandes volumes de reservatório o sistema de aproveitamento de água de chuva poderá fazer tanto o aproveitamento de água de chuva quando a detenção da água no lote. No entanto, observou que para volumes menores de reservatório, quando comparado com volumes maiores, o potencial de aproveitamento de água é maior.

Da mesma forma, os dimensionamentos feitos pelas legislações das duas cidades, São Paulo e São José do Rio Preto, ambos sendo para detenção, notou-se a mesma relação quanto ao tamanho do volume do reservatório. Mas, o potencial de aproveitamento está ligado a área de captação e ao índice pluviométrico local.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas legislações, em específico, as estudadas neste trabalho, são propostas por vereadores, onde estes podem ou não ter o conhecimento técnico sobre o assunto. Já a norma, é criada por um corpo técnico especializado no assunto, no entanto diferente de uma lei, a norma não possui a obrigação de ser cumprida, sendo um manual de boas práticas. Entretanto, quando uma norma é citada no texto de uma legislação, torna-se obrigatório o cumprimento da mesma.

No estudo realizado neste trabalho, denota-se a que as legislações, necessitam passar por uma revisão em seu texto de forma abordar cada prescrição levantada, de forma, a deixar o seu texto mais completo, ou mesmo incluir em seu texto a citação da norma de aproveitamento de água de chuva NBR 15527 (ABNT, 2007). Entretanto, a norma também deve passar por uma revisão em seu texto, sendo que neste ano de 2018, esta norma de água de chuva está sendo revisada por uma comissão especialista, mas ainda não está disponível para a comunidade técnica.

Com relação as análises dos resultados, pode se concluir que as legislações aplicadas no estudo de caso tiveram resultado satisfatório quanto a sua função, a detenção de água de chuva. Quando feita a simulação o potencial de detenção de água foi satisfatório, mas deve-se levantar pontos importantes com relação ao método do dimensionamento do volume do reservatório, quando analisados as legislações das cidades de São Paulo e Niterói, os métodos ou equações para determinar o volume do reservatório são iguais, no entanto, uma variável importante que é o índice pluviométrico é diferente, devendo ser levando em conta para o dimensionamento. Neste caso seria necessário um estudo mais aprofundado para a determinação de uma equação que abrangesse todas variáveis mais impactantes e a elaboração da equação que consiga abranger o dimensionamento nacionalmente.

Outro ponto que deve ser levantado tanto no texto da norma quanto nas legislações é com relação aos usos, tratamentos e qualidades da água de chuva. Estes três pontos devem ser tratados juntos, de modo que, se faça uma relação entre o uso destinado a água, qual deve ser a qualidade atendida e por fim, qual deve ser o tratamento para que atenda os padrões de qualidade, ou seja, fazer uma

definição de usos mais nobres da água de chuva, levando em conta um possível risco de contaminação e contato com a água.

Por fim, pode-se considerar que o sistema de aproveitamento de água de chuva, deve ser incorporado em legislações nos vários âmbitos visando tanto na parte sustentável do uso água de chuva nas edificações, como também, na parte de drenagem urbana das cidades.

REFERÊNCIAS

ANA, FIESP & SindusCon-SP. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de água pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214: **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalações prediais de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ARARAQUARA, **Lei Complementar n. 865 de 28 de maio de 2015**. Cria o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, institui a sua obrigatoriedade nos imóveis localizados no município e dá outras providências.

BALNEÁRIO CAMBORIU, **Lei n. 3533 de 26 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre o controle do desperdício de água potável distribuída pela rede pública municipal institui o programa municipal de conservação e uso racional da água em edificações, cria concurso de economia de água nas escolas da rede municipal e dá outras providências.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S.; **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. ABRH, 2011.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 4, n. 1, 2008.

BAURU, Lei n. 6110 de 25 de agosto de 2011. Cria o programa municipal de uso racional e reuso de água em edificações e dá outras providências.

BELO HORIZONTE, **Projeto de Lei n. 1381 de 13 de novembro de 2014**. Estabelece a política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define normas gerais para sua promoção.

BRASIL, **Lei n. 9433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL, **Lei n. 13501 de 30 de outubro de 2017**. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357**, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. de 18 de março de 2005.

