

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ANDRÉA TESTON

**IMPACTO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA  
DRENAGEM: ESTUDO DE CASO DE UM CONDOMÍNIO  
HORIZONTAL EM CURITIBA/PR**

TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

CURITIBA  
2015

ANDRÉA TESTON

**IMPACTO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA  
DRENAGEM: ESTUDO DE CASO DE UM CONDOMÍNIO  
HORIZONTAL EM CURITIBA/PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Engenharia, do Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.  
Profa. Orientadora: Dra. Celimar Azambuja Teixeira

CURITIBA  
2015



## TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO N.º 62

### IMPACTO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NA DRENAGEM: ESTUDO DE CASO DE UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL FECHADO EM CURITIBA/PR

POR

**ANDREA TESTON**

Esta dissertação foi apresentada às 14H30 do dia 30 de março de 2015, como requisito parcial para a obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL**, área de Meio Ambiente, linha de pesquisa de Saneamento e Recursos Hídricos, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APPROVADA

(aprovado / reprovado)

**Prof. Dr. Celimar Azambuja Teixeira**  
(Orientador - UTFPR)

**Prof. Dr. Líbia Patrícia Peralta Agudelo**  
(UNIBRASIL)

**Prof. Dr. Fernando Oliveira de Andrade**  
(UTFPR)

Visto da Coordenação:

**Prof. Dr. Ronaldo Luís dos Santos Izzo**  
Coordenador do PPGEC

Ao André, pelo incentivo e paciência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à professora Celimar, minha orientadora, pelo apoio tanto acadêmico quanto pessoal.

Ao professor Fernando, membro da banca de qualificação e de defesa final, pelos apontamentos pertinentes, objetivos e pela melhoria do trabalho obtida graças a isso. À professora Patrícia, pela constante busca por construções mais sustentáveis.

À UTFPR por proporcionar ensino de qualidade e incentivo à pesquisa.

À CAPES pela bolsa de estudo.

Agradeço à empresa e ao colega de especialização, dos quais mantenho sigilo, por fornecerem os dados concebidos sobre o condomínio estudado.

As colegas de pós-graduação Jéssica, Ellen, Géssica e Bárbara por tornarem as aulas divertidas.

Aos amigos Denise e Luiz por estarem do meu lado, sempre.

À minha irmã pelo incentivo e exemplo. Pela ajuda sempre que precisei, desde a proposta da pesquisa até aqui.

Aos meus pais, por tudo e por participarem de tudo.

Ao André, meu amor, por ver em mim o que melhor eu posso ser, incentivando-me ininterruptamente. Pelo apoio, paciência e por “segurar as pontas” sempre que preciso.

A todos, muito obrigada!

## RESUMO

O ciclo hidrológico sustenta a falsa ideia de que a água é um recurso natural ilimitado e por esse motivo a questão foi negligenciada por muito tempo. Atualmente, entretanto, a preocupação com a água no planeta já ultrapassou os limites de países que sofrem de escassez. Isso resulta em uma busca constante por programas de conservação da água e pelo uso de fontes alternativas para consumo humano, dentre elas o aproveitamento de água da chuva. O presente trabalho tem por objetivo principal a verificação do impacto do aproveitamento de água da chuva em residências unifamiliares no consumo de água potável e na drenagem urbana. Através do estudo de caso de um condomínio horizontal na cidade de Curitiba, Paraná, fez-se uma avaliação quantitativa do volume de chuva aproveitado e extravasado no sistema de aproveitamento, através de dois métodos de dimensionamento do volume do reservatório: Método Prático Alemão (ABNT 15.527/2007) e Método do Decreto 293/2006 de Curitiba. Além disso, utilizando dados pluviométricos diários, desde 1997 até 2013, três cenários de demanda de água de chuva foram criados, dos quais é possível verificar a eficiência e a confiança dos sistemas adotados, a fim de determinar quanto da demanda é atendida e quanta água fica retida nos reservatórios.

**PALAVRAS CHAVE:** conservação da água, aproveitamento de água da chuva, demanda.

## **ABSTRACT**

The false idea that water is an unlimited natural resource is supported by the water cycle, and therefore the issue has been neglected for too long. Nowadays, however, the water problem on the planet has exceeded the boundaries of countries suffering from shortages. It results in a constant search for programs of water conservation and use of alternative sources for human consumption, including the use of rainwater. This paper presents, as the main objective, the verification of the impact of rainwater harvesting system in single family residences at consumption of drinking water and urban drainage. Through the case study of a horizontal condominium in the city of Curitiba, Paraná, it presents a quantitative assessment of the volume of rain that is used and overflowed, using two methods of sizing tank volume: Method Practical German (ABNT 15,527 / 2007) and Method of Decree 293/2006 of Curitiba. Furthermore, it uses daily rainfall data since 1997 until 2013 to creates three demand scenarios of rainwater. With it is possible to verify the efficiency and confidence of the adopted systems in order to determine how much of the demand is met and how much water is retained in reservoirs.

**KEYWORDS:** water conservation, rainwater harvesting system, demand.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição de água doce superficial no Continente Americano .....	19
Figura 2: Divisão Hidrográfica Nacional .....	20
Figura 3: Disponibilidade hídrica superficial do Brasil e pontos de captação. ....	21
Figura 4: Planejamento de obras para os mananciais do Paraná - 2025.....	22
Figura 5: Mapa mancha urbana e ocupações irregulares - RMC.....	23
Figura 6: Características do balanço hídrico urbano. ....	25
Figura 7: Comparação entre os hidrogramas de cheia em áreas urbanizadas e não urbanizadas. .....	25
Figura 8: Variação do consumo anual médio de água tratada em função do volume do reservatório de aproveitamento de água da chuva. ....	29
Figura 9: Benefício econômico e nível de atendimento em função da demanda. ....	30
Figura 10: Benefício econômico e custo de construção em função da capacidade de reservação. ....	30
Figura 11: Benefício econômico e nível de atendimento à demanda em função da área de captação. ....	31
Figura 12: Esquema ilustrativo de um sistema de aproveitamento de água de chuva com utilização de cisterna e bombeamento para reservatório superior. ....	32
Figura 13: Esquemática de um sistema de aproveitamento de água de chuva.....	33
Figura 14: Dispositivo de descarte (desviUFPE).....	34
Figura 15: Detalhe do gradeamento do filtro.....	35
Figura 16: (1) Sifão anti-retorno e (2) Freio aerador.....	36
Figura 17: Efeito dos microrreservatórios no controle das vazões .....	43
Figura 18: Volumes extravasados para condições de demandas e extravasão. ....	44
Figura 19: Metodologia de abordagem da pesquisa – Método hipotético dedutivo.....	46
Figura 20: Dados técnicos de entrada do condomínio horizontal fechado.....	53
Figura 21: Máximo de dias sem chuva por mês – entre 1998 e 2008. ....	54
Figura 22: Confiança do Sistema - sublote médio - Cenário 1.....	80
Figura 23: Confiança do Sistema - sublote médio - Cenário 2.....	81
Figura 24: Confiança do Sistema - sublote médio - Cenário 3.....	81
Figura 25: Volume aproveitado em função do tempo - Cenário 1 .....	83
Figura 26: Volume aproveitado em função do tempo - Cenário 2 .....	83
Figura 27: Volume aproveitado em função do tempo - Cenário 3 .....	83



Figura 28: Percentual de água extravasada dos sistemas .....	85
Figura 29: Percentual de água extravasada pelo método prático alemão - todos os sublotes ..	85
Figura 30: Redução do escoamento de água do condomínio com o aproveitamento de água da chuva em cada cenário. ....	86
Figura 31: Volume de chuva extravasado do sublote médio - Método Prático Alemão .....	87
Figura 32: Volume extravasado do sublote médio - Método do Decreto Mun. 293 de Curitiba .....	87
Figura 33: Volume de chuva extravasado considerando todos os sublotes - Método Prático Alemão.....	88
Figura 34: Confiança em cada sistema nos cenários 1, 2 e 3 .....	90
Figura 35: Crescimento percentual da confiança X crescimento percentual do reservatório ...	92
Figura 36: Crescimento percentual da eficiência X crescimento percentual do reservatório...	92
Figura 37: Percentual de áreas de contribuição em cada caixa de contenção .....	94
Figura 38: Composição do hidrograma resultante de vazão que escoar para uma caixa de contenção .....	95
Figura 39: Hidrograma da chuva de projeto - sem o aproveitamento de água da chuva .....	95
Figura 40: Hidrograma Unitário .....	97
Figura 41: Convolução de hidrogramas.....	98
Figura 42: Hidrograma resultante - Sublote 17 - sem aproveitamento.....	98
Figura 43: Hidrograma de projeto para sublote 17 com aproveitamento de água da chuva ....	99
Figura 44: Hidrograma resultante - Sublote 17 - com aproveitamento .....	100
Figura 45: Hidrograma resultante do Sublote 17 para os dois panoramas .....	100
Figura 46: Hidrograma resultante - CC1 para os dois panoramas.....	101
Figura 47: Hidrograma resultante - CC2 para os dois panoramas.....	101
Figura 48: Crescimento da eficiência e confiança com o aumento do volume dos reservatórios .....	105
Figura 49: Confiança e Eficiência do sistema - Método Prático Alemão - Sublote Médio....	105
Figura 50: Confiança e Eficiência do sistema - Método Decreto 293 de Curitiba - Sublote Médio .....	106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis da pesquisa - área do sub lote. ....	54
Tabela 2: Determinação dos parâmetros para o sub lote médio. ....	54
Tabela 3: Demanda de água Cenário 1 – para sub lote médio. ....	55
Tabela 4: Demanda de água Cenário 2 – para sub lote médio. ....	56
Tabela 5: Demanda de água Cenário 3 – para sub lote médio. ....	56
Tabela 6: Coeficiente de Escoamento Superficial - Solos. ....	58
Tabela 7: Coeficiente de Escoamento Superficial – Telhados. ....	58
Tabela 8: Volume de chuva aproveitável para o sub lote médio ....	60
Tabela 9: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl - Cenário 1. ....	62
Tabela 10: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl - Cenário 2. ....	63
Tabela 11: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl - Cenário 3. ....	63
Tabela 12: Volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto - Cenários 1, 2 e 3. ....	64
Tabela 13: Dimensionamento do reservatório pelo método prático inglês - Cenários 1, 2 e 3. ....	65
Tabela 14: Dimensionamento do Reservatório pelo Método Prático Alemão - Cenário 1. ....	65
Tabela 15: Dimensionamento do Reservatório pelo Método Prático Alemão - Cenário 2. ....	65
Tabela 16: Dimensionamento do Reservatório pelo Método Prático Alemão - Cenário 3. ....	65
Tabela 17: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação - Cenário 1. ....	67
Tabela 18: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação - Cenário 2 (continua). ....	67
Tabela 19: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação - Cenário 3. ....	68
Tabela 20: Dimensionamento do reservatório pelo Método Australiano - Cenário 1. ....	70
Tabela 21: Dimensionamento do reservatório pelo Método Australiano - Cenário 2 (continua). ....	70
Tabela 22: Dimensionamento do reservatório pelo Método Australiano - Cenário 3. ....	71
Tabela 23: Número consecutivo de dias sem chuvas - estação Simepar ....	73
Tabela 24: Volume anual de chuva aproveitável. ....	74
Tabela 25: Condição de utilização da fórmula ....	74
Tabela 26: Dimensionamento da confiança e eficiência do sistema - Sub lote Médio - Cenário 3 - Método Prático Alemão ....	77
Tabela 27: Volume obtido para os reservatórios em cada método ....	79
Tabela 28: Volumes adotados para os reservatórios em cada método ....	79

Tabela 29: Percentual de demanda de água não potável em cada cenário .....	80
Tabela 30: Percentual de água a ser substituída por água da chuva .....	82
Tabela 31: Eficiência dos sistemas nos 3 cenários de demanda - todos os sublotos .....	85
Tabela 32: Volumes dos reservatórios segundo os métodos sugeridos (litros).....	90
Tabela 33: Crescimento percentual dos volumes do reservatório a partir do primeiro .....	90
Tabela 34: Confiança dos sistemas e diferença entre 35 dias e 19 dias .....	91
Tabela 35: Precipitação efetiva.....	96
Tabela 36: Dados de demanda Cenário 1 para a soma de Todos os Sublotos .....	114
Tabela 37: Demanda total de água de chuva em todos os sublotos - Cenário 1 .....	114
Tabela 38: Dados de demanda Cenário 2 para a soma de Todos os Sublotos .....	115
Tabela 39: Demanda total de água de chuva em todos os sublotos - Cenário 2 .....	115
Tabela 40: Dados de demanda Cenário 3 para a soma de Todos os Sublotos .....	116
Tabela 41: Demanda total de água de chuva em todos os sublotos - Cenário 3 .....	116
Tabela 42: Dimensionamento do Reservatório - Sublotos - Cenário 1 (continua). .....	117
Tabela 43: Dimensionamento do Reservatório - Sublotos - Cenário 2 (continua). .....	122
Tabela 44: Dimensionamento do Reservatório - Sublotos - Cenário 3. ....	127
Tabela 45: Exemplo de dimensionamento da confiança e eficiência do sistema - Sublote Médio – Cenário 3 - Método Prático Alemão .....	132
Tabela 46: Exemplo de dimensionamento da confiança e eficiência do sistema - Sublote Médio – Cenário 3 - Método do Decreto 293/2006 de Curitiba.....	133
Tabela 47: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 01 (continua) .....	134
Tabela 48: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 02 (continua) .....	136

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exigência mínima para água não potável para as atividades nos edifícios .....	37
Quadro 2: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis. ....	38
Quadro 3: Frequência de manutenção. ....	38
Quadro 4: Exigências legais do PURAE para as tipologias de edificações. ....	39
Quadro 5: Principais dados do condomínio horizontal fechado. ....	49
Quadro 6: Métodos Sugeridos .....	103

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	13
1.1	OBJETIVO .....	16
1.1.1	Objetivos específicos .....	16
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1	ÁGUA: RISCOS E INCERTEZAS .....	18
2.1.1	Brasil: distribuição desigual .....	19
2.1.2	Recursos hídricos no Paraná .....	21
2.1.3	Alagamentos: um problema gerado .....	24
2.2	SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....	27
2.2.1	Demanda da água em edificações .....	27
2.2.2	Viabilidade econômica .....	28
2.2.3	Componentes do sistema .....	31
2.2.4	Qualidade da água e manutenção do sistema .....	37
2.2.5	Legislação e normatização .....	39
2.3	IMPACTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL NA DRENAGEM URBANA.....	41
3.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	46
3.1	PROCEDIMENTO .....	46
3.2	ESTUDO DE CASO – CONDOMÍNIO RESIDENCIAL .....	47
3.3	VARIÁVEIS .....	50
3.3.1	Áreas dos sublotes .....	50
3.3.2	Demanda de água de chuva .....	54
3.3.3	Cenário hidrológico .....	57
3.3.4	Coefficiente de escoamento superficial .....	57
3.4	DIMENSIONAMENTO .....	59
3.4.1	Volume aproveitável.....	59
3.4.2	Volume do reservatório (1): método do decreto municipal de curitiba 293/2006.....	60
3.4.3	Volume do reservatório (2): escolha do método da norma (nbr 15.527/2007) .....	61
3.4.4	Volume do reservatório (3): sugestão de um método .....	72
3.4.5	Volume aproveitado e extravasado.....	75
3.4.6	Eficiência e confiança do sistema .....	75
3.4.7	Volume escoado.....	78
4.	RESULTADOS .....	79
4.1	VOLUME DO RESERVATÓRIO .....	79

4.2	VOLUME DE ÁGUA APROVEITADO E CONFIANÇA DO SISTEMA .....	79
4.3	VOLUME DE CHUVA EXTRAVASADO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA .....	84
4.4	AVALIAÇÃO DO MÉTODO SUGERIDO .....	89
4.5	AVALIAÇÃO DAS VAZÕES .....	93
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	103
5.1	MÉTODO SUGERIDO .....	103
5.2	CONFIANÇA E EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS .....	104
5.3	IMPACTO NA DRENAGEM .....	107
5.4	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	108
5.4.1	Sugestões de trabalhos complementares ao método sugerido .....	108
5.4.2	Sugestões de trabalhos complementares ao impacto na drenagem .....	109
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	110
	APÊNDICES .....	114

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O uso racional da água tem sido uma questão negligenciada ao longo do tempo, principalmente em regiões com grande disponibilidade deste bem natural. Entretanto, ultimamente essas questões têm ultrapassado o limite dos países que sofrem com a escassez e passado a ser um tema de discussão pública.

Uma nova realidade de fatos ocorridos no meio ambiente tem tornado a questão ambiental como uma emergente prioridade em um novo entendimento que ressalta a importância das relações do mundo. A mudança da observação do problema ambiental e da forma como as relações precisam ser interpretadas, exigem uma nova escala de visão para uma concepção sistêmica (NAIME, 2011), a qual demanda que todos os elementos influenciam ou são influenciados reciprocamente (RATTNER, 2006), como acontece com o ciclo hidrológico.

Com a crescente urbanização e crescimento populacional acelerado, a escassez hídrica já assombra o desenvolvimento das grandes metrópoles. A ONU estima que a população possa atingir 9 bilhões de pessoas até 2050.

Segundo Schmidli (2011) estudos indicam que a demanda de água avança duas vezes mais rápido que o crescimento da população mundial. Isto acontece principalmente devido ao acréscimo do poder aquisitivo das pessoas dos países em desenvolvimento: quanto maior o poder aquisitivo, maior o consumo de itens que necessitam de bastante água para sua produção.

A água doce já é escassa em várias partes do mundo e o estresse hídrico está projetado para aumentar, com previsão de que o abastecimento de água estará disponível para apenas 60% da população mundial em 20 anos (POSCHEN *et al.*, 2012). Al Gore (2011) *apud* Ramirez (2011) alerta que “40% da população mundial obtém seu abastecimento de água pelos rios, porém eles estão acabando”, no sentido de que estão se tornando cada vez mais poluídos devido à falta de cuidados com o tratamento de esgoto e com a poluição difusa.

Se, por um lado a escassez de água já é um problema social crônico em alguns lugares, por outro, onde a disponibilidade é maior, o desperdício está embasado na falsa premissa de que esse bem é infinito. Muitas vezes, a ideia de que a água é um recurso natural ilimitado é sustentada pelo conceito do ciclo hidrológico. Este, entretanto, precisa de vários fatores para manter seu equilíbrio. Tomar uma abordagem fragmentada, ou seja, sem levar em consideração as alterações do meio, ao se lidar com o manejo da água, comprometerá a

disponibilidade e a sustentabilidade dos recursos hídricos futuramente, tendendo a reduzir o bem-estar econômico e social para baixo dos níveis que já foram alcançados (UNESCO, 2012). Por este motivo é importante iniciar uma gestão eficiente da água, que envolva todo o ciclo hidrológico. Quanto mais se consome sem os devidos cuidados com a conservação, mais oneroso ficará o tratamento para se conseguir água com qualidade.

Em algumas regiões, onde há a preservação dos mananciais, gastam-se no máximo 2 ou 3 reais por 1000 metros cúbicos para tratar a água, enquanto em regiões degradadas gastam-se mais de 300 reais para fazer o mesmo só com substâncias químicas. (TUNDISI, 2011 *apud* IHU, 2011).

Em contrapartida à escassez hídrica, as enchentes tornam-se cada vez mais frequentes. O crescimento desordenado das cidades e o desrespeito às legislações de uso e ocupação do solo contribuem para que esse desequilíbrio aumente.

Tradicionalmente, a estratégia utilizada para a diminuição do problema de enchentes consiste em drenar o escoamento pluvial gerado na área desenvolvida através de uma rede de condutos pluviais, até um coletor principal ou riacho urbano. Dessa forma, o volume de chuva que ficava armazenado nas depressões naturais do terreno, passa a escoar por canalizações e superfícies com menor rugosidade, aumentando a velocidade e o volume escoado superficialmente (HENTGER, 2103).

Ou seja, quanto mais impermeabilizada a cidade se torna, maiores os picos de vazão em dias de chuva e, por consequência, as inundações são cada vez mais frequentes. Além disso, o tempo de concentração da bacia hidrográfica é reduzido o que acaba agravando os problemas de inundações a jusante. Por esse motivo é importante incorporar estratégias para mitigar os problemas gerados pela impermeabilização das cidades.

Como o processo de urbanização é contínuo na maioria das vezes, os volumes escoados e as vazões continuam aumentando, sendo necessárias ampliações nas redes de drenagem pluvial urbana. Dessa forma, obras de drenagem cada vez maiores são necessárias. E ainda, devido ao alto custo e limitações físicas de espaço para ampliação do sistema, essas obras podem se tornar inviáveis (TASSI, 2002).

Sendo assim há a necessidade de se criar meios de diminuir o consumo de água diretamente dos mananciais e minimizar os picos de vazão devido ao escoamento superficial. Para isso, uma solução é a implantação de programas de conservação da água e de medidas mitigadoras de enchentes, tais como os sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Já existem leis municipais em várias cidades do Brasil que obrigam novas edificações a preverem a utilização de fontes alternativas e de mecanismos de contenção de cheias, como as caixas de retenção (microrreservatórios de controle na fonte), por exemplo.



Dentre as fontes alternativas, o aproveitamento de água de chuva tem se mostrado eficiente na substituição de água potável para fins sem essa necessidade, se for corretamente dimensionado. Reservatórios com capacidade maior que o necessário geram um custo dispensável, de forma que, na maioria das vezes esse volume disponível para armazenamento não chega a ser plenamente preenchido. Já reservatórios menores acabam extravasando muita água excedente, não atendendo satisfatoriamente a demanda.

Como a tendência é o aumento das populações nas cidades, o uso de técnicas sustentáveis pode ajudar a amenizar o problema que tende a se tornar cada vez maior. Já existem vários métodos sendo pesquisados para ajudar a melhorar os sistemas de abastecimento de água e de drenagem urbana. O reuso de água se torna uma solução interessante em condomínios verticais, onde as coberturas para captação de água de chuva são menores e o aproveitamento pode não atender a demanda em bacias sanitárias, por exemplo. O uso de pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração são uma ótima solução para melhorar a drenagem urbana e o abastecimento dos lençóis freáticos. Em residências unifamiliares o aproveitamento de água de chuva tem sido uma excelente forma de atender a demanda para usos menos nobres da água. Além disso, o aproveitamento de água de chuva pode ser o princípio de uma melhoria no bem estar da população, pois, ao diminuir a sobrecarga das redes públicas de água pluvial e o consumo de água potável para fins sem essa necessidade, melhora dois problemas antagônicos e cada vez mais frequentes: escassez de água e enchentes.

Dentro deste contexto e analisando o crescente aumento de novos condomínios horizontais fechados na cidade de Curitiba, observou-se a possibilidade de iniciar um trabalho que vise verificar o impacto do aproveitamento de água de chuva sobre a drenagem neste tipo de empreendimento. Segundo Firkowski (2008), o crescimento populacional das metrópoles brasileiras tem sido no seu entorno e esse processo tem ocorrido tanto para uma parcela da população de baixa renda (devido ao elevado valor da moradia nos centros urbanos) quanto para parte da população de renda mais elevada. Esta última é geralmente motivada pelo ideal de viver com mais tranquilidade, com apelo ambiental. Isso resulta na busca por condomínios fechados, que são capazes também de garantir mais segurança.