BRASIL. PORTARIA 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1, nº 59, p. 266-70.

BRASIL. PORTARIA 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério do Estado da Saúde. **Norma de qualidade da água para consumo humano**. Portaria nº 2.914, D.O.U. de 14/12/11, República Federativa do Brasil, 2011.

CAMPINAS, **Lei n. 12474 de 16 de janeiro de 2006**. Cria o programa municipal de conservação, uso racional e reutilização de água em edificações e dá outras providências.

CHANG, M.; MCBROOM, M.W.; BEASLEY, R. S.. **Roofing as a source of nonpoint water pollution**. Journal of environmental management, v. 73, n. 4, p. 307-315, 2004

CHAPECÓ, **Lei n. 324 de 10 de março de 2008**. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de reservatório e valas de infiltração para aproveitamento da água da chuva em edificações e dá outras providências.

CHE-ANI, A. I.; SHAARI, N.; SAIRI, A. ZAIN, M. F. M.; TAHIR, M. M. **Rainwater harvesting as na alternative water supply in the future**. European Journal of Scientific Research, v. 34, n. 1, p. 132- 140, 2009.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL E URBANO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Caderno de tipologias. São Paulo: CDHU. 1997

COSTA PACHECO, Paulo R. et al. **A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil**. Journal of cleaner production, v. 141, p. 290-294, 2017

CURITIBA, **Lei n. 10785 de 18 de setembro de 2003**. Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE.

FEWKES, A.. **Tje use of Rainwater for WC flushing: the field-testing of collection system**. Bulding and Environment, v. 34, nº 9, p. 765-772, 1999.

FLORIANÓPOLIS, **Lei n. 8080 de 09 de dezembro de 2009**. Institui programa municipal de conservação, uso racional e reuso da água em edificações e dá outras providências.

FOZ DO IGUAÇU, **Lei n. 3461 de 30 de junho de 2008**. Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água de chuva nos postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos e dá outras providências.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M.. **Netuno 4. Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2014.

GNADLINGER, J.. **Colheita em água da chuva em áreas rurais. Associação internacional de sistemas de captação de água de chuva**. 2º Fórum Mundial da Água, Holanda, 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>> Acesso maio de 2016.

GOIÂNIA, **Lei n. 10785 de 18 de setembro de 2006**. Torna obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

GOLDENFUM, J. A.. **Reaproveitamento de águas pluviais**. Simpósio Nacional Sobre o Uso da água na Agricultura. Versão 1, 1, v. 14, 2006.

GUARULHOS, **Lei n. 6511 de 09 de junho de 2009**. Institui o programa municipal de uso racional da água potável e dá outras providências.

HAGEMANN, S. E.. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.

HERRMANN, T; SCHMIDA, U. **Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban water, v. 1, n. 4, p. 307-316, 1999.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso maio de 2017.

KITA, I. et al.. **Local government's financial assistance for Rainwater utilization in Japan**. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., Petrolina, 199. Proceedings. Petrolina: ABRH, 199. p. 5.

KRISHNA, Hari J. et al. **The Texas manual on rainwater harvesting**. Texas Water Development Board, 3rd Edition, Austin, Texas, United States of America, 2005.

LAWSON, S.; LABRANCHE-TUCKER, A.; OTTO-WACK, H.; HALL, R.; SOJKA, B.; CRAWFORD, E.; CRAWFORD, D.; BRAND, C.. (2009) **Virginia rainwater harvesting manual**, 2nd edn. The Cabell Brand Center, Salem

LONDRINA, **Resolução n. 18 de 31 de agosto de 2009**. Estabelece o programa racional de uso da água.

MANAUS, **Lei n. 1192 de 31 de dezembro de 2007**. Cria, no município de Manaus, o programa de tratamento e uso racional das águas nas edificações - Pro - Águas.

MARINOSKI, A. K.. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2007.

MARKS, R. et al.. **Use of rainwater in Australian urban environments**. In: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, Manheim, 2001. Preceedings. Germany, p. 9. 2002.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C.; SELUCHI, M.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; OBREGON, G.; SAMPAIO, G.. **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. Revista USP, São Paulo, p. 31 - 44. 2015.