Mesmo estando geralmente nas regiões mais periféricas, entretanto, o custo dos terrenos por metro quadrado costuma ser elevado, visando uma clientela de renda elevada. Porém, o que se tem percebido são condomínios com terrenos menores a venda, o que atinge também uma clientela de renda média e média alta. Principalmente nestes empreendimentos com terrenos que variam aproximadamente de 150 a 250m<sup>2</sup>, o proprietário sente a necessidade

de ocupar o máximo possível permitido pela legislação municipal. Muitas vezes, inclusive, essa taxa não é respeitada, o que resulta em uma ocupação quase total do terreno e uma diminuição significativa na taxa de permeabilidade do solo.

## 1.1 OBJETIVO

Avaliação do impacto dos reservatórios individuais de aproveitamento de água da chuva na drenagem em um condomínio horizontal na cidade de Curitiba. Através de dados diários da pluviometria local e considerando três cenários distintos de demanda de água não potável, busca avaliar o resultado utilizando três diferentes métodos de dimensionamento do reservatório: método do Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, Método Prático Alemão (ABNT NBR 15.527/2007) e um Método Sugerido.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Obter dados diários da pluviometria local.
- Avaliar cenários distintos de utilização de água de chuva.
- Avaliar os métodos de dimensionamento de água da chuva sugeridos por norma.
- Verificar o impacto do aproveitamento de água de chuva na drenagem, em termos quantitativos.
- Sugerir uma fórmula de dimensionamento do reservatório de água da chuva para a cidade de Curitiba, com base na confiança e eficiência do sistema.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Após este capítulo introdutório, segue o Capítulo 2 com a revisão de literatura, onde são abordados conceitos fundamentais para o entendimento do objeto de estudo. São apresentados dados atuais e perspectivas futuras a respeito da problemática da água, a nível mundial, no Brasil e no estado do Paraná, com ênfase para a região de Curitiba. Este capítulo ainda traz alguns resultados de trabalhos desenvolvidos sobre o impacto do uso de reservatórios de água de chuva (caixas de contenção e também reservatórios de aproveitamento da água) na drenagem urbana. Também neste capítulo, as técnicas de aproveitamento de água de chuva, legislação e normas são descritos e caracterizados.

No Capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos do trabalho onde se faz a apresentação científica das estratégias de pesquisa, através da apresentação do método

utilizado e das técnicas. Além disso, é aqui que são feitas as principais caracterizações que tornam possível a determinação dos resultados e discussões.

No capítulo 4, são feitas discussões e considerações acerca dos resultados obtidos através do estudo realizado nos procedimentos metodológicos. E por fim, o capítulo 5 refere-se às considerações finais e recomendações deste trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ÁGUA: RISCOS E INCERTEZAS

É importante definir um manejo de riscos e incertezas dos recursos hídricos. Historicamente os planejadores tomavam suas decisões baseados nas características do ciclo hídrico, que podia ser descrito por dados estatísticos estáveis. Entretanto, atualmente, há a necessidade de se lidar com probabilidades futuras, incluindo condições extremas que ainda não foram observadas e que, por esse motivo, estão fora dos parâmetros de variabilidade do passado. Isto acontece devido às mudanças no crescimento populacional, alteração dos padrões de consumo da água, do desenvolvimento socioeconômico e às variações de temperatura e novas condições climáticas. (UNESCO, 2012).

Dentre tantas fontes de água que já estão sendo comprometidas, as geleiras estão sendo afetadas pelo fenômeno do aquecimento e, como consequência, estão diminuindo suas dimensões drasticamente (RAMÍREZ, 2011). No curto prazo, a diminuição das geleiras acrescenta água no fluxo, aumentando assim o seu suprimento. Porém, no longo prazo, a previsão é que elas desapareçam como fonte adicional (UNESCO, 2012). Por exemplo, em Lima no Peru, a chuva é muito rara, mas a capital é abastecida pelas águas que descem dos Andes (GOMES; PEREIRA, 2012).

Os desastres provocados pela mudança climática apresentam um grande obstáculo rumo ao desenvolvimento sustentável. A desertificação, degradação do solo e seca (em inglês *desertification, land degradation and drought – DLDD*) afeta, globalmente, 1,5 bilhão de pessoas e está estreitamente associado à pobreza. A falta de água decorrente da DLDD resulta em insegurança alimentar e desnutrição das comunidades principalmente em países em desenvolvimento (UNESCO, 2012). Enquanto alguns países sofrem com as secas, outros são agredidos pelas inundações. Do final de 2010 ao início de 2011, por exemplo, o Chile sofreu com os efeitos da seca, principalmente observados no setor agrícola e provocando uma crise na produção de energia elétrica. De abril de 2010 a maio de 2011, por outro lado, a Colômbia sofreu com o excesso de chuva, tendo 3 milhões de pessoas afetadas (RAMÍREZ, 2011).

Além das dificuldades enfrentadas pela irregularidade climática, a água está distribuída de forma muito desigual no Planeta. Enquanto alguns países da América Latina detêm entre 10 mil a 100 mil m<sup>3</sup>/pessoa/ano de água disponível, o Katar detém 54 m<sup>3</sup>/pessoa/ano e no Kuwait a disponibilidade é praticamente nula (GOMES; PEREIRA, 2012). No Brasil não é diferente. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), o país

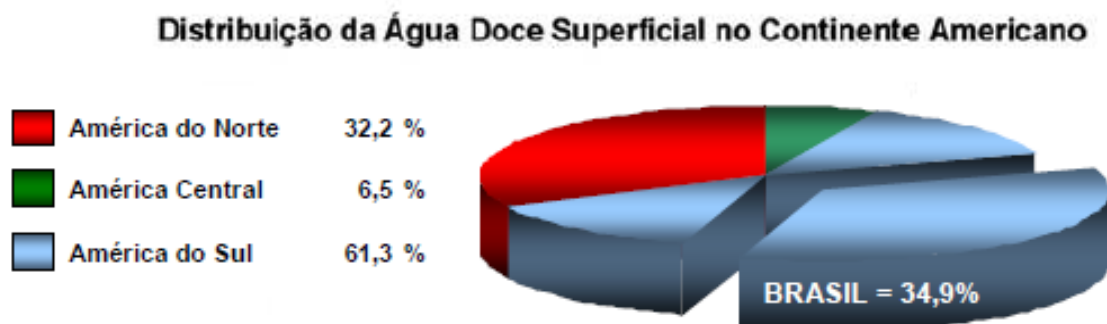
detém 12% de toda a água que escoa no planeta. Entretanto, o norte, onde vivem apenas 7% da população, possui 72% do total desta água e o nordeste (com 28% da população) possui apenas 3%, sendo 2/3 localizados na bacia do rio São Francisco (SUASSUNA, 2012).

Por este motivo é importante iniciar uma gestão eficiente da água, que envolva todo o ciclo hidrológico. Para isso, é necessário o conhecimento das fontes de água: sua localização, relação da oferta e da demanda, qualidade atual dos mananciais e previsões futuras. No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA), juntamente com outros órgãos, desenvolve estudos e planos que visam fundamentar e orientar a implantação de políticas nacionais de recursos hídricos e o gerenciamento destes.

### 2.1.1 Brasil: distribuição desigual

Além de o Brasil ser o país com o rio mais volumoso do planeta (Amazonas), ainda compartilha com três países vizinhos o maior manancial de água subterrânea do mundo: o Aquífero Guarani, que possui uma extensão de 1,2km<sup>2</sup>, entre os países Uruguai, Paraguai, Argentina e Brasil. O país está entre os nove que detém 60% das fontes de água doce renováveis no mundo (ANA, 2010a).

Considerando apenas o continente americano, o Brasil detém 34,9% da distribuição da água doce superficial (Figura 1).



**Figura 1: Distribuição de água doce superficial no Continente Americano**  
Fonte: ANA, 2010a

O Brasil é um dos países mais ricos em abastecimento superficial com vazões médias geradas em torno de 180.000m<sup>3</sup>/s, sendo que a disponibilidade hídrica, que se caracteriza por vazões com 95% de permanência, é da ordem de 91.000m<sup>3</sup>/s. O país é dividido em 12 Regiões Hidrográficas (RH), que foram estabelecidas de acordo com divisores de água e não necessariamente por regiões geográficas (Figura 2).

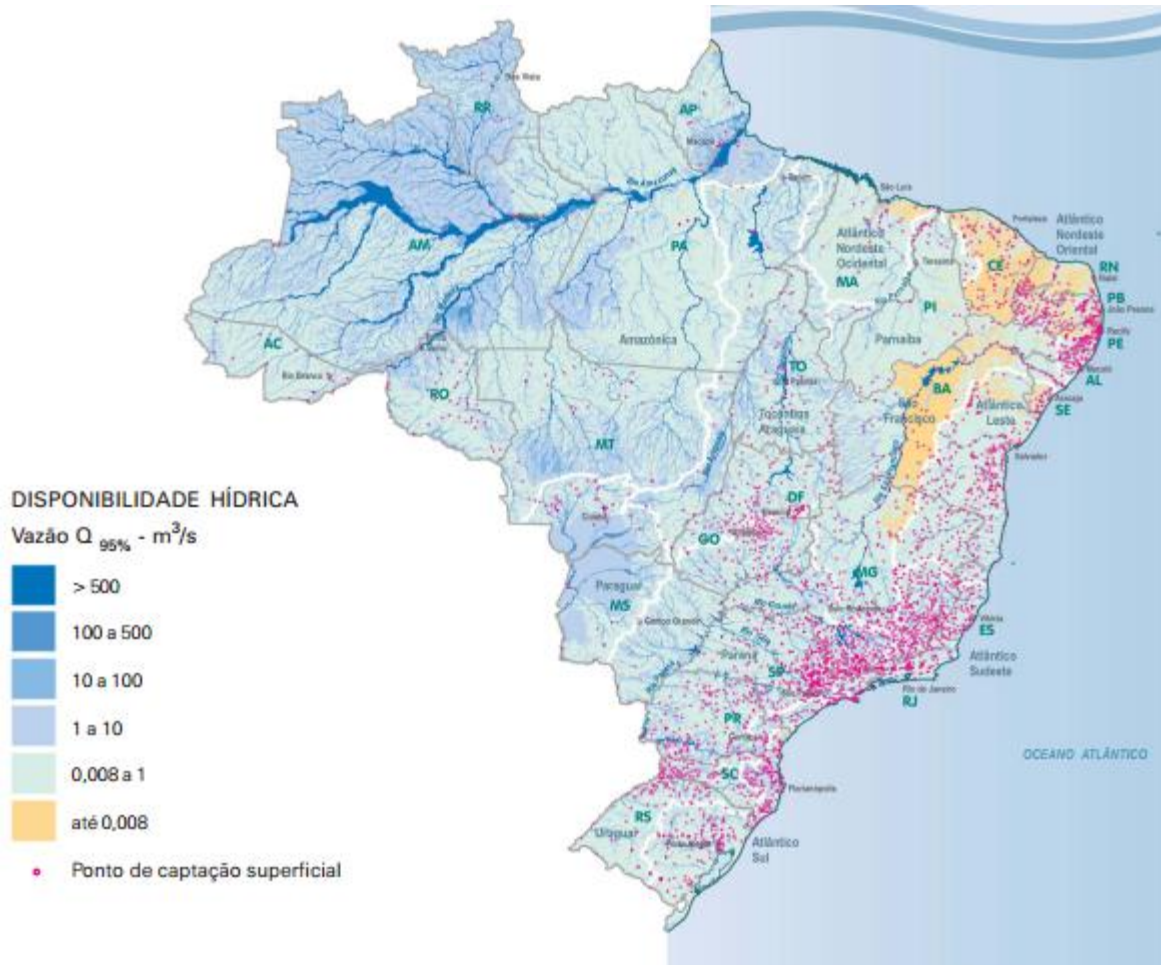


**Figura 2: Divisão Hidrográfica Nacional**

Fonte: ANA, 2010a

As águas subterrâneas brasileiras se distribuem pelo território do país em diferentes tipos de reservatórios, representados pelos domínios aquíferos: poroso, fraturado-cárstico, fraturado e fraturado vulcânico. Considerando todos os domínios, as reservas de água subterrânea renováveis atingem cerca de  $42.300\text{m}^3/\text{s}$  (ANA, 2010a).

Entretanto, apesar de abrigar uma das maiores reservas hídricas do planeta, o Brasil enfrenta problemas de escassez. Esta contradição apresenta uma justificativa com características geográficas e históricas. A expansão urbana brasileira aconteceu de forma acelerada, desordenada e recente, sendo que hoje 84% dos brasileiros vivem nas cidades e grande parte está localizada em regiões onde a oferta de água é mais desfavorável (ANDREU, 2012). Enquanto a região hidrográfica de maior escassez (RH Atlântico Nordeste Oriental) apresenta disponibilidade inferior a  $100\text{m}^3/\text{s}$ , na RH Amazônica a disponibilidade alcança vazões de  $74.000\text{m}^3/\text{s}$  (ANA, 2010a). A disponibilidade hídrica superficial nacional e a irregularidade na captação de água podem ser verificadas na Figura 3.

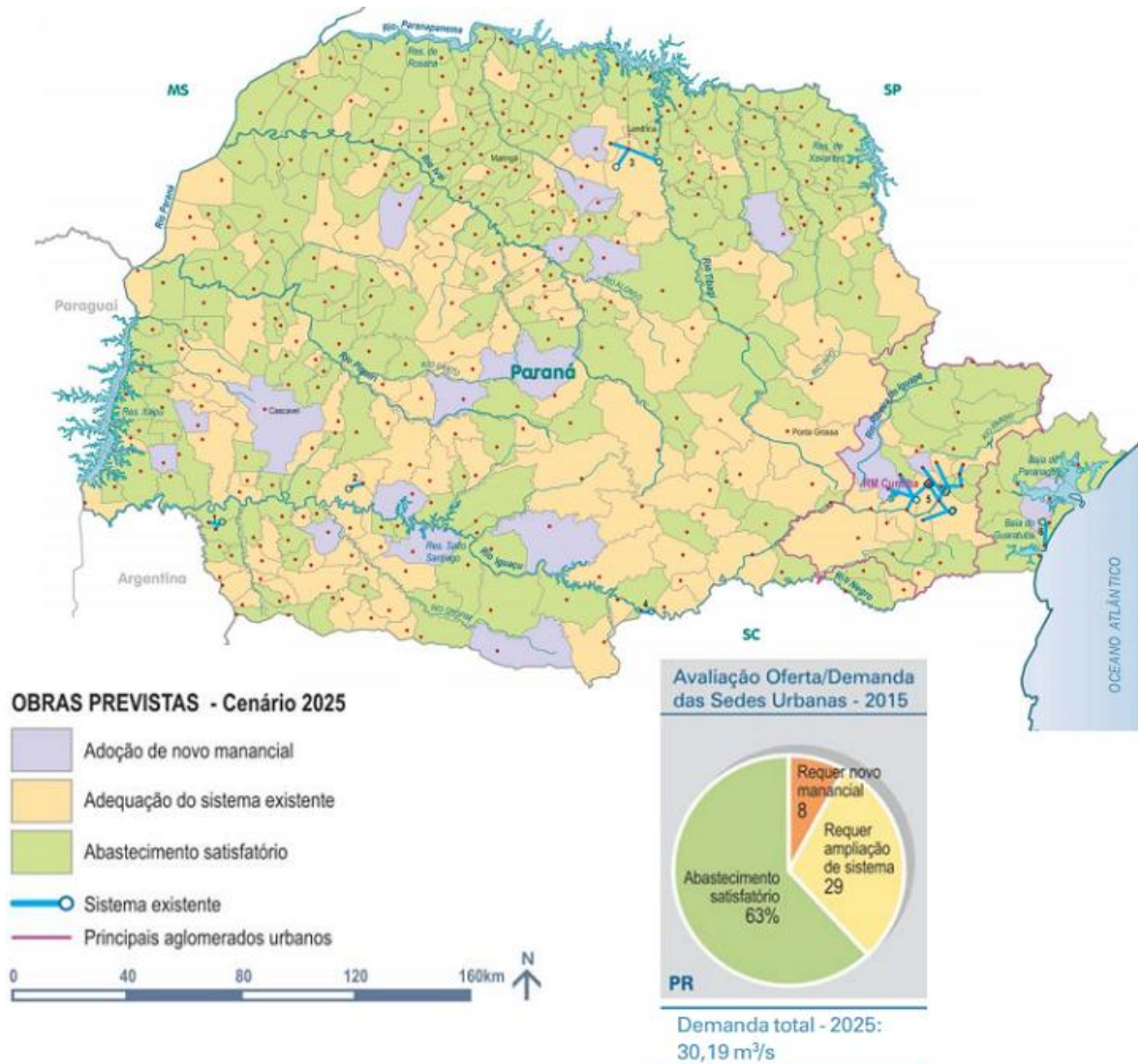


**Figura 3: Disponibilidade hídrica superficial do Brasil e pontos de captação.**  
Fonte: ANA, 2010a

### 2.1.2 Recursos hídricos no Paraná

No estado do Paraná, 22% dos municípios são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais e localizam-se nas regiões leste e sul; 56% são abastecidos somente por águas subterrâneas (predominantemente os aquíferos Serra Geral, Bauru-Caiuá e Guarani) e localizam-se na região noroeste. Os outros 22% são atendidos de forma mista (ANA, 2010b).

Segundo ANA (2010b), 37% das sedes urbanas paranaenses apresentam algum déficit quanto à oferta de água. Abaixo segue o mapa de planejamento de obras indicadas pelo estudo como necessárias, para o atendimento das demandas futuras no estado (Figura 4).



**Figura 4: Planejamento de obras para os mananciais do Paraná - 2025.**  
Fonte: ANA, 2010b

Como pode ser observado, será necessária a adoção de novos mananciais em várias localidades do estado, inclusive na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), que atualmente é abastecida por três áreas de captação principais: um aquífero subterrâneo (Karst) e duas sub-bacias hidrográficas: Passaúna e o Altíssimo Iguaçu (MONTEIRO, 2005).

A Bacia do Altíssimo Iguaçu possui 565m<sup>2</sup> e é constituída pelos mananciais: Iraí, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Palmital, Itaqui e Pequeno. A bacia do Rio Atuba também pertence à do Altíssimo Iguaçu, mas devido aos seu alto grau de degradação, não é utilizada para a captação de água. Esses mananciais se localizam na área de influência da Serra do Mar, que tem a característica de apresentar altíssimos níveis de precipitação pluviométrica e uma posição topográfica favorável, reduzindo os custos operacionais (ANDREOLI *et al*, 1999).

A bacia de drenagem do rio Passaúna ocupa uma área de 145K m<sup>2</sup> e é protegida por uma Área de Proteção Permanente (APP) desde 1991. Entretanto, é transposta pela BR 277, o





Além disso, a expansão imobiliária também pressiona os mananciais. De janeiro a junho de 2011, a SANEPAR recebeu cerca de 400 novas consultas de água e esgoto para empreendimentos imobiliários, sem contar os imóveis residenciais simples. A implantação de um grande condomínio pode gerar mudanças na infraestrutura de saneamento de toda uma região da cidade, por exemplo (MARONI, 2011).

Segundo a ANA, 2010b, a garantia de oferta de água para a RMC depende do aproveitamento de novos mananciais e melhorias nas capacidades de alguns sistemas produtores até 2025.

Uma solução consiste em organizar melhor o território urbano, evitar a ocupação de algumas áreas dos mananciais, coletar e tratar o esgoto adequadamente e fazer uso de fontes alternativas para abastecimento, como o aproveitamento de água de chuva e o reuso de águas residuais. Contudo, além de investimentos pesados, é necessário também conscientizar a população tanto com medidas para combater o desperdício, quanto para a preservação do meio ambiente, através de políticas públicas.

### 2.1.3 Alagamentos: um problema gerado

Outro problema muito comum, que afeta muitas pessoas nas cidades são as enxurradas, inundações e alagamentos. A Secretaria Nacional de Defesa Civil *apud* ANA (2013) define esses três conceitos como sendo:

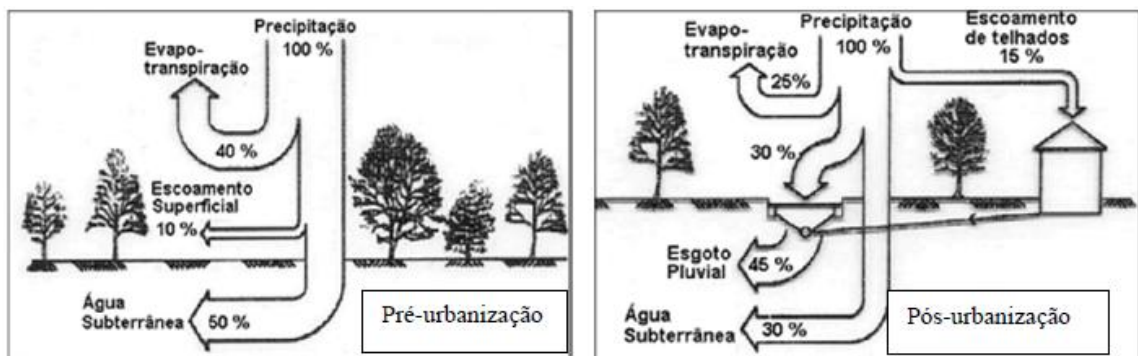
- Enxurradas: caracterizadas por um volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas.
- Inundações ou enchentes: transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas.
- Alagamentos: resultante do acúmulo de água no leito das ruas e no perímetro urbano, causado por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com problemas de drenagem deficientes.

A integridade hidrológica de uma região depende de mecanismos naturais de controle. Com o desmatamento, o ciclo hidrológico passa a ser alterado, visto que sem cobertura vegetal há uma redução na infiltração de água no solo e um aumento do escoamento superficial (ANA, 2013). Isso fica ainda mais evidenciado nos centros urbanos. Segundo Pinto (2011), a diminuição dos impactos causados pela impermeabilização do solo nas

idades tem sido um dos grandes desafios na gestão de drenagem urbana. Com a perda do solo decorrente do desmatamento e a poluição difusa carreada, a probabilidade de ocorrência de inundações e o assoreamento dos rios aumentam.

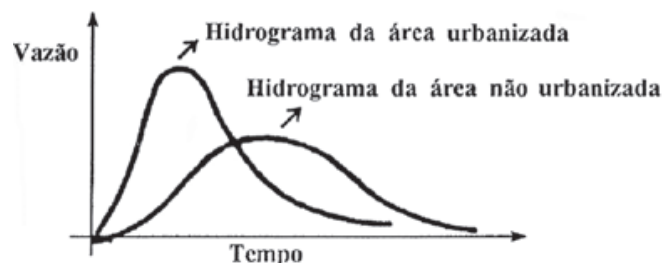
O concreto e o asfalto têm um impacto profundo sobre a ecologia da cidade. Ocorre a “secagem da cidade”, ou seja, rios e cursos de água são cobertos e as nascentes secam. Essa impermeabilização altera dramaticamente o ciclo hidrológico natural da cidade e o ambiente ecológico (UNEP, 2002 *apud* HENTGES, 2013).

O volume que escoava lentamente pela superfície do solo natural e ficava retido pelas plantas passa a escoar rapidamente, aumentando a velocidade do escoamento (TASSI, 2002). A Figura 6 representa a mudança no comportamento do balanço hídrico antes e após urbanização.



**Figura 6: Características do balanço hídrico urbano.**  
Fonte: Tucci e Genz, 1995 *apud* Hentges, 2013).

Tucci (1997) apresenta os principais impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico como sendo o aumento do escoamento superficial e da vazão máxima dos hidrogramas e antecipação dos picos (Figura 7), redução da evapotranspiração e do abastecimento dos lençóis freáticos e deterioração da qualidade das águas superficiais.



**Figura 7: Comparação entre os hidrogramas de cheia em áreas urbanizadas e não urbanizadas.**  
Fonte: Tucci (1995) *apud* Alessi, Kokot e Gomes (2006).

A Agência Nacional de Águas (2013) alerta que a Bacia Hidrográfica do Paraná apresenta atualmente apenas 18% de área original de Cerrado e 15% de área original de Mata

Atlântica. Além disso, apenas 20% da área de cabeceiras dos rios apresentam cobertura vegetal nativa.

As vulnerabilidades estão diretamente associadas às fragilidades intrínsecas da bacia e a superveniência de eventos indesejáveis, como eventos climatológicos extremos e acidentes, em intensidade superior à suportável pelas condições naturais do local considerado (ANA, 2013, p. 168).

Em 2012, por exemplo, foram publicados 283 decretos de situação de emergência ou situação de calamidade pública devido às cheias em 278 municípios do país e esse número foi o menor em 5 anos (ANA, 2013).

O desafio em se lidar com a gestão hídrica é grande e o meio técnico e acadêmico vem desenvolvendo pesquisas que tentam achar soluções para mitigar os problemas ocasionados pelo homem. O conceito conhecido no Brasil como “Impacto Zero” (*LID – Low Impact Development*) é um dos princípios mais importantes na gestão de drenagem urbana e vem sendo aplicado no país desde o final dos anos 90. Esse conceito, que diz que o melhor sistema de drenagem é aquele que não gera impactos superiores aos supostamente naturais da bacia, encontra grandes dificuldades de implantação nos centros urbanos, principalmente devido à falta de planejamento para sua implantação (PINTO, 2011).

Como forma de tentar minimizar o problema novas práticas começaram a serem adotadas através de medidas mitigadoras. Estas por sua vez são classificadas como sendo medidas estruturais e não estruturais. As medidas não estruturais estão relacionadas com ações preventivas, que não se constituem em obras, como por exemplo, educação ambiental, sistema de alerta contra inundações, planejamento e gestão do uso do solo, etc. Já as medidas estruturais são caracterizadas por obras de engenharia que podem vir a alterar as características dos rios a fim de diminuir os riscos de enchentes (PINTO, 2011).

De acordo com Tucci e Genz (1995) as medidas estruturais podem ser classificadas de acordo com sua atuação na bacia hidrográfica como:

- distribuída: tipo de controle que atua sobre o lote, praça e passeios;
- na microdrenagem: controle que age sobre o hidrograma de um ou mais loteamentos;
- na macrodrenagem: controle sobre os principais riachos urbanos.

Tassi (2002) afirma ainda que as medidas podem ser classificadas de acordo com sua atuação sobre o hidrograma:

- infiltração e percolação: através de trincheira, vala ou poço de infiltração e pavimentos permeáveis permite maior infiltração da água no solo e armazenamento de água retardando o escoamento superficial;

- armazenamento: com a utilização de reservatórios de detenção (microrreservatórios) reduz o pico e a distribuição da vazão no tempo.
- aumento da eficiência do escoamento: através de dutos drena a área inundada. Essa solução, quando utilizada sozinha, tende a transferir enchentes de uma área para outra.

Este trabalho propõe uma avaliação sobre o uso dos reservatórios de aproveitamento de água de chuva como auxiliar nas medidas estruturais contra enchentes, seguindo o princípio de que a água armazenada no reservatório, ao atender a demanda, libera espaço para que a próxima chuva também possa ficar temporariamente armazenada.

## 2.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Para introduzir o aproveitamento de água de chuva nos sistemas hidráulicos prediais, é necessário uma série de elementos fundamentais que possibilitem a captação, o transporte, o tratamento, o armazenamento e o aproveitamento da água captada das superfícies impermeáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Segundo Fewkes (1999) *apud* Oliveira *et. al.* (2007), p. 20,

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva podem ser implantados nos sistemas hidráulicos prediais por meio de soluções tecnicamente simples (...). Para regiões com períodos chuvosos frequentes e bem distribuídos durante todo o ano, esse sistema é amplamente viável.

### 2.2.1 Demanda da água em edificações

Para a implementação de um PCA (Programa de Conservação da Água) é necessário conhecer a distribuição do consumo da água que varia de acordo com a tipologia da edificação, a especificidade dos sistemas hidráulicos e os usuários (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Da mesma forma, para se determinar um sistema para aproveitamento de água de chuva é importante o conhecimento da demanda, a fim de que o sistema possa ser corretamente dimensionado e atender às necessidades dos usuários.

Segundo Tomaz (2000) *apud* May (2009) o uso da água em áreas urbanas está subdividido em três categorias: residencial, comercial e público. Destes, o consumo residencial (residências unifamiliares e edifícios multifamiliares) compõe mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. De acordo com Rodrigues (2005) *apud* May (2009),

o consumo de água residencial na região metropolitana de São Paulo, incluindo pequenas indústrias, corresponde a 84,4% do total. Ainda, tratando-se do uso residencial, os maiores consumos no Brasil destinam-se à bacia sanitária, ao chuveiro e a pia de cozinha.

De acordo com o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo, 1/3 de toda a água potável consumida nas edificações residenciais brasileiras poderia ser economizada utilizando-se de uma fonte alternativa de água, como o aproveitamento de água da chuva, por exemplo (LAGE, 2010).

A água da chuva pode ser utilizada para diversos fins não potáveis, sem a necessidade de tratamento prévio. De acordo com Silva e Domingos (2007) *apud* Sandri (2010), a água pluvial geralmente apresenta boas condições principalmente ao processo de destilação natural que sofre no ciclo hidrológico. Entretanto a chuva pode variar dependendo da localização, apresentando poluentes principalmente em regiões próximas aos grandes centros urbanos. Em São Paulo, em estudo que avaliou a viabilidade de uso de água de chuva para fins não potáveis, foi observado que após passar pelo telhado e nos reservatórios de armazenamento, a água da chuva apresenta potencial para ser utilizada na irrigação de jardins, na descarga de bacias sanitárias, em sistemas de ar condicionado e em sistemas de combate a incêndio (MAY, 2004 *apud* SANDRI, 2010).

Para que a água da chuva possa ser utilizada a estes fins sem causar danos aos usuários e com a qualidade desejada, a NBR 15.527/2007 apresenta alguns passos a serem seguidos e padrões de qualidade e manutenção do sistema utilizado. Para atender a esta normatização e alcançar os níveis de qualidade desejados, geralmente os sistemas estão divididos em componentes que promovem maior eficiência para o aproveitamento da água pluvial.

### 2.2.2 Viabilidade econômica

O benefício econômico do aproveitamento de água da chuva se dá pela redução do consumo de água tarifada, sendo assim de fácil mensuração. Apesar disso, a viabilidade econômica depende de cada local de aproveitamento e do dimensionamento e características do sistema, sendo pouco válida a generalização de resultados. Porém, a título de embasamento, é importante conhecer alguns resultados já obtidos (DORNELLES, 2012).

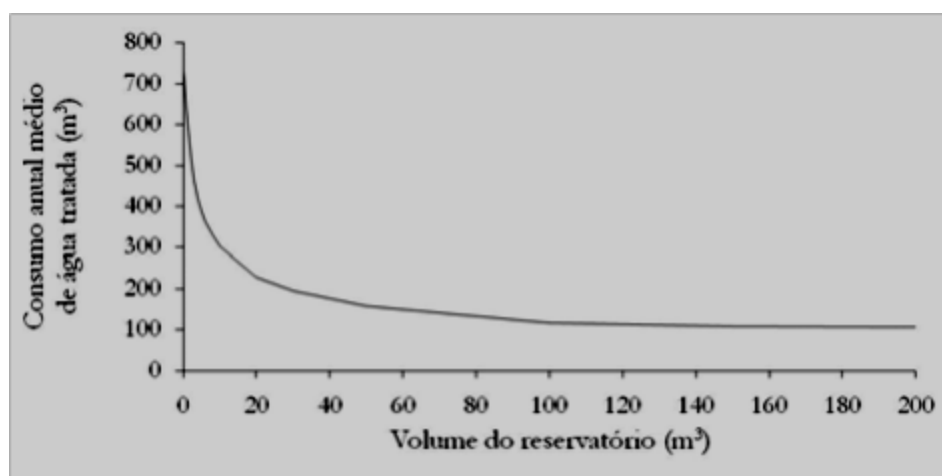
Segundo Herrmann e Shmida (1999) *apud* Dornelles (2012), uma forma de diminuir o retorno financeiro da instalação do sistema é a utilização de reservatórios coletivos de

aproveitamento de água de chuva, de modo que assim existe uma redução no custo de implantação e conseqüente redução do tempo de retorno do investimento.

Dornelles (2012) apresenta resultados de uma pesquisa realizada em Greenwich, na Inglaterra (SHILTON *et al.*, 1999) que aponta, como critério da viabilidade financeira, o prazo máximo de retorno do investimento de 10 anos. No estudo realizado, o período de retorno do investimento foi de 12 anos, sendo que esta inviabilidade foi reforçada pelo baixo custo da tarifa da água fornecida, pelo volume de precipitação médio anual de Greenwich (612,5mm) e pela confiança do sistema que atendeu a apenas 41% da demanda.

Já uma pesquisa realizada na região metropolitana de São Paulo, para uma indústria com área de captação de 16.960m<sup>2</sup>, uma demanda fixa de 60m<sup>3</sup>/dia e volumes de reservação de 100m<sup>3</sup> e 500m<sup>3</sup>, o retorno financeiro para os dois reservatórios foi de (1,81) anos e (2,37) anos, respectivamente. Dessa forma, os aspectos que influenciam significativamente para tornar viável o aproveitamento da água de chuva são a capacidade de armazenamento d a água e a demanda a ser atendida (DORNELLES, 2010).

Gomes, Weber e Delong (2010) apresentam um método para a definição do volume do reservatório de aproveitamento do reservatório de águas pluviais através de um critério financeiro. A ideia básica é definir o volume do reservatório através da comparação entre duas alternativas: uma se refere à edificação sem aproveitamento de água de chuva e a outra com o sistema de captação, armazenamento e uso de águas pluviais. A análise financeira é feita, portanto, comparando os custos relativos às duas alternativas, sendo a primeira representada pelo custo do consumo de água tratada tarifada e a segunda relativa à implantação, manutenção e operação do sistema somada do custo do consumo de água tratada. Algumas conclusões interessantes são apresentadas pelo desenvolvimento deste estudo (Figura 8).

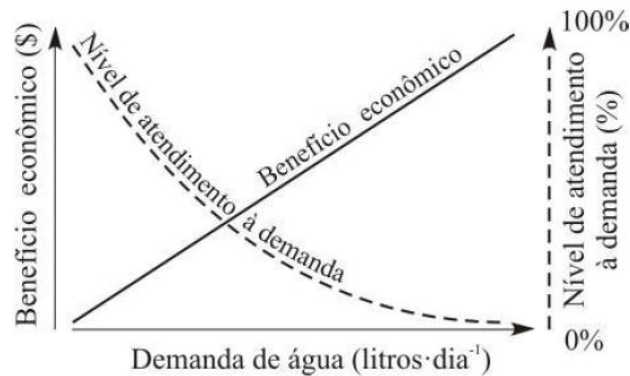


**Figura 8: Variação do consumo anual médio de água tratada em função do volume do reservatório de aproveitamento de água da chuva.**

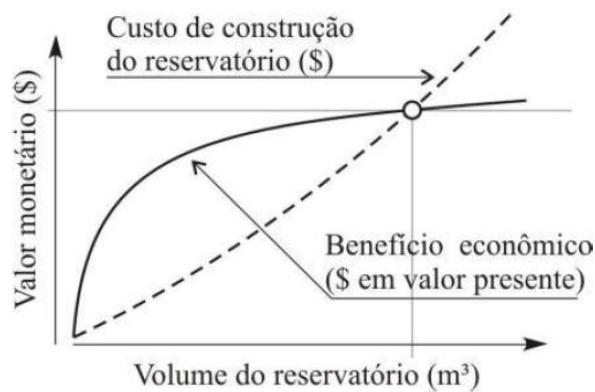
**Fonte: Gomes, Weber e Delong, 2010.**

Através da Figura 8 pode-se verificar que o consumo médio anual de água tratada diminui com o aumento do reservatório, sendo importante a verificação de que esse consumo tende a um valor limite, constante e diferente de zero. Esse limite é definido pela disponibilidade natural da precipitação local, ou seja, não adianta aumentar o volume do reservatório se não há chuva suficiente para preenchê-lo. Isso pode acontecer e ficar evidente em situações onde a demanda é relativamente alta em comparação à disponibilidade hídrica. Por esse motivo, para obter o retorno financeiro desejável é muito importante o correto dimensionamento do reservatório.

De um modo geral, Dornelles (2012) apresenta algumas relações entre demanda, capacidade de reservação e área de captação com o benefício econômico (Figuras 9, 10 e 11).

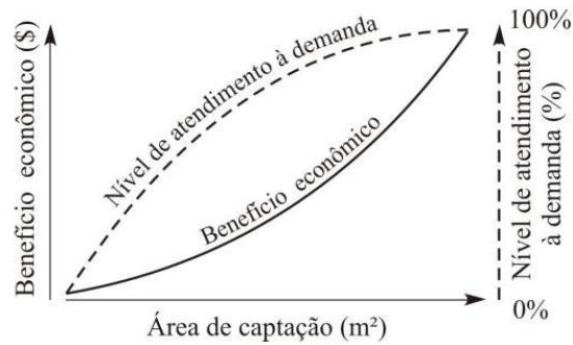


**Figura 9: Benefício econômico e nível de atendimento em função da demanda.**  
Fonte: Dornelles, 2012.



**Figura 10: Benefício econômico e custo de construção em função da capacidade de reservação.**  
Fonte: Dornelles, 2012.





**Figura 11: Benefício econômico e nível de atendimento à demanda em função da área de captação.**  
**Fonte: Dornelles, 2012.**

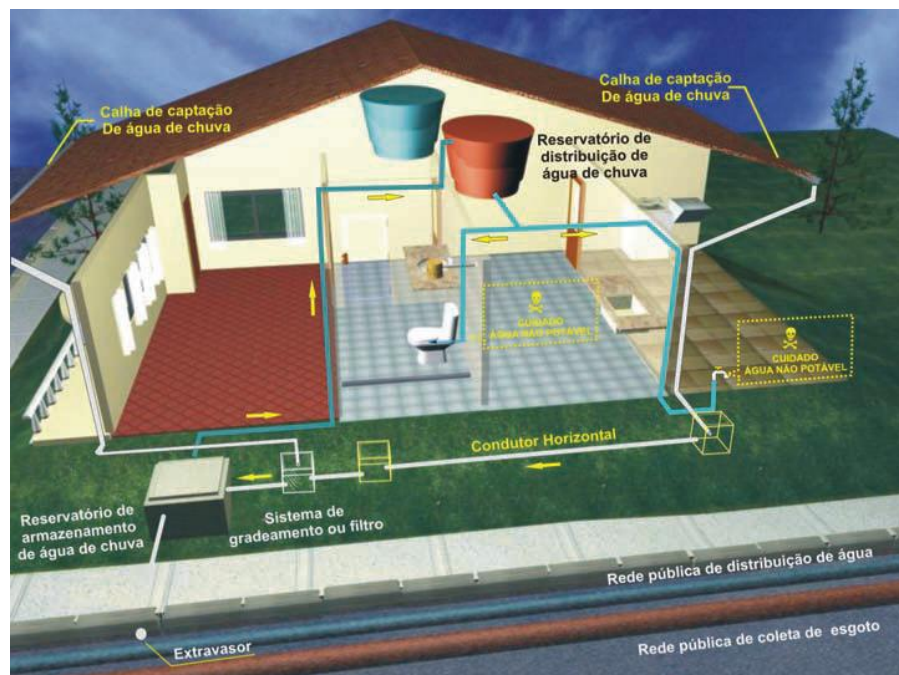
A Figura 09 demonstra que demandas maiores ou iguais ao volume captado geram redução de gastos com o volume de água da concessionária, reduzindo o prazo para o retorno financeiro, entretanto, serão mais frequentes os períodos de esgotamento total da reserva de água de chuva captada. Como pôde ser observado na Figura 10, ao mesmo tempo em que reservatórios maiores diminuem o consumo de água tarifada, o custo de construção do reservatório cresce com o seu tamanho, exigindo assim uma busca pelo ponto ótimo, para um determinado tempo de retorno financeiro desejável. Através da Figura 11, observa-se que sistemas de aproveitamento com grande área de captação tendem a atender satisfatoriamente a demanda, diminuindo o tempo de retorno do investimento. Neste tipo de sistema, o reservatório apresenta-se quase sempre cheio, gerando extravasamentos frequentes (DORNELLES, 2012).

Como exemplo prático, Moraes (2012) apresenta uma investigação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em um pequeno empreendimento que realiza serviços de lavagem automotiva na cidade de Curitiba/PR. Neste tipo de empreendimento há uma demanda grande de água, sem a necessidade de ser tratada. Ao mesmo tempo, por estar localizado em Curitiba onde a precipitação é frequente, e por possuir uma grande área de cobertura, constatou-se que o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente um ano, sendo 60% de economia no consumo de água da concessionária.

Muitos outros exemplos poderiam ser citados, contudo, a variabilidade de custos temporal e regional restringe os estudos de viabilidade econômica. Como citado anteriormente, esta análise depende da demanda e da oferta de água de chuva. Além dos custos com a tarifa de água tratada de cada local, e dos custos de instalação e manutenção dos sistemas utilizados.

### 2.2.3 Componentes do sistema

O aproveitamento de água de chuva é composto por um sistema relativamente simples que se caracteriza pela coleta de água das áreas impermeáveis, geralmente de coberturas, seu transporte e armazenamento. Este armazenamento pode ser feito através de uma cisterna no piso ou diretamente na caixa d'água elevada. Usualmente a cisterna é utilizada quando há a necessidade de armazenamento de um volume muito grande de água ou quando não há altura suficiente da cobertura para a coleta direta das calhas até o reservatório. Da cisterna a água pode ser conduzida até um reservatório superior através de bombeamento (Figura 12) ou diretamente para os pontos de utilização empregando um pressurizador (geralmente quando a água é utilizada apenas para torneiras de jardim).



**Figura 12:** Esquema ilustrativo de um sistema de aproveitamento de água de chuva com utilização de cisterna e bombeamento para reservatório superior.

Fonte: Oliveira *et al*, 2007, p.20

A Figura 13 representa um esquema ilustrativo sobre os elementos que fazem parte do sistema de aproveitamento de água da chuva, com uso de cisterna e caixa d'água elevada:

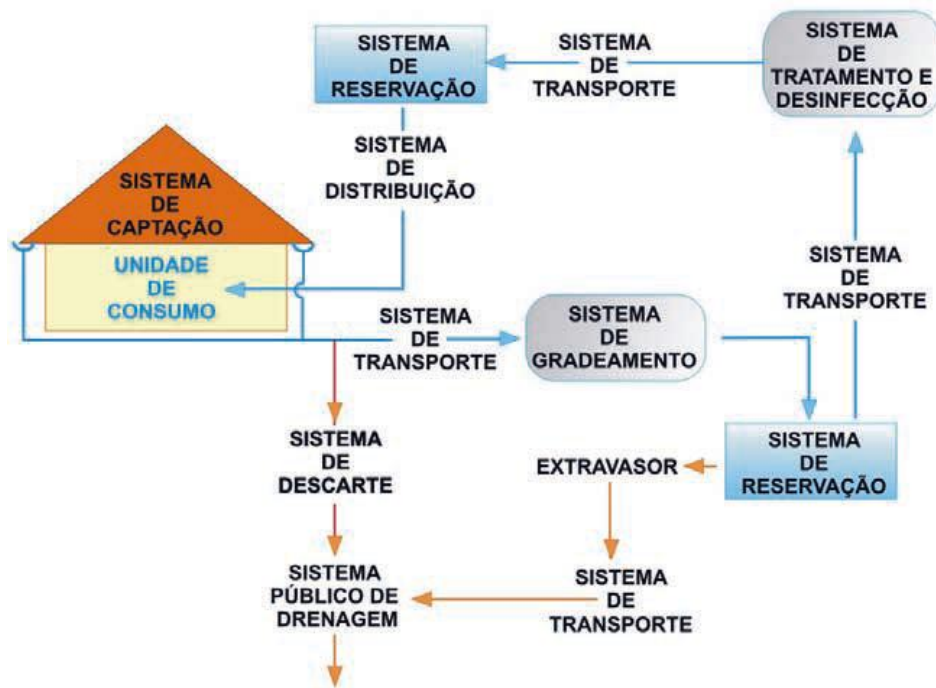


Figura 13: Esquematização de um sistema de aproveitamento de água de chuva.  
Fonte: Oliveira *et al*, 2007, p.21

O Sistema de Captação é constituído pelas áreas impermeáveis que interceptam a água da chuva. Normalmente são as superfícies de telhados e lajes de cobertura, por serem áreas consideradas mais limpas e com menor carga poluidora do que pisos e calçadas. Inclusive a NBR 15.527 recomenda a utilização da água captada nos telhados. As calhas e condutores verticais e horizontais fazem parte do sistema de transporte, que é responsável pelo encaminhamento do fluxo aos sistemas de reservação, tratamento e distribuição (OLIVEIRA *et al*, 2007). Segundo a NBR 15527/2007 devem ser instalados nas calhas dispositivos para remoção de detritos, como grades ou telas, por exemplo.

Os primeiros minutos de chuva, entretanto não devem ser guiados até a reservação, devido à sua alta concentração de carga poluidora. Este volume de água é, portanto, rejeitado no sistema de descarte. Acerca deste sistema de descarte, a NBR 15527/2007 recomenda que esses dispositivos sejam automáticos e dimensionados pelo projetista, sendo que, na falta de dados, aconselha o descarte de 2mm da precipitação inicial.