MAY, S.. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

MAY, S.. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

MONTIBELLER, A.; SCHMIDT R. W.. **Análise do potencial de economia de água tratada através da utilização de água pluvial em Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

NTALE, H.K; MOSES, N. **Improving the quality of harvested rainwater by using first flush interceptors/ retainers**. In: PROCEEDINGS OF THE 11th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. México, 2003

NITERÓI, **Lei n. 2626 de 30 de dezembro de 2008**. Dispõe sobre a instalação de sistemas de aquecimento solar de águas e do aproveitamento de águas pluviais na construção pública e privada no município de Niterói e cria a comissão municipal de sustentabilidade urbana.

PETRÓPOLIS, **Lei n. 6801 17 de dezembro de 2010**. Institui, no município de Petrópolis, o programa de uso e reúso racional da água- pura, para utilização em condomínios, clubes, entidades, conjuntos habitacionais e demais imóveis residenciais e comerciais.

PNRH, Plano Nacional de Recursos Hídricos, Brasília. 2006.

PONTA GROSSA, **Lei n. 8718 de 21 de dezembro de 2006**. Institui no município de Ponta Grossa, o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial nas edificações urbanas.

PORTO ALEGRE, **Lei n. 10506 de 05 de agosto de 2008**. Institui o programa de conservação, uso racional e reaproveitamento das águas.

RECIFE, **Lei n. 17081 de 12 de janeiro de 2005**. Cria no município do Recife o programa de conservação e uso racional da água nas edificações.

REIS, R. P. A.; ROCHA, B. C. C. M.; ARAÚJO, J. V. G.. **Avaliação de sistema de tratamento de águas de chuva coletadas em telhado de cimento amianto, utilizando filtração e desinfecção por UV e cloro**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 3, n. 1, 2012.

RIO DE JANEIRO, **Lei n. 5279 de 27 de junho de 2011**. Cria no município do Rio de Janeiro o programa de conservação e uso racional da água nas edificações.

RUPP, R. F. et al. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p 47-64, out./dez. 2011.

SANTOS, N; SANTOS, F. A.. **Gestão da qualidade: a importância para sustentabilidade na uniformidade da tributação dos recursos hídricos**. VIII workshop de pós-graduação e pesquisa do centro Paula Souza, São Paulo. 2009.

SÃO CARLOS, **Lei n. 17729 de 10 de fevereiro de 2016**. Cria o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva e institui a sua obrigatoriedade nos imóveis localizados no município e dá outras providências.

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, **Lei n. 10290 de 24 de dezembro de 2008**. Cria no município o programa permanente de gestão das águas superficiais (PGAS) da bacia hidrográfica do Rio Preto, e dá outras providências.

SÃO PAULO, **Lei n. 13276 de 04 de janeiro de 2002**. Torna obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

SÃO PAULO, **Lei n. 14018 de 28 de janeiro de 2003**. Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água em edificações e dá outras providências.

SCHIMIDT, M.. **Captação de água de chuva na Alemanha**. 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, Paraíba, 2001. Anais, Paraíba: ABRH, p. 10. 1 CD-ROM. 2001.

SENADO FEDERAL. Projeto de lei n. 324, de 2015. **Institui obrigatoriedade para as novas construções, residenciais, comerciais, e industriais, público ou privado, a inclusão no projeto técnico da obra, item referente a captação de água da chuva e seu reuso não potável e dá outras providências**. Brasília, DF, 2015.

SILVA, E. R.. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. 1998. 201p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 1998.

SILVA, A. R. V; TASSI, T.. **Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água de chuva: resultados preliminares**. SBRH 2005 - João Pessoa/BR. 2005.

SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F.; PORTO, M. F. A.; GONÇALVES, O. M.. **Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações**. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória. Anais do XII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 1997.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. v. 65, n. 4, p. 5, 2009.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2010.

TUCCI, C E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C.. **Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”**. Interações, v. 1980, p. 90, 2003.

VIEIRA, J.. **Coleta e estratégia simplificada de tratamento de água de chuva para fins não potáveis com ênfase no uso industrial**. 2008. 56p. Monografia (Engenharia Ambiental – Bacharelado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Rio Claro, 2008.