Entretanto, de acordo com Lima (2012), houve redução média de 93,2% para cor aparente e 98% para turbidez após o desvio do primeiro milímetro de chuva em uma residência no sertão pernambucano. Em relação aos parâmetros bacteriológicos também se observou excelente eficiência, após descarte do primeiro milímetro, na remoção de coliformes totais e *E.coli*, atingindo índices de 98 e 100%, respectivamente. Apesar disso, como seria

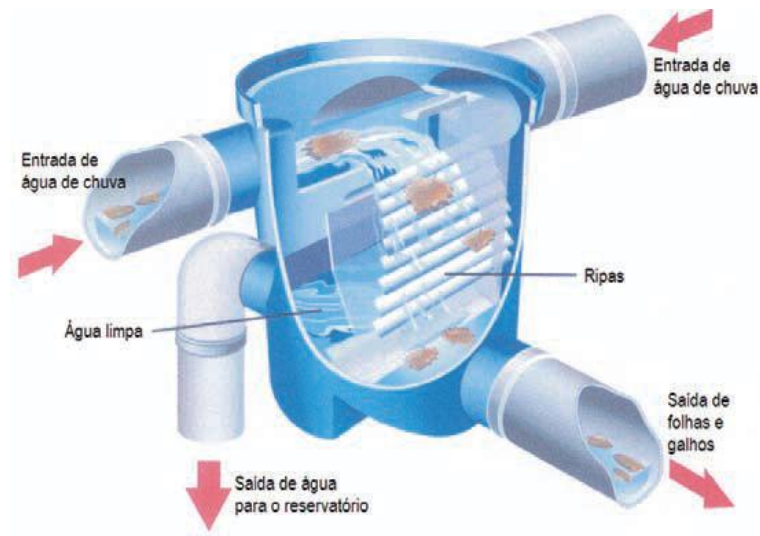
necessário um estudo da qualidade da água em cada cidade, devido às características de poluição atmosférica, é importante seguir a recomendação da norma (2mm de descarte).

O dispositivo utilizado no estudo foi o DesviUFPE e pode ser observado na Figura 14. Baseia-se nos princípios físicos dos vasos comunicantes e do fecho hídrico, onde a água acumula-se nos tubos verticais e somente após estes estarem cheios ela é direcionada para a caixa d'água. Após cada evento chuvoso é fundamental que o dispositivo seja esvaziado através da abertura de descarte e novamente fechado após o esvaziamento, permitindo o funcionamento do dispositivo para o desvio automático na próxima chuva. Os materiais constituintes do dispositivo são completamente de PVC o que permite facilidade de montagem e desmontagem e garantem estanqueidade. Dessa forma também não é necessário mão-de-obra especializada e é ajustável ao volume necessário de descarte dependendo da área de captação (Lima, 2012).



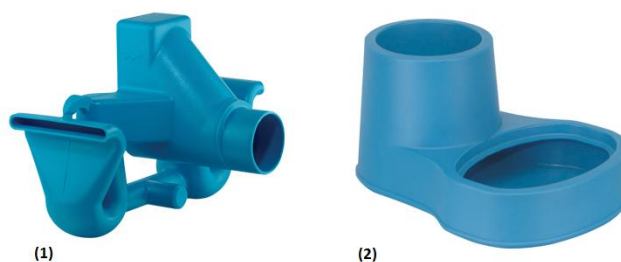
**Figura 14: Dispositivo de descarte (desviUFPE)**  
**Fonte: Figueiras, 2013.**

No sistema de gradeamento são retidos e eliminados os materiais sólidos em suspensão, como folhas, gravetos, penas, etc. Este sistema é normalmente instalado antes do reservatório, para evitar a sedimentação e o acúmulo de impurezas e material orgânico no mesmo (OLIVEIRA *et al*, 2007). Existem no mercado vários modelos de filtro de impurezas que serão descritos posteriormente. Abaixo, na Figura 15, segue o exemplo de um deles.



**Figura 15: Detalhe do gradeamento do filtro.**  
**Fonte: Oliveira *et al*, 2007, p.22**

O sistema de reservação tem a função de armazenar a água que será utilizada posteriormente. De preferência é recomendada a utilização de reservatórios de fibra de vidro, plástico, poliéster, polipropileno ou material similar, devido à decomposição de matéria orgânica e variação dos índices físicos de qualidade da água armazenada. Neste reservatório deverá ser instalada a tubulação de extravasão, que conduzirá a água excedida para fora do reservatório, quando este estiver operando totalmente cheio. De preferência este extravasor deve ser conectado à rede de drenagem da edificação (OLIVEIRA *et al*, 2007). Existem no mercado alguns tipos de sifão que são conectados ao extravasor para realizar o bloqueio de odores, insetos, ratos e outros vetores no reservatório. Pode ser utilizada também uma peça denominada de freio aerador que deve ser instalada no fundo e conectada ao tubo que transporta a água da chuva para dentro do reservatório. Essa peça tem a finalidade de evitar o turbilhonamento da água respeitando a decantação do material que se deposita ao fundo e também de promover a aeração, ou seja, força a água da chuva a se misturar com o ar atmosférico melhorando a sua qualidade. Na Figura 16 podem ser visualizados exemplos de sifão anti-retorno e freio aerador. Desta forma ficam atendidas as recomendações da NBR 15527/2007 de que a água da chuva deve ser protegida contra animais que possam adentrar no reservatório e de que deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultado a suspensão dos sólidos.



**Figura 16: (1) Sifão anti-retorno e (2) Freio aerador.**  
**Fonte: 3P Technik, 2014.**

Ainda dentro do reservatório pode ser instalada a boia mangueira superior que tem a função de captar a água abaixo da lâmina superior da água e o mais longe possível do fundo, pois esta é a água de melhor qualidade para a posterior utilização para fins não potáveis. A NBR 15527/2007 recomenda que a retirada da água do reservatório para a utilização seja a 15 centímetros da superfície. Em caso de locais com grande período de estiagem ou dependendo do tipo de uso destinado ao aproveitamento da água, é importante que se faça o suporte de abastecimento do reservatório de água de chuva com água fornecida pela concessionária, quando for o caso. Para que isto possa ser feito, entretanto, é necessário tomar as devidas providências para evitar o cruzamento de conexões que possa misturar as duas fontes de água. Para este fim, estão disponíveis no mercado algumas válvulas, como a válvula solenoide, que detecta a falta de água na cisterna, liberando a entrada de água de uma fonte alternativa.

Dependendo do uso é importante a instalação do sistema de tratamento e desinfecção. A utilização simples do filtro de areia ou de filtros de múltipla camada normalmente atende com eficiência a maioria dos sistemas, mesmo que haja variabilidade da qualidade de água de chuva dependendo da região. De acordo com Macêdo (2000) *apud* Oliveira *et al.* (2007) esse tipo de filtração melhora as características físicas e químicas da água, removendo a turbidez e reduzindo o grau de contaminação microbiana. Há a possibilidade também do tratamento através da cloração. Em 2004 a Embrapa desenvolveu um sistema simples, que pode ser facilmente montado com conexões comuns, para a introdução do cloro na água (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Outra forma também disponível no mercado é a utilização de uma lâmpada ultravioleta na tomada da distribuição, que varia de acordo com a vazão de água a ser utilizada.

O sistema de distribuição é constituído pelas tubulações até os pontos de utilização e é recomendado que seja sinalizado com relação a restrição de acesso, pois no caso de uma reforma, por exemplo, não há o risco de cruzar as tubulações de água não potável com água

potável. Ainda é de extrema importância a sinalização dos pontos de utilização, para evitar a utilização inadequada da água.

#### 2.2.4 Qualidade da água e manutenção do sistema

Considerando a utilização de água não potável, para fins menos nobres, a ANA apresenta exigências mínimas de qualidade da água de acordo com as atividades a serem realizadas (Quadro 1) (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

Atividade	Exigências
Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para descarga em bacias sanitárias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve deteriorar os metais sanitários;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para refrigeração e sistema de ar condicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve deteriorar máquinas;</li> <li>- não deve formar incrustações.</li> </ul>
Água para lavagem de veículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- não deve ser abrasiva;</li> <li>- não deve manchar superfícies;</li> <li>- não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para lavagem de roupa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deve ser incolor;</li> <li>- não deve ser turva;</li> <li>- não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- deve ser livre de algas;</li> <li>- deve ser livre de partículas sólidas;</li> <li>- deve ser livre de metais;</li> <li>- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para uso ornamental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deve ser incolor;</li> <li>- não deve ser turva;</li> <li>- não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>
Água para uso em construção civil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não deve apresentar mau-cheiro;</li> <li>- não deve alterar as características de resistência dos materiais;</li> <li>- não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais;</li> <li>- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.</li> </ul>

**Quadro 1: Exigência mínima para água não potável para as atividades nos edifícios**

Com relação à qualidade da água, Periago *et al.* apud Oliveira *et al.* 2007, afirmam que a água da chuva apresenta níveis diferentes de poluentes dependendo da região e também a cada nova precipitação, sendo que, desta forma a água armazenada deve ser constantemente aferida para evitar problemas de saúde nos usuários.

A NBR 15527/2007 também estipula parâmetros para a qualidade de água de chuva para usos não potáveis (Quadro 2).

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>1</sup>	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT <sup>2</sup> , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes de sua utilização)	Mensal	< 15 uH <sup>3</sup>
Deve prever ajuste de pH para proteção de redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulações de aço carbono ou galvanizadas
NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
<sup>1</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		
<sup>2</sup> uT é a unidade de turbidez		
<sup>3</sup> uH é a unidade Hazen		

**Quadro 2: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.**  
Fonte: ABNT – NBR 15527/2007

Ainda de acordo com a NBR 15527/2007 a manutenção de todo o sistema deve ser feito de acordo com a Quadro 3.

Componente	Frequência de Manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivo de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

**Quadro 3: Frequência de manutenção.**  
Fonte: ABNT – NBR 15527/2007

Apesar desta necessidade de monitoramento contínuo e manutenção do sistema a aplicação do aproveitamento de água de chuva eleva o grau de sustentabilidade de uma edificação, pois através da diminuição do consumo de água potável para fins sem essa necessidade e do descarte direto no sistema de drenagem urbana, reduz as demandas nas estações de tratamento de água e de drenagem, resultando em menor consumo de energia e insumos para a ampliação destes sistemas urbanos (OLIVEIRA *et al.*, 2007).



Para Andrade, Marinoski e Becker (2010), em algumas situações a água da chuva pode significar a fonte mais viável para se utilizar ou mesmo a única ou de melhor qualidade entre as fontes disponíveis, como para regiões áridas ou semiáridas e pequenas ilhas. Em outros lugares, onde o regime de pluviométrico é favorável, a água de chuva pode ser usada como um recurso hídrico alternativo, para fins não potáveis.

### 2.2.5 Legislação e normatização

A Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC), apresenta a sua regulamentação através do Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA) que faz exigências de acordo com os usos das edificações, como pode ser visto no Quadro 4.

Usos das edificações	Exigências*			
	1	2	3	4
Habitação unifamiliar	x	x		
Habitação de uso institucional (albergue, alojamento estudantil, asilo, convento, seminário, internato e orfanato)	x	x		
Habitação transitória (apart-hotel, hotel, pensão e motel)	x	x		
Edificação de uso comunitário (ensino, assistência social, saúde, biblioteca, lazer, cultura e culto religioso)	x	x		
Habitação coletiva (mais de duas unidades autônomas agrupadas verticalmente), cuja área total construída por unidade seja <b>menor</b> do que 250 m <sup>2</sup>	x	x		
Habitação coletiva (mais de duas unidades autônomas agrupadas verticalmente), cuja área total construída por unidade seja <b>igual ou superior</b> a 250 m <sup>2</sup>	x	x	x	
Conjunto habitacional (mais de vinte unidades e/ou mais de dois edifícios no mesmo terreno), para área total construída por unidade de apartamento <b>menor</b> que 250 m <sup>2</sup>	x	x		
Conjunto habitacional (mais de vinte residências e/ou mais de dois edifícios no mesmo terreno), para residências isoladas e para área total construída por unidade de apartamento <b>igual ou superior</b> a 250 m <sup>2</sup>	x	x	x	
Habitação unifamiliar em série (entre três e vinte unidades isoladas, agrupadas horizontalmente)	x	x	x	
Casas populares em série (entre três e vinte unidades isoladas, agrupadas horizontalmente, cuja área total dividida pelo número de leitos seja menor que 10, conforme indicação no Decreto 212/2007)	x	x	x	
Posto de abastecimento	x	x		
Comércio e serviço com área <b>menor</b> do que 5000 m <sup>2</sup>	x	x		
Comércio e serviço com área <b>maior</b> do que 5000 m <sup>2</sup>	x	x		x
Edifício de escritórios, Sede administrativa, Serviço público, Estacionamento comercial, Centro comercial, Shopping Center, Super e Hipermercado, Lava rápido, Clínica e Ambulatório com área <b>menor</b> do que 5000 m <sup>2</sup>	x	x		
Edifício de escritórios, Sede administrativa, Serviço público, Estacionamento comercial, Centro comercial, Shopping Center, Super e Hipermercado, Lava rápido, Clínica e Ambulatório com área <b>maior</b> do que 5000 m <sup>2</sup>	x	x		x
Indústria com área <b>menor</b> do que 5000 m <sup>2</sup>	x	x		
Indústria com área <b>maior</b> do que 5000 m <sup>2</sup>	x	x		x

\*1 = captação e aproveitamento da água de chuva das coberturas; 2 = bacia sanitária de volume reduzido de descarga e torneiras dotadas de arejadores; 3 = hidrômetros para medição individualizada do consumo e 4 = sistema de coleta e tratamento das águas servidas.

**Quadro 4: Exigências legais do PURA para as tipologias de edificações.**  
**Fonte: Decreto Municipal Nº 212/2007 de Curitiba-PR apud BEZERRA, 2012.**

Esse programa estabelece medidas para induzir a conservação, o uso racional de água e a utilização de fontes alternativas de captação de água para todas as edificações novas. O funcionamento do PURAE se dá desde a solicitação do alvará de construção, quando o responsável técnico pela obra e o proprietário assinam o Termo de Responsabilidade declarando que estão cientes das exigências do Decreto Municipal N° 293/06.

Dentre outros tópicos esclarecidos, o decreto apresenta dois métodos para o volume do reservatório de armazenamento de água pluvial: um método aplicado a edificações residenciais e outro a edificações comerciais, sendo que em todos os casos fica estipulado volume mínimo de 500L (BEZERRA, et al, 2010).

A normatização nacional do aproveitamento de água de chuva, foi criada em 2007, pela associação brasileira de normas técnicas a ABNT NBR 15527 e intitulada como “Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis”. Esta norma trata das instalações prediais, da qualidade da água para usos não potáveis, bombeamento e manutenção do sistema (NBR 15527/2007). Além disso, apresenta seis métodos para o dimensionamento do volume do reservatório, sendo que fica a critério do projetista o método a ser utilizado ou mesmo algum outro procedimento de cálculo, desde que sejam atendidos os critérios técnicos, econômicos e ambientais (BEZERRA, et al, 2010).

Tanto os métodos da norma NBR 15527/2007 quanto os do Decreto Municipal 293/06 de Curitiba, PR, apresentam resultados discrepantes para o dimensionamento do reservatório de água de chuva. Em particular o Decreto Municipal não considera nenhum parâmetro sobre demanda de água de chuva, nem sobre precipitação pluviométrica e área de captação, que são parâmetros fundamentais para o cálculo do volume do reservatório, segundo Bezerra *et. al.* (2010). A publicação “Conservação e reuso da água em edificações” da ANA também apresenta uma metodologia para a implementação de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial que envolve as etapas: determinação da precipitação média local, determinação da área de coleta e identificação dos usos da água (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Ou seja, o Decreto municipal de Curitiba merece mais investigações a respeito das fórmulas para o cálculo do volume do reservatório e provavelmente uma revisão.

Bezerra, 2012 apresenta algumas sugestões para melhoramento do PURAE em Curitiba, a saber:

- Definir indicadores de monitoramento da qualidade da água de chuva e reuso;
- Definir a responsabilidade de garantia do uso seguro destas águas;
- Solicitar sinalização para rede de água não potável e torneiras de uso restrito;

- Reforçar a importância de evitar a conexão cruzada;
- Rever a fórmula de dimensionamento do reservatório de água de chuva;
- Excluir a obrigatoriedade e oferecer incentivo aos participantes, etc.

Uma das dificuldades encontradas sobre a qualidade da água da chuva está em definir quem tem essa responsabilidade. Medeiros (2014) sugere que o sistema deveria começar a ser definido como “sistema descentralizado de abastecimento de água” a fim de tentar passar a responsabilidade do sistema para o Estado. Dessa maneira seria interessante acrescentar notas na legislação do município de Curitiba sobre a responsabilidade pelo uso seguro da água da chuva, firmando alguns critérios a serem exigidos na vistoria das edificações, como: sinalização das tubulações de água da chuva e sinalização de torneiras de uso restrito.

Visto que há grande disparidade nos resultados obtidos para o dimensionamento do reservatório de água de chuva pelos métodos apresentados na norma brasileira, seria interessante que o Decreto Municipal propusesse uma fórmula de dimensionamento que apresentasse uma maior confiança no sistema, levando em consideração demanda de água, área de coleta e pluviometria local, diminuindo assim, possíveis incertezas por parte dos projetistas.

Além disso, incentivos fiscais e educação ambiental podem ser mais vantajosos do que a obrigatoriedade. Quando se consegue obter uma sociedade com mais consciência ambiental, há menos desperdício e mais pretensão de se fazer uso de técnicas que auxiliem na busca pelo desenvolvimento sustentável das cidades.

### 2.3 IMPACTO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL NA DRENAGEM URBANA

Como já citado, existem técnicas de diminuição dos picos de vazão devido à impermeabilização dos lotes nos centros urbanos como, por exemplo, os reservatórios de retenção (ou contenção) de cheias. Em várias cidades brasileiras já existem leis que obrigam a utilização desses reservatórios (ou microrreservatórios) e também dos destinados ao aproveitamento de águas pluviais. A diferença entre eles está basicamente na sua finalidade: enquanto o primeiro deve permanecer vazio para a próxima chuva, o segundo deve se manter cheio para atender a demanda.

Portanto, é requisito para o bom funcionamento do reservatório de retenção que ele esvazie logo após a passagem do evento chuvoso, para que seja garantido o volume de espera,

necessário para atenuação da próxima cheia (Hentges, 2013). O funcionamento dos reservatórios de retenção de cheias se dá pelo uso de uma saída com diâmetro menor ao utilizado para a drenagem da água de chuva do lote, permitindo assim que seja esvaziado lentamente, diminuindo os picos de vazão.

Segundo O'Loughlin *et al.* (1995) *apud* Tassi (2002) os reservatórios de retenção apresentam vantagens e desvantagens, conforme descritas a seguir.

Vantagens:

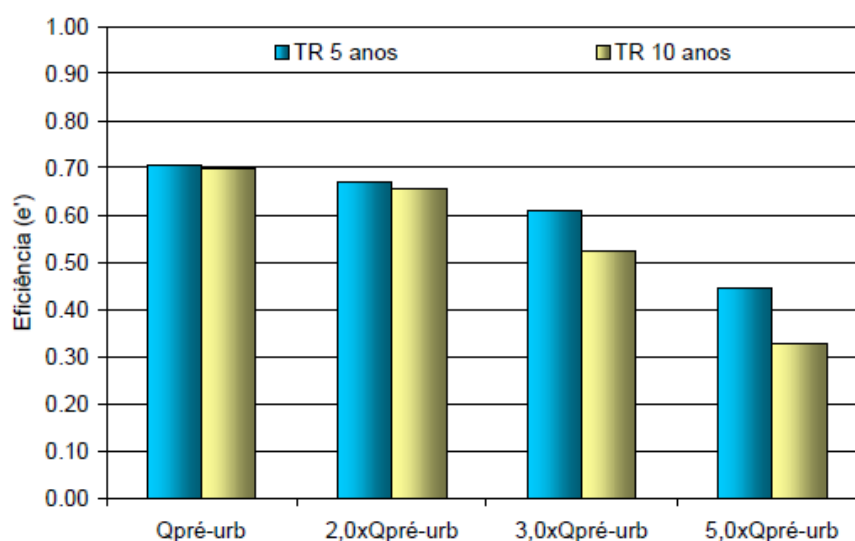
- Previnem impactos da urbanização restaurando, pelo menos parcialmente, o armazenamento natural perdido;
- Não transfere para jusante os impactos da urbanização, diferenciando-se do sistema tradicional;
- O sistema é equitativo, já que coloca a responsabilidade do controle para quem está implementando a urbanização e se beneficia dela;
- Os problemas não resolvidos na sua origem.

Desvantagens:

- Os regulamentos são ainda deficientes, e os critérios e métodos de projeto são geralmente muito simplificados;
- Em alguns casos pode ocorrer a ampliação dos picos de vazão através da chegada simultânea de hidrogramas retardados;
- A manutenção das estruturas pode não ser feita da forma correta, pois é de obrigação dos proprietários;
- Os microrreservatórios possibilitam pouca redução de poluentes na água coletada.

O impacto dos reservatórios de retenção na drenagem urbana depende do seu dimensionamento, da área de contribuição e do índice pluviométrico. O dimensionamento varia de cidade para cidade, dependendo da legislação municipal e, algumas vezes, acaba não apresentando os resultados esperados.

Tassi (2002) fez um estudo do efeito do microrreservatório como controle na fonte sobre a macrodrenagem urbana, utilizando uma bacia hipotética. Os microrreservatórios foram dimensionados para vários tempos de retorno e vazões de descarga, partindo de vazão de pré-urbanização (Figura 17).



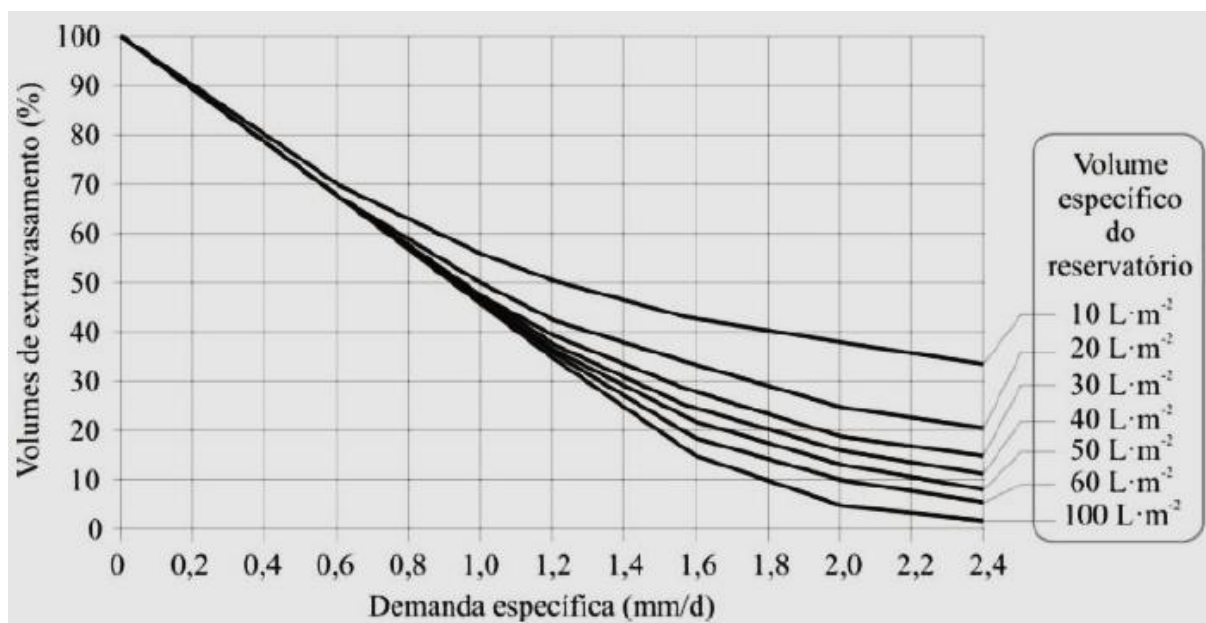
**Figura 17: Efeito dos microrreservatórios no controle das vazões**  
 Fonte: Tassi, 2012.

Como pôde ser observado foi possível obter níveis de eficiência de 30 a 70%. Sendo que a vantagem obtida ao permitir maiores vazões de saída do descarregador de fundo foi o aumento do seu diâmetro, que para vazões menores (como a de pré-urbanização) resultaram em diâmetros muito pequenos, e possivelmente inviáveis em uma situação real. Além disso, uma consequência direta do descarregador de pequeno diâmetro é o alto tempo de armazenamento, podendo haver falta de espaço disponível para eventos consecutivos (TASSI, 2002).

Um evento crítico foi testado com o uso de microrreservatórios de controle na fonte, com a ocorrência de dois picos de vazão e com tempo de retorno de 35 anos para uma hora de chuva. O sistema demonstrou que mesmo com o extravasamento, o primeiro pico de chuva foi armazenado e as vazões de pico nas redes de micro e macrodrenagem foram bem menores que àquelas sem o uso de microrreservatório (TASSI, 2002).

Quanto aos reservatórios de aproveitamento de água da chuva, diversos autores sugerem que o seu uso para fins não potáveis em edificações pode contribuir para a redução de enchentes, porém sem quantificar ou propor formas de se estimar valores representativos dessa redução.

Baseando-se nessa questão, alguns estudos vêm sendo realizados sobre o impacto do reservatório de aproveitamento de água de chuva na drenagem urbana. Hermann e Schmida (1999) *apud* Dornelles (2012) apresentam resultados que expõem a relação da capacidade de armazenamento e do consumo com o volume de chuva extravasado (Figura 18).



**Figura 18: Volumes extravasados para condições de demandas e extravasão.**  
**Fonte: Hermann e Schmida, 1999.**

Ou seja, quanto maior a demanda de água e o volume do reservatório, menor o volume de chuva extravasado do reservatório.

Ghimire e Johnston (2013) desenvolveram um trabalho a fim de analisar o impacto hidrológico dos reservatórios de aproveitamento de água de chuva, em domicílios urbanos e na agricultura, sobre bacias hidrográficas nos estados da Virgínia e Carolina do Norte, Estados Unidos. Os resultados indicaram uma redução de rendimentos mensais de água de 16%, 9% e 19% nas bacias hidrográficas Back Creek, Sycamore e Green Mills, respectivamente, quando há sistemas de aproveitamento de água da chuva em domicílios urbanos e na agricultura. Observou-se ainda que, durante os períodos de crescimento da vegetação, a influência dessa diminuição foi dominada pelo sistema de aproveitamento implantado na agricultura para as três bacias hidrográficas, sem apresentar grande influência os sistemas de aproveitamento implantados nas cidades. Somente na temporada de “não-crescimento” é que observou-se a influência do aproveitamento de água de chuva da área urbana para as bacias Sycamore e Green Mills, devido às suas maiores áreas urbanas.

No estudo de um loteamento na cidade de Porto Alegre, ao comparar o escoamento superficial com e sem o uso de reservatórios de aproveitamento de água de chuva, Buffon (2010) apresentou os resultados de acordo com os valores estatísticos da redução dos volumes escoados depois da implantação do sistema como sendo: valor médio mínimo diário de redução de 15,62% para determinado bloco do loteamento e valor médio máximo de 20,31% em outro bloco, calculados sobre a quantidade de dias chuvosos. Esses valores foram

influenciados pelas superfícies que compõem o loteamento, pela parcela de área de telhado e pelo coeficiente de escoamento ponderado do terreno (quanto maior a área de telhado e maior o coeficiente de escoamento, maior a redução do volume escoado). O estudo ainda concluiu que quanto mais dias chuvosos em um intervalo de tempo, menor é a capacidade do reservatório de reter a água da chuva dos telhados.

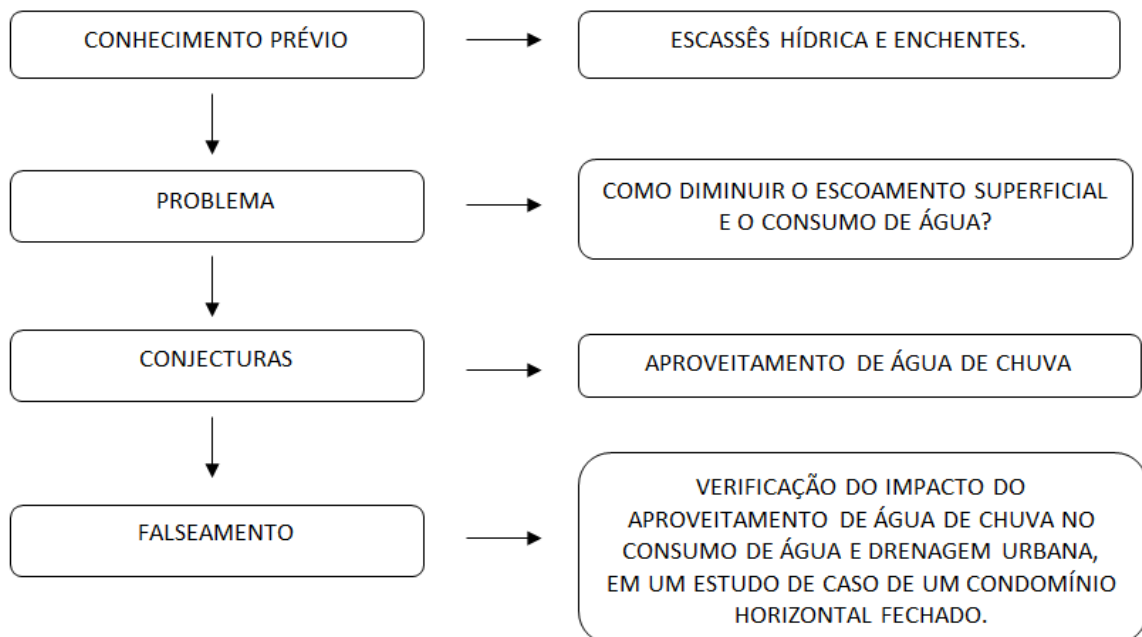
O objetivo do estudo de Dornelles (2012) foi determinar ábacos que permitem o dimensionamento dos reservatórios de aproveitamento de água de chuva para as capitais brasileiras e mensurar o efeito do sistema na rede de drenagem pluvial, tendo como área de aplicação da metodologia o município de Porto Alegre. O trabalho foi desenvolvido sobre habitações residenciais, por estas ocuparem a maior parcela do limite urbano municipal. Foram avaliadas habitações de classe alta e popular. Dentre os resultados intermediários da pesquisa, Dornelles (2012) aponta que as retenções de água de chuva nos reservatórios foram convertidas em lâminas de precipitação retida, onde a maior retenção obtida foi de 4mm para o padrão de habitação popular, com atendimento de 80% da demanda.

Apesar de estes resultados intermediários apresentados por Dornelles (2012) indicarem um pequeno efeito dos sistemas de aproveitamento de água da chuva na vazão da rede pluvial, foram realizadas simulações para verificar se o pico de vazão do hidrograma sofre alguma redução em bacias hipotéticas de 10 e 25ha, para projetos de 2 e 5 anos de período de retorno. Os resultados apontaram uma incapacidade de redução do pico de vazão, sendo apenas observadas diminuições parciais no início dos hidrogramas. Essa redução, segundo o autor, pode ser explicada pelo propósito do aproveitamento de água de chuva, que é de atender a demanda. Segundo Dornelles (2012), avançar na avaliação para bacias maiores, o aproveitamento de água da chuva apresentará uma capacidade de retenção menor ainda pois existirão mais áreas de drenagem direta como pátios de lotes industriais e comerciais, vazios urbanos e vias mais largas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo apresentam-se as estratégias da pesquisa que são norteadas pelos métodos e das técnicas de pesquisa. Desta forma, o método científico é um conjunto de atividades ordenadas e coerentes que permite alcançar o objetivo, de forma segura e econômica. Detectando erros e auxiliando as decisões do cientista, o método traça o caminho a ser seguido.

O método de abordagem a ser utilizado para o desenvolvimento deste trabalho é o método hipotético dedutivo. O trabalho buscará avaliar o impacto do aproveitamento de água de chuva na drenagem e no consumo de água potável em um condomínio horizontal fechado na cidade de Curitiba. Através de um estudo de caso, busca apresentar o aproveitamento de água de chuva como uma solução para dois problemas antagônicos nas grandes cidades: escassez de água e enchentes. Está norteado pela problemática da escassez hídrica, pelo aumento significativo deste tipo de empreendimentos nas grandes cidades e pelas expectativas de melhoria das condições atuais do ciclo hidrológico (Figura 19).



**Figura 19: Metodologia de abordagem da pesquisa – Método hipotético dedutivo.**

#### 3.1 PROCEDIMENTO

Durante o procedimento do trabalho, em um primeiro momento foi feita a coleta de dados de um condomínio horizontal fechado através da avaliação da implantação



arquitetônica e consulta amarela. Na sequência, as variáveis, como área das residências, número de habitantes, áreas permeáveis e impermeáveis, foram determinadas.

Logo em seguida foram determinados os cenários de demanda, através dos quais foi possível fazer a avaliação do impacto do aproveitamento de água de chuva, dependendo dos usos da água definidos. Desta forma, no primeiro cenário estudado considerou-se o uso da água em torneiras de jardim. No segundo cenário a demanda aumenta para torneiras de jardim e lavagem de piso; e essa demanda foi então somada à utilização em bacias sanitárias no terceiro cenário. Para isso algumas premissas foram estabelecidas:

- cada sublote do condomínio ocupe o máximo do terreno permitido pela legislação;
- cada residência possua o seu próprio reservatório de água de chuva.
- a água de chuva aproveitada é coletada somente dos telhados, como recomendado pela norma NBR 15.527/2007.

Na sequência foram obtidos os dados hidrológicos de Curitiba e os coeficientes de escoamento superficial dependendo dos materiais utilizados no condomínio. Com esses resultados, somados à área de contribuição de cada telhado pôde-se fazer o cálculo do volume de chuva possível de ser aproveitado. Tendo isso, foram avaliados os métodos da norma (NBR 15.527/2007) para dimensionamento do reservatório, a fim de definir qual o método seria o mais adequado para ser utilizado neste trabalho. Foi feito também o cálculo do volume através do método apresentado pelo Decreto Municipal 293 de Curitiba e através da sugestão de um método que possa ser utilizado em Curitiba, com dados da pluviometria local.

Com o estudo dos resultados, para o sublote médio, foi possível fazer a comparação entre a água extravasada e consumida dependendo dos cenários de demanda e dos métodos de dimensionamento do reservatório utilizados.

### 3.2 ESTUDO DE CASO – CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

O condomínio residencial fechado estudado está localizado na região norte da cidade de Curitiba, na bacia hidrográfica do Rio Atuba e compreende uma área total de 79.168,06m<sup>2</sup>. Entretanto, de acordo com a consulta para fins de construção (guia amarela) obtida da PMC, o lote utilizado para a construção do empreendimento é atingido por uma faixa não edificável referente à previsão de passagem de rua. Essa área corresponde a 1.983,82m<sup>2</sup>. Ou seja, a área remanescente do lote é de 77.184,24m<sup>2</sup>.

Através da guia amarela foi possível obter algumas informações importantes para o desenvolvimento do estudo, como o zoneamento, por exemplo. Em Curitiba, a Lei nº 9.800 de 03 de janeiro de 2000, dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo, com o objetivo de orientar e ordenar o crescimento da cidade. O zoneamento da cidade é a divisão do território municipal buscando dar proporcionar uma melhor utilização em função da infraestrutura, do sistema viário e da topográfica de cada região, através da criação de zonas e setores de uso e ocupação do solo. Sempre que houver a necessidade de solicitar concessão de alvarás de construção, de localização, na urbanização de áreas e no parcelamento do solo, as disposições desta lei devem ser observadas obrigatoriamente (CURITIBA, 2000).

Essa lei define os parâmetros de ocupação que são determinados de acordo com cada zona ou setor. Dentre eles, os parâmetros necessários de serem conhecidos para o desenvolvimento deste trabalho são (CURITIBA, 2000):

- Taxa de ocupação: percentual da relação entre a área de projeção da edificação ou edificações sobre o plano horizontal e a área do lote ou terreno onde se pretende edificar.
- Coeficiente de aproveitamento: é o fator, que multiplicado pela área do terreno, define a área máxima computável admitida neste mesmo terreno.
- Taxa de permeabilidade: é o percentual da área do terreno que deve ser mantido permeável.

O zoneamento especificado na guia amarela do condomínio em estudo corresponde à ZR-2 (Zona Residencial 2). Dentre os usos permitidos para esta zona está habitação coletiva, o que faz com que seja permitida a construção de um condomínio residencial. Com relação à altura das edificações, permite habitações com dois pavimentos, admitindo, portanto, a construção de um condomínio horizontal fechado.

Sobre a ocupação, a guia amarela ainda traz orientações de alguns parâmetros, como:

- Coeficiente de aproveitamento: 1,0
- Taxa de permeabilidade: 0,25
- Densidade máxima: 80 habitações/Ha para habitações unifamiliares em série
- Recuo frontal: 5,0m

A taxa de ocupação não está especificada na guia amarela, pois essa taxa varia dependendo do uso. Para as ZR-2 essa taxa é de 50%, entretanto, segundo o Anexo 05 da Portaria 80/2013, para conjunto habitacional de habitações unifamiliares em série, a taxa de ocupação de cada sublote não pode exceder a 60%. Para este trabalho foi adotada taxa de

ocupação de 50%, como pode ser observado no item 4.3.1, respeitando uma norma interna do condomínio.

Ainda, segundo a guia amarela, o imóvel é atingido por bosque, o que resulta em uma área de preservação permanente de 11.149,75m<sup>2</sup>. Essa área contribui para a área permeável, que juntamente com a área permeável resultante da construção máxima permitida em cada sublote (10.043,56m<sup>2</sup>) e com as áreas comuns permeáveis (3.572,01m<sup>2</sup>) resultam em 24.765,32m<sup>2</sup> de área permeável. Ou seja, o empreendimento possui 32% de área considerada permeável pela PMC.

Outra observação contida na guia amarela refere-se a áreas com risco de inundação e atingidas por faixas não edificáveis de drenagem. Como o condomínio está localizado próximo a um córrego, uma parte dele é sujeita a inundação e está atingida por faixa não edificável de drenagem. Nesta área não é permitida a construção de edificações, o que foi solucionado com a locação de uma das áreas de lazer.

O Quadro 5 apresenta os principais dados do condomínio:

Área Total do Lote:	79.168,06 m <sup>2</sup>
Área Atingimento do Lote:	1.983,82 m <sup>2</sup>
Área Remanescente do Lote:	77.184,24 m <sup>2</sup>
Área dos Sublotes:	40.174,23 m <sup>2</sup>
Área de Preservação Permanente:	11.149,75 m <sup>2</sup>
Áreas Comuns (Recreação, Ruas, Guarita, Etc.):	25.860,26 m <sup>2</sup>
Taxa de Ocupação dos Sublotes:	50%
Taxa de Permeabilidade dos Sublotes:	25%
Áreas Comuns Permeáveis (Jardins):	3.572,01 m <sup>2</sup>
Áreas Permeáveis Dos Sublotes:	10.043,56 m <sup>2</sup>
Área Total Permeável:	24.765,32 m <sup>2</sup>
Taxa de Permeabilidade do Condomínio:	32%

**Quadro 5: Principais dados do condomínio horizontal fechado.**

Como foi estabelecido entre as partes que o empreendimento analisado por este trabalho fosse mantido em sigilo, não serão apresentados mapas e projetos do condomínio, dificultando um pouco o entendimento gráfico da área estudada. Com a falta de apresentação destes dados, procurou-se utilizar de gráficos e tabelas a fim de deixar claro quais dados foram utilizados, para poder demonstrar a maior contribuição dada pelo estudo: a estimativa

quantitativa do impacto do aproveitamento de água de chuva na drenagem e no consumo de água, para um condomínio residencial deste porte.

### 3.3 VARIÁVEIS

Em um primeiro momento, realizou-se uma avaliação técnica preliminar acerca das variáveis envolvidas, com o objetivo de criar os parâmetros necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

#### 3.3.1 Áreas dos sublotes

A área dos sublotes é uma variável da pesquisa, pois através dela foi possível determinar os demais itens necessários para o dimensionamento do aproveitamento de água de chuva, como área de cobertura, área de calçadas, área de jardins e número de pessoas em cada sublote. Para a determinação destes itens foi necessário conhecer a taxa máxima de ocupação, a taxa mínima de permeabilidade e o coeficiente de aproveitamento. Sendo assim, foi de extrema importância o conhecimento acerca da legislação municipal.

Dessa forma, com o objetivo de nortear os profissionais habilitados à aprovação de projetos, a Portaria 80/2013, traz orientações sobre os projetos submetidos à aprovação pela Secretaria Municipal de Urbanismo, que são analisados de acordo com o zoneamento, uso e ocupação do solo e de acordo com os aspectos urbanísticos relevantes.

Segundo o Anexo 05 da Portaria 80/2013, para conjunto habitacional de habitações unifamiliares em série, a taxa de ocupação de cada sublote não pode exceder a 60%, desde que atendidas às disposições do Decreto 1677/2012. De acordo com esse decreto, com a finalidade de garantir que a taxa de ocupação do empreendimento como um todo não exceda ao máximo estabelecido pelo empreendimento, fica estabelecido que a taxa de ocupação máxima para o sublote deve ser obtida pela aplicação da fórmula abaixo:

$$TOS = TO \times \left( \frac{A_r}{A_r - A_c} \right)$$

Onde:

$TOS$  = taxa de ocupação máxima do sublote

$TO$  = taxa de ocupação do zoneamento

$A_r$  = área remanescente do lote

$A_c$  = área comum do empreendimento

Sendo que a área remanescente do lote é a área resultante da subtração das áreas atingidas por projeto de alargamento viário ou por outra intervenção urbana em relação à área original do lote; e a área comum do empreendimento compreende áreas de uso comum como circulação, estacionamento, recreação e preservação ambiental.

Quanto à ocupação dos sublotes, foi considerado que o projeto da residência de cada sublote utilize o máximo permitido pela legislação por ser o mais praticado pelos condôminos devido ao custo-benefício. Ainda, como forma de simplificar, foi considerado que a área de projeção da edificação no terreno, correspondente à taxa de ocupação, seja igual à área de cobertura, responsável por coletar a água de chuva para aproveitamento. Portanto, segundo o Decreto 1677/2012, temos:

$$TOS = 50\% \times \left( \frac{77.184,24}{77.184,24 - 25.860,26} \right) = 75,2\%$$

Ou seja, para o empreendimento, o máximo permitido pela portaria 80/2013 seria de 60%. Porém, o condomínio estudado estabelece como padrão máximo uma taxa de 50%, garantido uma melhor insolação e ventilação às residências. Ou seja, a área de cobertura considerada para cada residência correspondeu a 50% da área do respectivo sublote.

O Decreto 1677/2012 estabelece também o coeficiente máximo de aproveitamento do sublote como sendo:

$$CM = CA \times \left( \frac{A_r}{A_r - A_c} \right)$$

Onde:

$CM$  = coeficiente máximo de aproveitamento do sublote

$CA$  = coeficiente de aproveitamento estabelecido pelo zoneamento

$A_r$  = área remanescente do lote

$A_c$  = área comum do empreendimento

Quanto ao aproveitamento dos sublotes, foi considerado que a área de cada residência também corresponde à máxima permitida pelo coeficiente de aproveitamento. Para o zoneamento em questão, segundo a guia amarela, esse coeficiente é igual à 1,0. Se aplicarmos a fórmula dada pelo Decreto 1677/2012, temos um coeficiente de aproveitamento igual a 1,5, ultrapassando o máximo permitido para o zoneamento. Sendo assim a área de cada residência correspondeu a área do respectivo sublote (coeficiente de aproveitamento = 1,0). Esse dado é importante, pois a partir da área de cada residência, foram estipulados os números de pessoas, importantes para o dimensionamento da demanda de água em bacias sanitárias.

O número de pessoas em cada residência foi estipulado levando em consideração o padrão de construção do condomínio. De acordo com a norma NBR5626/1998, referente à projeto hidráulico, o número de pessoas para dimensionamento do consumo equivale ao número de quartos multiplicado por dois. Entretanto, tendo em vista a diminuição do número de filhos por casal de classe média, essa norma acaba não condizendo com a realidade. Sendo assim, ao buscar uma situação mais real, considerando-se que hoje os casais têm dois ou no máximo três filhos, o número de pessoas adotado em cada residência equivale ao número de quartos mais dois. Para a determinação do número de quartos em cada residência através dos projetos das residências já construídas no condomínio, pôde-se observar que:

- residências até 130,00m<sup>2</sup> possuem geralmente 2 quartos;
- residências de 131,00 a 400,00m<sup>2</sup> possuem geralmente 3 quartos;
- residências acima de 400,00m<sup>2</sup> possuem geralmente 4 quartos.

Com relação ao dimensionamento das áreas permeáveis de cada sub lote, a taxa mínima de permeabilidade exigida é de 25%, conforme especificado no Decreto 176/2007. Caso essa taxa não seja respeitada, é necessária a utilização de bacias de contenção de cheias. Este decreto dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias, que são dispositivos abertos ou fechados, capazes de reter e acumular parte das águas provenientes de chuvas intensas, funcionando como um regulador de vazão atenuando os efeitos a jusante e aliviando assim os canais ou galerias de drenagem urbana.

Segundo esse decreto, quando a taxa de permeabilidade, ou seja, o percentual da área do terreno que não é impermeabilizado, for inferior a 25% será obrigatória a implementação de reservatórios de contenção de cheias. Além disso, é obrigatória a sua implantação:

- Em todos os novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas situados em Zona Central, Setor Especial Histórico, Setor Especial Eixo Barão-Riachuelo, Setor Especial Preferencial de Pedestres, Setor Especial Estrutural – Via Central e Vias Externas, independente da área impermeabilizada.
- Nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas, independente do uso e localização, que impermeabilizarem área igual ou superior a 3.000m<sup>2</sup>.