VITÓRIA, **Lei n. 7079 de 14 de setembro de 2007**. Institui o Programa de conservação, redução e racionalização do uso de águas nas edificações públicas no município de Vitória.

WERNECK, G. A. M.. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. 2006. 201 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

APÊNDICE

Quadro 10: Volume de água captada, simulação cidade de São Paulo para tipologiaTI13A-V2

Data	Precipitação (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume de água Captado (l)	Volume de água Captado Corrigido (l)	Demanda (l)	Total (l)
01/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
02/01/2016	47,8	62,72	2998,02	2398,41	180	2218,41
03/01/2016	0,6	62,72	37,63	30,11	180	-149,89
04/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
05/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
06/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
07/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
08/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
09/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
10/01/2016	26,2	62,72	1643,26	1314,61	180	1134,61
11/01/2016	6,6	62,72	413,95	331,16	180	151,16
12/01/2016	6	62,72	376,32	301,06	180	121,06
13/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
14/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
15/01/2016	27,4	62,72	1718,53	1374,82	180	1194,82
16/01/2016	3,8	62,72	238,34	190,67	180	10,67
17/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
18/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
19/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
20/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
21/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
22/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
23/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
24/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
25/01/2016	1	62,72	62,72	50,18	180	-129,82
26/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
27/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
28/01/2016	33	62,72	2069,76	1655,81	180	1475,81
29/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00
30/01/2016	0,2	62,72	12,54	10,04	180	-169,96
31/01/2016	0	62,72	0,00	0,00	180	-180,00

Quadro 11: Quantidade água detida e extravasada, simulação cidade de São Paulo para tipologia TI13A-V2

Data	Lei		Rippl		Azevedo Neto	
	Água Detida (l)	Água Extravasada (l)	Água Detida (l)	Água Extravasada (l)	Água Detida (l)	Água Extravasada (l)
01/01/2016	384,48	0	2487,18	0	928,58	0
02/01/2016	564,48	2038,413	2667,18	2038,413	1108,58	2038,413
03/01/2016	414,5856	0	2517,286	0	958,6856	0
04/01/2016	234,5856	0	2337,286	0	778,6856	0
05/01/2016	54,5856	0	2157,286	0	598,6856	0
06/01/2016	564,48	0	1977,286	0	418,6856	0
07/01/2016	384,48	0	1797,286	0	238,6856	0
08/01/2016	204,48	0	1617,286	0	58,6856	0
09/01/2016	24,48	0	1437,286	0	1108,58	0
10/01/2016	564,48	594,6112	2571,897	0	1108,58	1134,611
11/01/2016	564,48	151,1616	2667,18	55,8784	1108,58	151,1616
12/01/2016	564,48	121,056	2667,18	121,056	1108,58	121,056
13/01/2016	384,48	0	2487,18	0	928,58	0
14/01/2016	204,48	0	2307,18	0	748,58	0
15/01/2016	564,48	834,8224	2667,18	834,8224	1108,58	834,8224
16/01/2016	564,48	10,6688	2667,18	10,6688	1108,58	10,6688
17/01/2016	384,48	0	2487,18	0	928,58	0
18/01/2016	204,48	0	2307,18	0	748,58	0
19/01/2016	24,48	0	2127,18	0	568,58	0
20/01/2016	564,48	0	1947,18	0	388,58	0
21/01/2016	384,48	0	1767,18	0	208,58	0
22/01/2016	204,48	0	1587,18	0	28,58	0
23/01/2016	384,48	0	2487,18	0	928,58	0
24/01/2016	564,48	2038,413	2667,18	2038,413	1108,58	2038,413
25/01/2016	414,5856	0	2517,286	0	958,6856	0
26/01/2016	234,5856	0	2337,286	0	778,6856	0
27/01/2016	54,5856	0	2157,286	0	598,6856	0
28/01/2016	564,48	0	1977,286	0	418,6856	0
29/01/2016	384,48	0	1797,286	0	238,6856	0
30/01/2016	204,48	0	1617,286	0	58,6856	0
31/01/2016	24,48	0	1437,286	0	1108,58	0