Para o cálculo do volume do reservatório de contenção são consideradas impermeáveis, além das edificações, as áreas destinadas a piscinas, acessos de veículos, estacionamentos descobertos e canchas descobertas independente do tipo de revestimento do piso. Se a taxa de permeabilidade for de 15% a 25%, utiliza-se para o cálculo a área total impermeabilizada do lote. Se a taxa estiver abaixo de 15%, deve-se utilizar a área total do lote

no cálculo do volume, devendo ser mantido o paisagismo no recuo quando este é obrigatório. O dimensionamento do volume é feito segundo a fórmula abaixo:

$$V = K \times i \times A$$

Onde:

$V$  = volume útil do reservatório

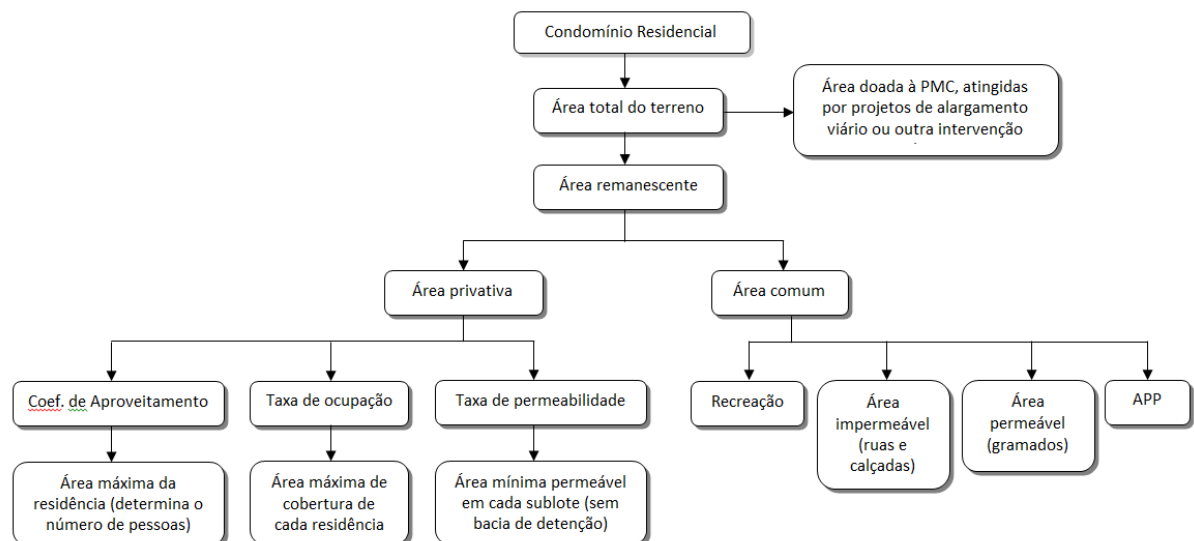
$K$  = constante dimensional = 0,20

$i$  = intensidade de chuva = 0,080mm/h

$A$  = área prevista.

Ou seja, como o condomínio possui uma área impermeabilizada acima de 3.000m<sup>2</sup>, constituindo as ruas e calçadas, o empreendimento atende ao decreto através do uso de uma caixa de contenção de cheias. Entretanto, como cada residência é submetida aos órgãos regulamentadores individualmente, cada sublote também deve atender a esta legislação.

Como o custo de implantação de uma bacia de contenção de cheias torna-se alto em residências unifamiliares, para fins de dimensionamento, considerou-se que cada residência impermeabilize toda a área máxima que é permitida, ou seja, utilize a taxa mínima de permeabilidade de 25%. Sendo assim, a área destinada aos jardins corresponde a 1/4 da área de cada sublote, para fins de cálculo de demanda de água de chuva para irrigação. O dimensionamento das áreas de calçadas impermeabilizadas em cada residência foi feito através da subtração da área total do terreno pelas áreas de cobertura e permeáveis. Através da Figura 20 é possível verificar como os dados foram obtidos e suas relações.



**Figura 20: Dados técnicos de entrada do condomínio horizontal fechado.**

Sendo assim, através das variáveis: área de cada sublote, taxa de ocupação, taxa de permeabilidade e coeficiente de aproveitamento foi possível determinar a área máxima da

residência (e desta área o número de pessoas), área máxima de cobertura, área mínima permeável e área impermeável (calçadas de cada residência). As Tabelas 1 e 2 apresentam essas variáveis para um sublote médio, do condomínio estudado.

Tabela 1: Variáveis da pesquisa - área do sublote.

Sublote	Área Privativa (m <sup>2</sup> )	Taxa De Ocupação	Taxa De Permeabilidade	Coefficiente De Aproveitamento
Médio	201,88	50%	25%	1

Tabela 2: Determinação dos parâmetros para o sublote médio.

Área Máxima Da Residência	Área Máxima De Cobertura (m <sup>2</sup> )	Área Mínima Permeável (m <sup>2</sup> )	Área De Calçadas (m <sup>2</sup> )	Número De Quartos	Número De Pessoas
201,88	100,94	50,47	50,47	3	5

### 3.3.2 Demanda de água de chuva

Foram estabelecidas três cenários de demandas de água de chuva a fim de poder avaliar o impacto para cada um deles. O primeiro cenário engloba o uso da água para rega de jardim. Para este dimensionamento de demanda foi considerado que os jardins são regados 2 vezes por semana, visto que as chuvas são frequentes em Curitiba. De acordo com Giacchini e Andrade (2011), o número máximo de dias sem chuva por mês, em Curitiba entre os anos de 1998 e 2008, é de 12,8 dias. Pelo gráfico representado na Figura 21, pode ser observado o máximo dos dias sem chuva em cada mês, no período analisado.

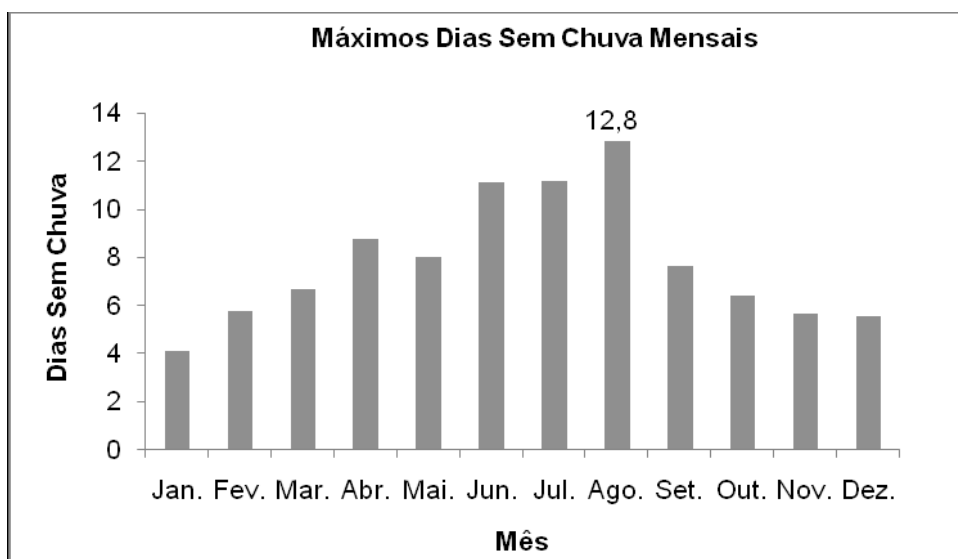


Figura 21: Máximo de dias sem chuva por mês – entre 1998 e 2008.

Fonte: Giacchini e Andrade, 2011, p. 38.



Segundo Bezzerra *et. al* (2010) *apud* Tomaz (2005), para a irrigação de gramados ou limpeza de pisos gastam-se aproximadamente 2litros/m<sup>2</sup>/dia, quando utilizados diariamente. Como a frequência da rega de jardim considerada neste trabalho para a cidade de Curitiba é de 2 vezes por semana, como forma de simplificação de cálculo, essa demanda diária foi considerada constante e correspondeu a aproximadamente 0,571litros/m<sup>2</sup> ( $2(\text{litros}/\text{m}^2/\text{dia}) * 2(\text{dias}) / 7(\text{dias})$ ). Sendo assim, a demanda de água utilizada para regas de jardim, da residência situada no sublote médio, apresentado anteriormente pelas Tabelas 1 e 2, com área permeável de 50,47m<sup>2</sup>, foi de 28,84 litros/dia (TABELA 3). Esse dimensionamento foi feito também para o somatório de todos os sublotos do condomínio (APÊNDICE A).

Tabela 3: Demanda de água Cenário 1 – para sublote médio.

Sublote	Área Privativa do Sublote (m <sup>2</sup> )	Taxa De Permeabilidade	Área Mínima Permeável (m <sup>2</sup> )	Demanda Torneira De Jardim (L/m <sup>2</sup> /dia)	Demanda Torneira De Jardim (L/dia)
Médio	201,88	25%	50,47	0,571	28,84

O Cenário 2 de demanda contempla o uso para rega de jardins e também para lavagem de pisos externos da residência. O dimensionamento foi feito da mesma maneira que no Cenário 1, utilizando a área impermeável no cálculo. Conforme apresentada na Tabela 2, a área de calçadas igual a 50,47m<sup>2</sup>, foi multiplicada pela demanda diária de aproximadamente 0,571 litros/m<sup>2</sup>, resultando na demanda diária de 28,84 litros. Ou seja, somando a demanda de torneiras de jardim, a demanda total do Cenário 2 é de 57,6 litros/dia (TABELA 4). Da mesma forma, no Cenário 2 o dimensionamento da demanda também é feito para a todos os sublotos do condomínio (APÊNDICE B).

Por fim, o Cenário 3 apresenta três usos: rega de jardins, lavagem de pisos e descarga de bacias sanitárias. Segundo Tomaz (2005) *apud* Bezzerra *et. al* (2010), a bacia sanitária é utilizada por uma pessoa, em média de 4 a 6 vezes por dia e seu consumo é de 6,8 a 12 litros por descarga. Uma das exigências do PURAE é a utilização por equipamentos economizadores de água, sendo assim, considerou-se a utilização de bacias sanitárias com caixa acoplada que consome 6,0 litros por descarga. O número de descargas considerado neste trabalho é de 5 vezes por pessoa diariamente. Além desses dados, neste dimensionamento, utiliza-se o número de pessoas em cada residência, conforme determinado anteriormente. Sendo assim, para o sublote médio apresentado nas Tabelas 1 e 2, com 5 pessoas, utilizando a bacia sanitária (6 litros) cinco vezes ao dia, a demanda diária é de 150litros. Somando essa demanda à torneira de jardim e à lavagem de pisos, a demanda total do Cenário 3, para o sublote médio é de 207,61 litros/dia (TABELA 5). Assim como nos Cenários 1 e 2, essa demanda é dimensionada para o somatório de todos os sublotos (APÊNDICE C).

Tabela 4: Demanda de água Cenário 2 – para sublote médio.

Sublote	Área Privativa do Sublote (m <sup>2</sup> )	Taxa De Ocupação	Taxa De Permeabilidade	Área Máxima De Cobertura (m <sup>2</sup> )	Área Mínima Permeável (m <sup>2</sup> )	Área De Calçadas (m <sup>2</sup> )	Demanda Jardim E Piso (L/m <sup>2</sup> /dia)	Demanda Torneira De Jardim (L/dia)	Demanda Lavagem De Piso (L/dia)	Demanda Total (L/dia)
Médio	201,88	50%	25%	100,94	50,47	50,47	0,571	28,84	28,77	57,61

Tabela 5: Demanda de água Cenário 3 – para sublote médio.

Sublote	Área Privativa do Sublote (m <sup>2</sup> )	Taxa De Ocupação	Taxa De Permeab.	Coef. De Aproveit.	Área Máx. Da Resid.	Área Máx. De Cobertura (m <sup>2</sup> )	Área Mín. Perm. (m <sup>2</sup> )	Área De Calçadas (m <sup>2</sup> )	Demanda Jardim E Piso (L/m <sup>2</sup> /dia)	Nº De Pessoas	Nº De Descargas / dia	Demanda Torneira De Jardim (L/dia)	Demanda Lavagem De Piso (L/dia)	Demanda Bacia Sanitária (L/dia)	Demanda Total (L/dia)
Médio	201,88	50%	25%	1	201,88	100,94	50,47	50,47	0,571	5	5	28,84	28,77	150,00	207,61

### 3.3.3 Cenário hidrológico

O cenário hidrológico de cada região é um dado imprescindível ao se lidar com questões como drenagem urbana e predial e aproveitamento de água de chuva. A ABNT NBR 10.844, estipula as principais chuvas intensas de algumas cidades do Brasil para o dimensionamento das tubulações de águas pluviais em edificações. Segundo a norma, dependendo do risco da área a ser drenada, deve-se fixar um período de retorno igual a 01, 05 ou 25 anos, para o dimensionamento da vazão de projeto.

Como o objetivo é analisar o impacto do aproveitamento de água de chuva na drenagem e no consumo, o desenvolvimento do trabalho foi feito com dados diários de chuva. O cenário hidrológico entra como uma variável, pois muda dependendo da região. Para o presente trabalho foram utilizados dados da estação pluviométrica Curitiba (2549101), localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná. Esses dados foram concedidos pela estação meteorológica de Curitiba da Simepar, de onde foram obtidos dados de chuva diários entre os períodos de 31 de maio de 1997 (desde que a estação possui registros diários) a 22 de setembro de 2013, totalizando 5.947 dias. A estação está a aproximadamente 8 Km de distância até o local do estudo e foi escolhida pela proximidade e pela disponibilidade de dados diários em formato que facilitou o estudo.

Há outra estação pluviométrica na UFPR, com mais tempo de observação, e com os dados disponíveis em sítio da internet. Porém esta série apresentou um número grande de falhas e caso fosse utilizada precisaria passar por um estudo detalhado a fim de analisar sua consistência. Seria necessário criar, a partir da série, um padrão de dados sintéticos através de estudos estatísticos para torná-la mais consistente. Portanto, apesar de a série da estação 2549101 ser mais curta, optou-se por ela por apresentar menor número de falhas.

### 3.3.4 Coeficiente de escoamento superficial

A água precipitada sobre o solo pode atingir três caminhos até chegar aos cursos d'água: escoamento superficial (fluxo sobre a superfície), escoamento sub-superficial (fluxo junto às raízes da cobertura vegetal) e escoamento subterrâneo que é a contribuição do aquífero (TEIXEIRA E PROTZEK, 2010). O escoamento superficial é uma grandeza importante de ser medida quando se quer estudar o impacto na drenagem urbana.

Os fatores que influenciam o escoamento superficial podem ser (TEIXEIRA E PROTZEK, 2010, p. 63):

- Físicas: como área, relevo, rugosidade, taxa de impermeabilização, capacidade de infiltração, densidade de drenagem, entre outros.
- Hidrológicas: como distribuição, duração e intensidade de precipitação.
- Vegetativas, devido à parte da chuva que fica interceptada pela vegetação e pela própria dificuldade de transporte da água no solo vegetado.
- Condições iniciais de umidade do solo, principalmente nos escoamentos gerados por precipitações de pequeno volume e de média a alta intensidade.

Uma das grandezas que caracteriza o escoamento superficial é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff. Este coeficiente é definido como a razão entre o volume de água de chuva escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Ele é, portanto, adimensional e depende do tipo de superfície onde a água precipita (TEIXEIRA E PROTZEK, 2010). O coeficiente de escoamento superficial varia de 1, (indica que toda a água precipitada escoou sobre a superfície) a 0 (indica que toda a água é absorvida pela superfície). A Tabela 6 apresenta valores do coeficiente de escoamento superficial dependendo do tipo de solo, declividade e cobertura vegetal.

Tabela 6: Coeficiente de Escoamento Superficial - Solos.

Declividade (%)	Solo Arenoso	Solo Franco	Solo Argiloso
	Florestas		
0 a 5	0,10	0,30	0,40
5 a 10	0,25	0,35	0,50
10 a 30	0,30	0,50	0,60
	Pastagens		
0 a 5	0,10	0,30	0,40
5 a 10	0,15	0,35	0,55
10 a 30	0,20	0,40	0,60
	Terras Cultivadas		
0 a 5	0,30	0,50	0,60
5 a 10	0,40	0,60	0,70
10 a 30	0,50	0,70	0,80

Fonte: Teixeira e Protzek, 2010, p. 65.

Entretanto, para a realização deste trabalho foi necessário também definir o coeficiente de escoamento superficial em coberturas, a fim de definir quanta água vai de fato alimentar o reservatório. Sendo assim, segundo May (2008), a Tabela 7 apresenta alguns coeficientes de Runoff para diferentes tipos de coberturas.

Tabela 7: Coeficiente de Escoamento Superficial – Telhados.

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Fonte: May, 2004, p. 53.

Tucson e Phenix apud May (2009) apresentam o coeficiente de Runoff para superfície de concreto e asfalto variando de 0,9 a 1,0. Através dos ensaios realizados por Alessi, Kokot e Gomes (2006) o pavimento com blocos de concreto (calçadas do condomínio estudado) apresentam valor médio de 0,58 para o coeficiente de escoamento superficial. Como o solo do condomínio é argiloso e para os gramados foi adotado coeficiente de 0,55, considera-se pertinente utilizar o valor encontrado por Alessi, Kokot e Gomes.

Sendo assim, os coeficientes de escoamento superficial adotados para o presente trabalho foram:

- Coberturas: telhas cerâmicas (C=0,85).
- Ruas: asfalto (C=0,98).
- Calçadas comuns ou passeios: Paver (C=0,58).
- Calçadas privativas das residências: concreto (C=0,98).
- Jardins gramados: gramado / argila-siltosa, com inclinação de 5 a 10% (C=0,55).
- Área de Preservação Permanente – Bosque (C=0,50).

### 3.4 DIMENSIONAMENTO

Depois de determinadas as variáveis envolvidas foi feito o dimensionamento dos seguintes volumes diários: volume aproveitável, volume do reservatório, volume aproveitado, volume extravasado do reservatório e volume escoado proveniente do escoamento superficial de ruas, calçadas e gramados. Além disso, foi feito o cálculo da eficiência e confiança do sistema.

#### 3.4.1 Volume aproveitável

O volume de água de chuva aproveitável corresponde a todo volume de água coletada nos telhados e que se pode aproveitar. Segundo a NBR 15527/2007, esse volume depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência do sistema de descarte do escoamento superficial. Sendo assim, a fórmula do volume aproveitável é:

$$V_{apr.} = P \times A \times C \times n$$

Sendo:

$V_{apr.}$ : Volume aproveitável diário (L)

$P$ : Precipitação diária (mm)

A: Área de cobertura (m<sup>2</sup>)

C: Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (adimensional)

n: Fator de captação – eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento superficial, caso este último seja utilizado.

Segundo May (2009) são estimadas perdas do volume reservado que vão de 10% a 33% do volume precipitado. Para Tomaz (2010) *apud* Bezzera *et. al.* (2010) o fator de captação é estabelecido na prática em 0,85, sendo esse o valor adotado neste trabalho.

Como exemplo, podemos citar o volume de chuva aproveitável para a residência no sublote médio do condomínio em um dia com precipitação de 18,6mm (TABELA 8).

Tabela 8: Volume de chuva aproveitável para o sublote médio

Dia	Chuva Diária (mm)	Área de Cobertura	Coeficiente de Runoff (telhas cerâmicas)	Fator de Captação	Volume de Chuva Aproveitável (L/dia)
1997-06-14	18,6	100,94	0,85	0,85	1.356,48

#### 3.4.2 Volume do reservatório (1): método do Decreto Municipal de Curitiba 293/2006

Para o cálculo do volume do reservatório foram analisados os métodos de dimensionamento propostos pela NBR 15.527/2007, o método do Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba e um método sugerido. Neste item foi analisado o método apresentado pelo Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba. Como comentado anteriormente esse decreto possui duas formas de dimensionamento do reservatório: para edificações comerciais e para edificações residenciais.

A fórmula de dimensionamento, entretanto, não leva em considerações variáveis importantes, como a pluviometria e a demanda é fixa dependendo do número de quartos. Segue abaixo o dimensionamento para edificações residenciais.

$$V = N * C * d * 0,25$$

Onde:

V = volume em litros;

N = número de unidades;

d = número de dias de reserva (recomendado e adotado 2 dias);

C = consumo diário em litros/dia, sendo:

1 quarto → C=400

2 quartos → C=600

3 quartos → C=800

4 quartos ou mais → C=1.000

Sendo assim, para o sublote médio e para os três cenários de vazão, temos:

$$V = N * C * d * 0,25, \text{ sendo:}$$

N = 1 unidade

C = 800 (3 quartos)

D = 2 dias

$$\text{Portanto: } V = 1 * 800 * 2 * 0,25$$

$$V = 400 \text{ litros}$$

Porém, como estabelecido pelo decreto, utiliza-se volume mínimo de 500L. Esse volume, pelo decreto, se aplica aos três cenários de vazão, visto que a variável é apenas o número de quartos.

### 3.4.3 Volume do reservatório (2): escolha do método da norma (NBR 15.527/2007)

A NBR 15.527/2007 apresenta os seguintes métodos: Rippl, Simulação, Australiano, Azevedo Neto, Prático Inglês e Prático Alemão. Neste tópico foi feita a escolha de um dos métodos da norma.

Segundo Dornelles (2012) os métodos práticos citados pela norma são os que apresentam maiores limitações, visto que adotam relações de simples proporcionalidade entre a precipitação e o volume do reservatório, fazendo com que estes não avaliem o comportamento sazonal da precipitação. Porém, estes são os métodos mais fáceis e por serem sugeridos pela norma, são provavelmente os mais utilizados.

Ainda, além dos seis métodos propostos pela norma, o método pelo período provável de dias sem chuvas, também é muito difundido. Este método, de acordo com Dornelles (2012), apresenta limitações quanto à necessidade de dados de precipitação diária em um tempo suficiente para obter representatividade estatística. Para Palla, Gnecco e Lanza (2011), 30 anos de registros diários são suficientes para permitir uma avaliação adequada do desempenho do sistema de aproveitamento de água da chuva, enquanto armazenamento e extravasão da água no reservatório. Segundo Dornelles (2012), o método da simulação é o mais indicado para o dimensionamento do reservatório, pois fornece índices de desempenho

como o nível de atendimento a demanda e percentuais de extravasamento, mesmo sendo o mais trabalhoso.

Para a escolha do método a ser utilizado neste trabalho, foram testados os seis métodos propostos pela norma para o sublote médio, para os três cenários de vazão. Para este dimensionamento, dados de chuvas médias mensais de 1982 a 2007 foram utilizados. Os dimensionamentos podem ser observados a seguir.

a) Método Rippl:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C * \text{precipitação de chuva}_{(t)} * \text{área de captação}$$

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

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

Onde:

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

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

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

V = volume no reservatório;

C = coeficiente de escoamento superficial.

As Tabelas 9, 10 e 11 apresentam o dimensionamento para o método de Rippl para os três cenários de demanda.

Tabela 9: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl - Cenário 1.

Meses	Chuva Mensal Média	Demanda Mensal	Área de Coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de Chuva Mensal (m <sup>3</sup> )	Demanda(m <sup>3</sup> ) - Volume de Chuva	Volume de Água no Reservatório
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	C	Q (m <sup>3</sup> ) = C x I x A	S (m <sup>3</sup> ) = D - Q	D - Q > 0 (m <sup>3</sup> )
Janeiro	189,31	0,87	100,94	0,85	16,24	-15,38	0,00
Fevereiro	165,53	0,87	100,94	0,85	14,20	-13,34	0,00
Março	134,99	0,87	100,94	0,85	11,58	-10,72	0,00
Abril	84,15	0,87	100,94	0,85	7,22	-6,35	0,00
Maió	111,11	0,87	100,94	0,85	9,53	-8,67	0,00
Junho	90,87	0,87	100,94	0,85	7,80	-6,93	0,00
Julho	98,56	0,87	100,94	0,85	8,46	-7,59	0,00
Agosto	70,40	0,87	100,94	0,85	6,04	-5,17	0,00
Setembro	142,59	0,87	100,94	0,85	12,23	-11,37	0,00
Outubro	133,33	0,87	100,94	0,85	11,44	-10,57	0,00
Novembro	115,14	0,87	100,94	0,85	9,88	-9,01	0,00
Dezembro	147,26	0,87	100,94	0,85	12,63	-11,77	0,00
Total	1483,23	10,38			127,26		0,00
Número dias que haverá suprimento com água de chuva:				0	Volume do reservatório	(m <sup>3</sup> )	litros
						0,00	0,00



Tabela 10: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl - Cenário 2.

Meses	Chuva Mensal Média	Demanda Mensal	Área de Coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de Chuva Mensal (m <sup>3</sup> )	Demanda(m <sup>3</sup> ) - Volume de Chuva	Volume de Água no Reservatório
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	C	Q (m <sup>3</sup> ) = C x I x A	S (m <sup>3</sup> ) = D - Q	D - Q > 0 (m <sup>3</sup> )
Janeiro	189,31	1,73	100,94	0,85	16,24	-14,51	0,00
Fevereiro	165,53	1,73	100,94	0,85	14,20	-12,47	0,00
Março	134,99	1,73	100,94	0,85	11,58	-9,85	0,00
Abril	84,15	1,73	100,94	0,85	7,22	-5,49	0,00
Mai	111,11	1,73	100,94	0,85	9,53	-7,80	0,00
Junho	90,87	1,73	100,94	0,85	7,80	-6,07	0,00
Julho	98,56	1,73	100,94	0,85	8,46	-6,73	0,00
Agosto	70,40	1,73	100,94	0,85	6,04	-4,31	0,00
Setembro	142,59	1,73	100,94	0,85	12,23	-10,50	0,00
Outubro	133,33	1,73	100,94	0,85	11,44	-9,71	0,00
Novembro	115,14	1,73	100,94	0,85	9,88	-8,15	0,00
Dezembro	147,26	1,73	100,94	0,85	12,63	-10,90	0,00
Total	1483,23	20,76			127,26		0,00
Número dias que haverá suprimento com água de chuva:				0	Volume do reservatório	(m <sup>3</sup> )	litros
						0,00	0,00

Tabela 11: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl - Cenário 3.

Meses	Chuva Mensal Média	Demanda Mensal	Área de Coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de Chuva Mensal (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> ) - Volume de Chuva	Volume de Água no Reservatório
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	C	Q (m <sup>3</sup> ) = C x I x A	S (m <sup>3</sup> ) = D - Q	D - Q > 0 (m <sup>3</sup> )
Janeiro	189,31	6,23	100,94	0,85	16,24	-10,01	0,00
Fevereiro	165,53	6,23	100,94	0,85	14,20	-7,97	0,00
Março	134,99	6,23	100,94	0,85	11,58	-5,35	0,00
Abril	84,15	6,23	100,94	0,85	7,22	-0,99	0,00
Mai	111,11	6,23	100,94	0,85	9,53	-3,30	0,00
Junho	90,87	6,23	100,94	0,85	7,80	-1,57	0,00
Julho	98,56	6,23	100,94	0,85	8,46	-2,23	0,00
Agosto	70,40	6,23	100,94	0,85	6,04	0,19	0,19
Setembro	142,59	6,23	100,94	0,85	12,23	-6,00	0,00
Outubro	133,33	6,23	100,94	0,85	11,44	-5,21	0,00
Novembro	115,14	6,23	100,94	0,85	9,88	-3,65	0,00
Dezembro	147,26	6,23	100,94	0,85	12,63	-6,40	0,00
Total	1483,23	74,76			127,26		0,19
Número dias que haverá suprimento com água de chuva:				1	Volume do reservatório	(m <sup>3</sup> )	litros
						0,19	190,48

Como pode ser observado o método de Rippl dimensiona o volume do reservatório como sendo a soma das demandas subtraídas dos volumes de chuva aproveitável no tempo estudado, somente quando esses valores são positivos. Porém, como o volume de chuva aproveitável, no cenário das demandas estabelecidas, geralmente é maior que a demanda, os volumes de água nos reservatórios nos tempos estabelecidos são, na maioria dos casos,

menores que zero. Portanto esse é um método de dimensionamento que não se aplica para pequenas demandas e não foi utilizado neste trabalho.

b) Método de Azevedo Neto:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

Onde:

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em mm (entre os anos de 1982 e 2007);

A = área de coleta em projeção, expresso em m<sup>2</sup>;

T = o número de meses de pouca chuva ou seca (foi considerado 1);

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros.

Sendo assim, para os três cenários de vazão do sublote médio, temos os resultados apresentados na Tabela 12:

Tabela 12: Volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto - Cenários 1, 2 e 3.

Precipitação anual média - P (mm)	Área de coleta - A (m <sup>2</sup> )	Número de meses com pouca chuva - T	Volume do reservatório	litros	(m <sup>3</sup> )
1483,23	100,94	1	$V = 0,042 \times P \times A \times T$	6288,11	6,29

Como pode ser observado, o método de Azevedo Neto não considera, no dimensionamento do reservatório, a demanda de água. Sendo assim, para os três cenários de vazão o volume apresentado é o mesmo. Por esse motivo, utilizando a água da chuva apenas para rega de jardim, por exemplo, o reservatório de água de chuva fica superdimensionado. Desta forma, esse método não foi utilizado neste trabalho.

c) Método Prático Inglês:

$$V = 0,05 * P * A$$

Onde:

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

A = área de coleta em projeção, expresso em m<sup>2</sup>;

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros.

Assim como o método de Azevedo Neto, o método prático inglês não considera a demanda no dimensionamento do volume do reservatório. Sendo assim, a Tabela 13 apresenta o dimensionamento do sublote médio, para os três cenários de demanda. Desta forma, não foi utilizado o método prático inglês neste trabalho.

Tabela 13: Dimensionamento do reservatório pelo método prático inglês - Cenários 1, 2 e 3.

Precipitação anual média - P (mm)	Área de coleta - A (m <sup>2</sup> )	Volume do reservatório	Litros	m <sup>3</sup>
1483,23	100,94	$V = 0,05 \times P \times A$	7485,85	7,49

## d) Método Prático Alemão:

É um método empírico, onde se adota o menor valor do volume do reservatório que é 6% do volume anual do consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{adotado} = \text{mín.} (V, D) * 0,06$$

Onde:

V = valor numérico do volume de chuva aproveitável em um ano, expresso em litros;

D = valor numérico da demanda anual de água não potável, expresso em litros;

$V_{adotado}$  = é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros.

As tabelas 14, 15 e 16 apresentam o dimensionamento dos reservatórios para os três cenários de vazão, para o sublote médio.

Tabela 14: Dimensionamento do Reservatório pelo Método Prático Alemão - Cenário 1.

Volume anual de consumo - D (litros)	Volume anual de chuva aproveitável - V (litros)	Volume do reservatório	litros	(m <sup>3</sup> )
10.526,60	108.170,70	$V = \text{mín} (V ; D) * 0,06$	631,60	0,63

Tabela 15: Dimensionamento do Reservatório pelo Método Prático Alemão - Cenário 2.

Volume anual de consumo - D (litros)	Volume anual de chuva aproveitável - V (litros)	Volume do reservatório	litros	(m <sup>3</sup> )
21.053,20	108.170,70	$V = \text{mín} (V ; D) * 0,06$	1263,19	1,26

Tabela 16: Dimensionamento do Reservatório pelo Método Prático Alemão - Cenário 3.

Volume anual de consumo - D (litros)	Volume anual de chuva aproveitável - V (litros)	Volume do reservatório	litros	(m <sup>3</sup> )
75.803,20	108.170,70	$V = \text{mín} (V ; D) * 0,06$	4548,19	4,55

Dentre os métodos práticos, o Prático Alemão apresenta uma característica importante ao utilizar o mínimo valor entre volume anual de chuva aproveitado e volume anual de demanda. Com isso, caso a demanda seja muito grande e a área de captação ou índice pluviométrico não consiga atender a esta demanda, o reservatório não fica superdimensionado. Da mesma maneira, caso haja muita disponibilidade de captação de água de chuva, mas a demanda seja muito pequena, sem a necessidade de armazenamento de uma quantidade muito grande de água, o reservatório também é adequadamente dimensionado. Sendo assim, por apresentar esta característica, o volume do reservatório encontrado neste método foi testado nos métodos da Simulação e Australiano, a fim de que pudessem ser verificadas a confiança e a eficiência do sistema.

A confiança é estabelecida como a relação entre o período em que o reservatório atende à demanda (não precisa ser abastecido com outra fonte de água) e o período total investigado, que são 12 meses para este estudo de caso. Além da confiança, verificou-se a eficiência do sistema, como sendo a relação do volume de chuva captada e o volume de chuva realmente utilizado, ou seja, o volume que não transbordou. (Bezzerra *et. al*, 2010, p. 225)

A seguir são apresentados os resultados obtidos nestes métodos.

e) Método da Simulação:

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

$$Q_{(t)} = C * \text{precipitação de chuva}_{(t)} * \text{área de captação}$$

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

Onde:

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

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

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

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

V = volume do reservatório fixado;

C = coeficiente de escoamento superficial.

Para esse cálculo foram consideradas duas hipóteses: que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo t e que está vazio no início da contagem do tempo t.

Para o Cenário 1, o resultado do Método Prático Alemão para o volume do reservatório foi de 631,60L. Sendo assim, foi adotado reservatório de 500L ou 0,5m<sup>3</sup> e a verificação da confiança e eficiência do sistema, considerando que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, pelo Método da Simulação é de 100% e 8,55%, respectivamente (TABELA 22). Isso significa que o reservatório atende a demanda 100% das vezes, mas que há bastante transbordamento de água do sistema.

O dimensionamento do Método Prático Alemão, para o Cenário 2 de demanda, foi de 1.263,19L e adotou-se um reservatório de 1.500L. Ao verificar a confiança e eficácia do sistema, obteve-se 100% e 17,50%. Pode-se observar que a confiança de 100% é mantida e quanto maior o consumo e, conseqüentemente, maior o reservatório, o transbordamento diminui, o que aumenta sua eficiência (TABELA 23).

No Cenário 3 foi adotado um volume de reservatório de 4.500L através do resultado do dimensionamento do Método Prático Alemão. Para este cenário a confiança foi mantida em 100% e a eficiência subiu para 62,29% (TABELA 24).

Tabela 17: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação - Cenário 1.

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do reservatório	Volume de água no Reservatório (T-1)	Volume de água no Reservatório (T)	Overflow	Suprimento
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	C	Q(m <sup>3</sup> ) = CxIx A	fixado - (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S(m <sup>3</sup> )=Q+S <sub>(t-1)</sub> -D	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Janeiro	189,31	0,87	100,94	0,85	16,24	0,50	0,00	0,50	14,88	0,00
Fevereiro	165,53	0,87	100,94	0,85	14,20	0,50	0,50	0,50	13,34	0,00
Março	134,99	0,87	100,94	0,85	11,58	0,50	0,50	0,50	10,72	0,00
Abril	84,15	0,87	100,94	0,85	7,22	0,50	0,50	0,50	6,35	0,00
Mai	111,11	0,87	100,94	0,85	9,53	0,50	0,50	0,50	8,67	0,00
Junho	90,87	0,87	100,94	0,85	7,80	0,50	0,50	0,50	6,93	0,00
Julho	98,56	0,87	100,94	0,85	8,46	0,50	0,50	0,50	7,59	0,00
Agosto	70,40	0,87	100,94	0,85	6,04	0,50	0,50	0,50	5,17	0,00
Setembro	142,59	0,87	100,94	0,85	12,23	0,50	0,50	0,50	11,37	0,00
Outubro	133,33	0,87	100,94	0,85	11,44	0,50	0,50	0,50	10,57	0,00
Novembro	115,14	0,87	100,94	0,85	9,88	0,50	0,50	0,50	9,01	0,00
Dezembro	147,26	0,87	100,94	0,85	12,63	0,50	0,50	0,50	11,77	0,00
Total	1483,23	10,38			127,26				116,38	
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda					0	Confiança do sistema (%)		100,00%	Eficiência do sistema (%)	8,55%

Tabela 18: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação - Cenário 2 (continua).

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do reservatório	Volume de água no Reservatório (T-1)	Volume de água no Reservatório (T)	Overflow	Suprimento
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	C	Q(m <sup>3</sup> ) = CxIx A	fixado - (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S(m <sup>3</sup> )=Q+S <sub>(t-1)</sub> -D	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Janeiro	189,31	1,73	100,94	0,85	16,24	1,50	0,00	1,50	13,01	0,00
Fevereiro	165,53	1,73	100,94	0,85	14,20	1,50	1,50	1,50	12,47	0,00
Março	134,99	1,73	100,94	0,85	11,58	1,50	1,50	1,50	9,85	0,00
Abril	84,15	1,73	100,94	0,85	7,22	1,50	1,50	1,50	5,49	0,00
Mai	111,11	1,73	100,94	0,85	9,53	1,50	1,50	1,50	7,80	0,00
Junho	90,87	1,73	100,94	0,85	7,80	1,50	1,50	1,50	6,07	0,00
Julho	98,56	1,73	100,94	0,85	8,46	1,50	1,50	1,50	6,73	0,00
Agosto	70,40	1,73	100,94	0,85	6,04	1,50	1,50	1,50	4,31	0,00
Setembro	142,59	1,73	100,94	0,85	12,23	1,50	1,50	1,50	10,50	0,00

Tabela 18: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação - Cenário 2 (conclusão).

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do reservatório	Volume de água no Reservatório (T-1)	Volume de água no Reservatório (T)	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento (m <sup>3</sup> )
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	C	Q(m <sup>3</sup> ) = CxIx A	fixado - (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S(m <sup>3</sup> )=Q+S <sub>(t-1)</sub> -D		
Outubro	133,33	1,73	100,94	0,85	11,44	1,50	1,50	1,50	9,71	0,00
Novembro	115,14	1,73	100,94	0,85	9,88	1,50	1,50	1,50	8,15	0,00
Dezembro	147,26	1,73	100,94	0,85	12,63	1,50	1,50	1,50	10,90	0,00
Total	1483,23	20,76			127,26				104,99	
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda					0	Confiança do sistema (%)		100,00%	Eficiência do sistema (%)	17,50%

Tabela 19: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação - Cenário 3.

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do reservatório	Volume de água no Reservatório (T-1)	Volume de água no Reservatório (T)	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento (m <sup>3</sup> )
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	C	Q(m <sup>3</sup> ) = CxIx A	fixado - (m <sup>3</sup> )	S <sub>(t-1)</sub> (m <sup>3</sup> )	S(m <sup>3</sup> )=Q+S <sub>(t-1)</sub> -D		
Janeiro	189,31	6,23	100,94	0,85	16,24	4,50	0,00	4,50	5,51	0,00
Fevereiro	165,53	6,23	100,94	0,85	14,20	4,50	4,50	4,50	7,97	0,00
Março	134,99	6,23	100,94	0,85	11,58	4,50	4,50	4,50	5,35	0,00
Abril	84,15	6,23	100,94	0,85	7,22	4,50	4,50	4,50	0,99	0,00
Mai	111,11	6,23	100,94	0,85	9,53	4,50	4,50	4,50	3,30	0,00
Junho	90,87	6,23	100,94	0,85	7,80	4,50	4,50	4,50	1,57	0,00
Julho	98,56	6,23	100,94	0,85	8,46	4,50	4,50	4,50	2,23	0,00
Agosto	70,40	6,23	100,94	0,85	6,04	4,50	4,50	4,31	0,00	0,00
Setembro	142,59	6,23	100,94	0,85	12,23	4,50	4,31	4,50	5,81	0,00
Outubro	133,33	6,23	100,94	0,85	11,44	4,50	4,50	4,50	5,21	0,00
Novembro	115,14	6,23	100,94	0,85	9,88	4,50	4,50	4,50	3,65	0,00
Dezembro	147,26	6,23	100,94	0,85	12,63	4,50	4,50	4,50	6,40	0,00
Total	1483,23	74,76			127,26				47,99	
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda					0	Confiança do sistema (%)		100,00%	Eficiência do sistema (%)	62,29%

## f) Método Australiano:

O volume de água da chuva é:

$$Q = A * C * (P - I)$$

Onde:

Q = Volume mensal produzido pela chuva;

A = Área de coleta;

C = Coeficiente de escoamento superficial (utilizado 0,8);

P = Precipitação Média Mensal;

I = Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (adotado 2mm)

O cálculo do volume do reservatório é feito por tentativas:

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}$$

Onde:

$Q_{(t)}$  = volume mensal produzido pela chuva no mês t;

$V_{(t)}$  = volume de água que está no tanque no fim do mês t;

$V_{(t-1)}$  = volume de água que está no tanque no início do mês t;

$D_{(t)}$  = demanda mensal.

Sendo que no primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

O cálculo da confiança se dá através da fórmula:

$$\text{Confiança} = (1 - P_r),$$

Sendo que:

$$P_r = N_r / N$$

Onde:

$P_r$  = falha;

$N_r$  = número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda ( $V_{(t)} = 0$ )

N = número de meses (considerado 12 meses).

No dimensionamento do Método Australiano foram obtidos resultados semelhantes ao Método da Simulação para os três cenários de vazão, para o sublote médio, como pode ser observado nas Tabelas 20, 21 e 22.

Tabela 20: Dimensionamento do reservatório pelo Método Australiano - Cenário 1.

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Perdas por evaporação	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Overflow	Suprimento	
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	I (mm)	C	Q(m <sup>3</sup> )=AxCx(P-I)	fixado - (m <sup>3</sup> )	(T-1) (m <sup>3</sup> )	(T) (m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
Janeiro	189,31	0,87	100,94	2,00	0,85	16,07	0,50	0,00	0,50	14,71	0,00	
Fevereiro	165,53	0,87	100,94	2,00	0,85	14,03	0,50	0,50	0,50	13,17	0,00	
Março	134,99	0,87	100,94	2,00	0,85	11,41	0,50	0,50	0,50	10,55	0,00	
Abril	84,15	0,87	100,94	2,00	0,85	7,05	0,50	0,50	0,50	6,18	0,00	
Mai	111,11	0,87	100,94	2,00	0,85	9,36	0,50	0,50	0,50	8,50	0,00	
Junho	90,87	0,87	100,94	2,00	0,85	7,62	0,50	0,50	0,50	6,76	0,00	
Julho	98,56	0,87	100,94	2,00	0,85	8,28	0,50	0,50	0,50	7,42	0,00	
Agosto	70,40	0,87	100,94	2,00	0,85	5,87	0,50	0,50	0,50	5,00	0,00	
Setembro	142,59	0,87	100,94	2,00	0,85	12,06	0,50	0,50	0,50	11,20	0,00	
Outubro	133,33	0,87	100,94	2,00	0,85	11,27	0,50	0,50	0,50	10,40	0,00	
Novembro	115,14	0,87	100,94	2,00	0,85	9,71	0,50	0,50	0,50	8,84	0,00	
Dezembro	147,26	0,87	100,94	2,00	0,85	12,46	0,50	0,50	0,50	11,60	0,00	
Total	1483,23	10,38				125,20				114,32		
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda						0	Confiança do sistema (%)	100,00%	Eficiência do sistema (%)	8,69%		

Tabela 21: Dimensionamento do reservatório pelo Método Australiano - Cenário 2 (continua).

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Perdas por evaporação	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Overflow	Suprimento
	I (mm)	D (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	I (mm)	C	Q(m <sup>3</sup> )=AxCx(P-I)	fixado - (m <sup>3</sup> )	(T-1) (m <sup>3</sup> )	(T) (m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Janeiro	189,31	1,73	100,94	2,00	0,85	16,07	1,50	0,00	1,50	12,84	0,00
Fevereiro	165,53	1,73	100,94	2,00	0,85	14,03	1,50	1,50	1,50	12,30	0,00
Março	134,99	1,73	100,94	2,00	0,85	11,41	1,50	1,50	1,50	9,68	0,00
Abril	84,15	1,73	100,94	2,00	0,85	7,05	1,50	1,50	1,50	5,32	0,00
Mai	111,11	1,73	100,94	2,00	0,85	9,36	1,50	1,50	1,50	7,63	0,00
Junho	90,87	1,73	100,94	2,00	0,85	7,62	1,50	1,50	1,50	5,89	0,00
Julho	98,56	1,73	100,94	2,00	0,85	8,28	1,50	1,50	1,50	6,55	0,00
Agosto	70,40	1,73	100,94	2,00	0,85	5,87	1,50	1,50	1,50	4,14	0,00



Tabela 21: Dimensionamento do reservatório pelo Método Australiano - Cenário 2 (conclusão).

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Perdas por evaporação	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Overflow	Suprimento
	I (mm)	D (m3)	A (m2)	I (mm)	C	Q(m <sup>3</sup> )=AxCx(P-I)	fixado - (m <sup>3</sup> )	(T-1) (m3)	(T) (m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Setembro	142,59	1,73	100,94	2,00	0,85	12,06	1,50	1,50	1,50	10,33	0,00
Outubro	133,33	1,73	100,94	2,00	0,85	11,27	1,50	1,50	1,50	9,54	0,00
Novembro	115,14	1,73	100,94	2,00	0,85	9,71	1,50	1,50	1,50	7,98	0,00
Dezembro	147,26	1,73	100,94	2,00	0,85	12,46	1,50	1,50	1,50	10,73	0,00
Total	1483,23	20,76				125,20				102,94	
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda						0	Confiança do sistema (%)	100,00%	Eficiência do sistema (%)	17,78%	

Tabela 22: Dimensionamento do reservatório pelo Método Australiano - Cenário 3.

Meses	Chuva Mensal Média (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Coleta (m <sup>2</sup> )	Perdas por evaporação	Coef. de Runoff	Volume de Chuva Mensal (mm)	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Volume do Reserv.	Overflow	Suprimento
	I (mm)	D (m3)	A (m2)	I (mm)	C	Q(m <sup>3</sup> )=AxCx(P-I)	fixado - (m <sup>3</sup> )	(T-1) (m3)	(T) (m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Janeiro	189,31	6,23	100,94	2,00	0,85	16,07	4,50	0,00	4,50	5,34	0,00
Fevereiro	165,53	6,23	100,94	2,00	0,85	14,03	4,50	4,50	4,50	7,80	0,00
Março	134,99	6,23	100,94	2,00	0,85	11,41	4,50	4,50	4,50	5,18	0,00
Abril	84,15	6,23	100,94	2,00	0,85	7,05	4,50	4,50	4,50	0,82	0,00
Mai	111,11	6,23	100,94	2,00	0,85	9,36	4,50	4,50	4,50	3,13	0,00
Junho	90,87	6,23	100,94	2,00	0,85	7,62	4,50	4,50	4,50	1,39	0,00
Julho	98,56	6,23	100,94	2,00	0,85	8,28	4,50	4,50	4,50	2,05	0,00
Agosto	70,40	6,23	100,94	2,00	0,85	5,87	4,50	4,50	4,14	0,00	0,00
Setembro	142,59	6,23	100,94	2,00	0,85	12,06	4,50	4,14	4,50	5,47	0,00
Outubro	133,33	6,23	100,94	2,00	0,85	11,27	4,50	4,50	4,50	5,04	0,00
Novembro	115,14	6,23	100,94	2,00	0,85	9,71	4,50	4,50	4,50	3,48	0,00
Dezembro	147,26	6,23	100,94	2,00	0,85	12,46	4,50	4,50	4,50	6,23	0,00
Total	1483,23	74,76				125,20				45,94	
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda						0	Confiança do sistema (%)	100,00%	Eficiência do sistema (%)	63,31%	

Portanto, para o dimensionamento do volume do reservatório, o Método Prático Alemão demonstrou uma boa confiança do sistema, ou seja, atende a demanda solicitada, com dados mensais. Tanto a confiança quanto a eficiência do sistema (que se mostrou baixa), serão testadas através do dimensionamento com dados diários de chuva, visto que esses dois métodos demonstrados utilizam dados mensais o que pode não corresponder à realidade.

Além disso, o dimensionamento foi feito para a soma de todos os sublotes pelo Método Prático Alemão e pela fórmula do Decreto 293/2006, sendo o resultado do volume a soma de cada volume adotado em cada sublote (APÊNDICE D).

#### 3.4.4 Volume do reservatório (3): sugestão de um coeficiente para o Método Prático Alemão

Imteaz *et al.* (2012) fizeram uma análise do volume do reservatório a partir de dados diários de chuva no sudoeste da Nigéria, a fim de encontrar um volume ótimo do reservatório, levando em consideração a área do telhado, o fator de captação, o transbordamento do tanque, o volume de armazenamento disponível e a demanda de água da chuva. Ao comparar com uma análise anterior, utilizando dados de precipitação média mensal, verificaram um volume superestimado para este último dimensionamento, justificando o uso de dados diários de precipitação.

Avaliando os resultados obtidos com o Método Prático Alemão para a região de Curitiba e considerando que o valor fixo do múltiplo pelo mínimo entre demanda e volume aproveitável seja de 6% buscou-se uma comparação entre este valor e o método estatístico do número consecutivo de dias sem chuva.

Neste último, segundo Giacchini e Andrade (2011) e o volume do reservatório é dado pela equação:

$$V_r = \sum D \times N$$

Onde:

$\sum D$  = somatório da demanda de água em 1 ano

$N$  = número anual médio de dias sem chuva

Como o Método Prático Alemão também utiliza dados anuais de demanda ou volume de chuva aproveitável, pode-se concluir que 6% do número de dias do ano (365) equivale à aproximadamente 22 dias.

Gomes, Weber e Delong (2010), através da estação pluviométrica localizada no centro politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), avaliaram os dados diários de chuva de 1889 a 2005, sendo que alguns anos foram descartados devido à falta de dados, totalizando 102 anos de observação. A análise do conjunto de dados mostrou um número máximo anual de dias consecutivos sem chuva variando entre 13 dias e 51 dias, com um valor médio de 22 dias, ou seja, aproximadamente 6% dos dias do ano. A distribuição da frequência amostral permitiu estimar números máximos anuais de dias consecutivos sem chuva de aproximadamente 26, 30 e 35 dias para os tempos de retorno de 5, 10 e 20 anos, respectivamente.

Sendo assim, com o objetivo de encontrar uma equação de fácil utilização e que obtivesse melhores resultados de confiança e eficiência dos sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares residenciais, para a cidade de Curitiba, a união do Método Prático Alemão e do método estatístico do número de dias sem chuvas tornou-se atrativo. A Tabela 23 apresenta a média dos dias consecutivos sem chuva em Curitiba, para a série estudada.

Tabela 23: Número consecutivo de dias sem chuvas - estação Simepar

Ano	Número máximo de dias consecutivos sem chuva
1997	13
1998	16
1999	13
2000	17
2001	14
2002	14
2003	18
2004	33
2005	14
2006	17
2007	38
2008	28
2009	10
2010	23
2011	21
2012	25
2013	13
Média	19,24

Sendo assim, utilizando os dados da série estudada na cidade de Curitiba, sugere-se que a fórmula definida pelo método prático alemão seja adaptada para a equação:

$$V_{adotado} = mín. (V, D) * K$$

Onde K equivale a média dos dias consecutivos sem chuva.

Ou seja, pelo método sugerido para a série estudada  $K=0,054$  (19,24 dias em 365). Com isso, ao se utilizar a demanda, quando esta for a menor, o reservatório supre aproximadamente 19 dias de demanda, sem a necessidade de chover. Tendo como premissa que a demanda não pode ser muito maior que a disponibilidade hídrica para um dimensionamento eficiente, ao utilizar o volume aproveitável ao invés da demanda, por este ser o menor valor entre os dois, deve-se tomar cuidado para não adotar uma demanda demasiadamente grande como concepção do projeto, objetivando que a confiança do sistema continue sendo alta (acima de 80%).

Por esse motivo, definiu-se como condição da utilização deste método que a demanda seja menor ou igual a 1,25 vezes o valor do volume de chuva aproveitável. Para chegar neste resultado foram utilizados dados anuais de precipitação, volume de chuva aproveitável e demanda, como pode ser verificado nas Tabelas 24 e 25.

Tabela 24: Volume anual de chuva aproveitável

Precipitação anual média (mm)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Coef. de Runoff	Fator de captação	Volume de chuva aproveitável – Vapr. (L/ano)
1.483,23	100,94	0,85	0,85	108.170,70

Tabela 25: Condição de utilização da fórmula

Condição	Demanda anual D (L/ano)	Confiança do sistema (%)
D = 1,05 x Vapr.	113.579,24	95,24%
D = 1,10 x Vapr.	118.987,77	90,91%
D = 1,15 x Vapr.	124.396,31	86,96%
D = 1,20 x Vapr.	129.804,84	83,33%
D = 1,25 x Vapr.	135.213,38	80,00%
D = 1,30 x Vapr.	140.621,91	76,92%
D = 1,35 x Vapr.	146.030,45	74,07%
D = 1,40 x Vapr.	151.438,98	71,43%
D = 1,45 x Vapr.	156.847,52	68,97%
D = 1,50 x Vapr.	162.256,05	66,67%
D = 1,55 x Vapr.	167.664,59	64,52%
D = 1,60 x Vapr.	173.073,13	62,50%
D = 1,65 x Vapr.	178.481,66	60,61%
D = 1,70 x Vapr.	183.890,20	58,82%
D = 1,75 x Vapr.	189.298,73	57,14%
D = 1,80 x Vapr.	194.707,27	55,56%
D = 1,85 x Vapr.	200.115,80	54,05%
D = 1,90 x Vapr.	205.524,34	52,63%
D = 1,95 x Vapr.	210.932,87	51,28%
D = 2,0 x Vapr.	216.341,41	50,00%

Sendo assim, esta condição foi definida para que o sistema apresente confiança mínima de 80%, ou seja, atenda a demanda em 80% das vezes. Caso a demanda seja maior que 1,25 vezes o volume de chuva aproveitável, sugere-se que seja reajustada, buscando outras fontes de água, como o reuso de águas cinzas, por exemplo, para uma parcela da água não potável utilizada.

Esta sugestão de um método de dimensionamento será testado para os cenários de demanda estipulados anteriormente. Como a série histórica estudada por Gomes, Weber e Delong (2010) possui mais tempo de dados e apresentou um valor médio de 22 dias consecutivos sem chuvas (6%), foi possível fazer a comparação, caso este dado seja diminuído para aproximadamente 19. Também foi possível fazer a comparação, aplicando este método para os tempos de retorno de dias consecutivos sem chuva de 5, 10 e 20 anos apresentado pelos autores como sendo 26, 30 e 35 dias.

#### 3.4.5 Volume aproveitado e extravasado

O volume aproveitado está relacionado com o volume resultante armazenado e com a demanda total. Se o volume resultante armazenado for maior que a demanda total, então o volume aproveitado é igual à demanda total, que pode ser do cenário 1, 2 ou 3. Caso contrário, o volume aproveitado é igual ao volume resultante armazenado.

Esse volume resultante armazenado está relacionado com o volume de água do reservatório e o volume de chuva aproveitável. Se o volume de água já reservado no reservatório somado ao volume de chuva aproveitável for maior que o volume do reservatório, então o volume resultante armazenado é igual ao volume do reservatório. Se a soma for menor que o volume do reservatório, então o volume resultante armazenado é igual a essa soma.

O volume extravasado é o volume de chuva aproveitada que não é possível de ser armazenado, em casos de chuva excessiva ou quando o reservatório está cheio.

O dimensionamento dos volumes é feito através de tabelas, onde pode-se lançar todos os dados já esclarecidos.

#### 3.4.6 Eficiência e Confiança do Sistema

Como foi explicado por Bezzerra et. al. (2010) a eficiência está relacionada com o volume de água que não extravasa e a confiança com o período em que a demanda é atendida.

Neste estudo a confiança do sistema é ainda relacionada com a demanda, mas representa qual é o percentual de demanda atendida em um dia. Da mesma forma a eficiência é tratada diariamente.

A confiança do sistema é dada, portanto, por:

$$\text{Confiança (\%)} = \frac{\text{volume aproveitado}}{\text{demanda total}} \times 100$$

E a eficiência é:

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{volume de chuva aproveitável} - \text{volume extravasado}}{\text{volume de chuva aproveitável}} \times 100$$

No Apêndice E, pode-se verificar o a confiança e eficiência do Cenário 3 de demanda, para o subote médio, com o dimensionamento do reservatório através do Método Prático Alemão e pelo Decreto 293/2006 de Curitiba. Esse mesmo dimensionamento também é feito para o somatório de todos os sublotes.

A Tabela 26 representa um exemplo da tabela de dimensionamento da confiança e eficiência do sistema para um dia de pouca chuva, para o subote médio, com o dimensionamento do volume do reservatório pelo Método Prático Alemão para o Cenário 3 de demanda.

Tabela 26: Dimensionamento da confiança e eficiência do sistema - Sublote Médio - Cenário 3 - Método Prático Alemão

Área de Cobertura (m <sup>2</sup> )	Demanda Total (L/dia)	Vol. do Reservatório (L)	Vol. Reservado (L) (Antes da chuva)	Chuva Diária (mm)	Coef. de Runoff	Fator de Captação
$A$	$D = D_{TJ} + D_{LP} + D_{BS}$	$V = \min(D; V_{apr.})$	$V_i$	$P$	$C$	$n$
100,94	207,61	4.500	0	0,2	0,85	0,85

Volume de Chuva Aproveitável (L/dia)	Volume Disponível no Reservatório (L)	Volume Resultante Armazenado (L)	Volume Aproveitado (L/dia)	Volume Extravasado (L/dia)	Confiança do Sistema (%)	Eficiência do Sistema (%)
$V_{apr.} = P \times A \times C \times n$	$V_d = V_r - V_i$	$V_{res.} = V_i + V_{apr.}$ ou $V_{res.} = V_r$ , se $V_{res.} > V_r$	$V_a = V_{res.}$ ou $V_a = D$ , se $V_{res.} > V_r$	$V_e = V_{apr.} - V_d - V_a$ Se $V_e < 0$ , então $V_e = 0$	$Conf. (%) = \frac{V_a}{D} \times 100$	$E (%) = \frac{V_{apr.} - V_e}{V_{apr.}} \times 100$
14,59	4.500	14,59	14,59	0	7%	100%

### 3.4.7 Volume escoado

O volume de chuva escoado representa todo o volume de água proveniente do escoamento superficial de pisos, calçadas, ruas internas e áreas permeáveis. Esse é o volume de chuva que a NBR 15527/2007 sugere que não seja aproveitado, pois é carregado de poluição difusa e necessitaria de maior tratamento para obter a qualidade de água necessária para as demandas especificadas.

É calculado através da seguinte equação:

$$V_{esc.} = P \times A \times C$$

Sendo:

$V_{esc.}$ : Volume escoado diário (L/dia)

$P$ : Precipitação diária (mm)

$A$ : Área de coleta (m<sup>2</sup>)

$C$ : Coeficiente de escoamento superficial da superfície (adimensional)

Através do cálculo deste volume de chuva escoado, não utilizado no sistema de aproveitamento de água de chuva, somado ao volume de chuva extravasado do sistema, foi possível determinar, para este estudo de caso, o percentual de água de chuva que não é utilizado e que tem impacto na drenagem do condomínio e da cidade.

Além disso, ainda é feito o cálculo do volume de água de chuva que seria escoado dos telhados caso não fosse utilizado o sistema de aproveitamento de água de chuva.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 VOLUME DO RESERVATÓRIO

O volume do reservatório foi dimensionado para cada método resultando em valores diferentes dos disponíveis no mercado. Para tornar mais próxima da realidade, a análise foi feita para reservatórios comerciais. Por esse motivo os valores foram arredondados para uma variação de 500 em 500 litros que representam a maioria das marcas de reservatórios (TABELAS 27 E 28).

Tabela 27: Volume obtido para os reservatórios em cada método

Volume calculado para os reservatórios						
	Prático Alemão	Decreto 293	Sugerido 19 dias	Sugerido 26 dias	Sugerido 30 dias	Sugerido 35 dias
Cenário 1	631,60	500,00	568,44	747,39	863,18	1.010,55
Cenário 2	1.261,61	500,00	1.135,45	1.492,91	1.724,20	2.018,58
Cenário 3	4.546,61	500,00	4.091,95	5.380,16	6.213,70	7.274,58

Tabela 28: Volumes adotados para os reservatórios em cada método

Volume adotado para os reservatórios						
	Prático Alemão	Decreto 293	Sugerido 19 dias	Sugerido 26 dias	Sugerido 30 dias	Sugerido 35 dias
Cenário 1	500,00	500,00	500,00	500,00	1.000,00	1.000,00
Cenário 2	1.500,00	500,00	1.000,00	1.500,00	1.500,00	2.000,00
Cenário 3	4.500,00	500,00	4.000,00	5.500,00	6.000,00	7.500,00

A avaliação de cada método foi feita através do volume de água aproveitável, do volume de chuva extravasado e da confiança e eficiência do sistema. Porém, ao fazer a utilização de reservatórios comerciais na simulação, o resultado apresentou pouca diferença entre alguns dos métodos utilizados, dependendo do cenário de demanda. Com esses resultados foi possível obter o impacto do aproveitamento de água de chuva no consumo de água e na drenagem.

### 4.2 VOLUME DE ÁGUA APROVEITADO E CONFIANÇA DO SISTEMA

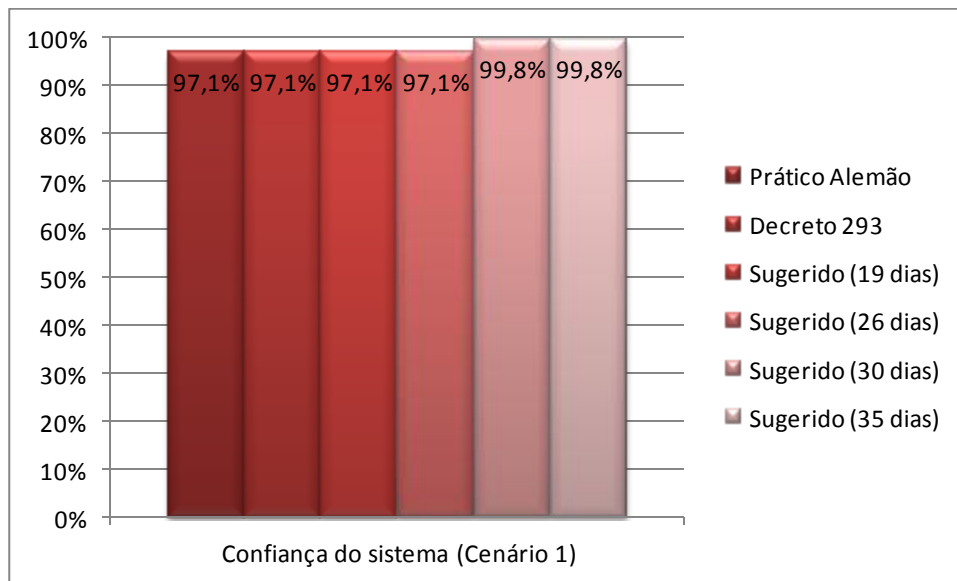
Para o cálculo da quantidade de água que pode ser substituída por água da chuva, utiliza-se a confiança do sistema, que representa o percentual de demanda que é realmente atendido. Esse cálculo foi feito para os três cenários de vazão e para os métodos de cálculo de volume utilizados neste trabalho.

De acordo com a ABNT NBR 5626 o consumo de água médio no Brasil por habitante é de 200 litros por dia. Considerando que para o sub lote médio foi adotado uma residência com 5 pessoas, o consumo total de água corresponde a 1.000 litros por dia. Sendo assim, cada cenário representa um percentual de consumo total de água a ser substituído por água da chuva, conforme Tabela 29.

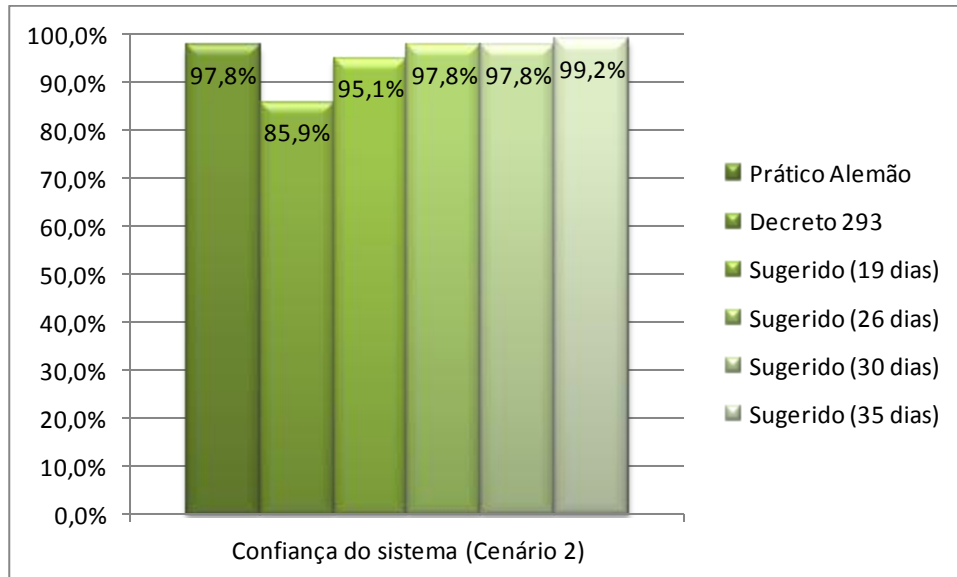
Tabela 29: Percentual de demanda de água não potável em cada cenário

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Demanda (L/dia)	28,84	57,61	207,61
% da demanda total (%)	2,88%	5,76%	20,76%

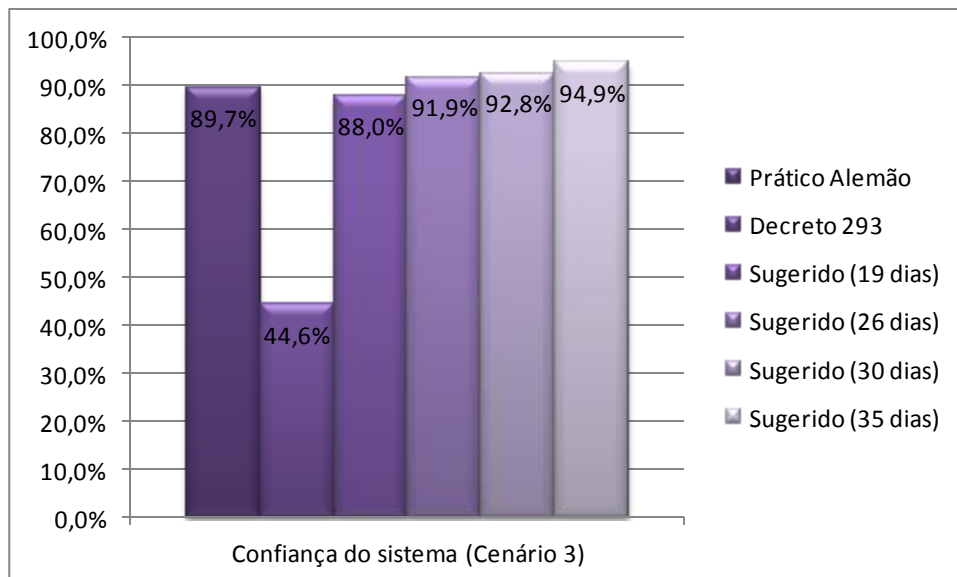
Ou seja, as demandas diárias dos cenários 1, 2 e 3 representam respectivamente 2,88%, 5,76% e 20,76%, do total da demanda de água da residência. Porém essa demanda nem sempre é atendida, dependendo do método utilizado para o cálculo do volume do reservatório. A demanda realmente atendida, portanto, depende da confiança de cada método e está representada nas Figuras 22, 23 e 24.



**Figura 22: Confiança do Sistema - sub lote médio - Cenário 1.**



**Figura 23: Confiança do Sistema - sublote médio - Cenário 2.**



**Figura 24: Confiança do Sistema - sublote médio - Cenário 3.**

Através dos gráficos, pôde-se observar que o maior percentual de demanda é oferecido pelo reservatório calculado através do método sugerido com o uso de 35 dias consecutivos sem chuva, ou seja, pelo maior reservatório. No Cenário 1, onde a demanda é menor, não há diferença entre os métodos Prático Alemão, Decreto 293 de Curitiba, Sugerido 19 dias e Sugerido 26 dias, visto que o dimensionamento dos reservatórios resultaram no mesmo volume adotado.

Entretanto, conforme a demanda cresceu nos cenários, o método do Decreto 293 de Curitiba, apresentou menores taxas de atendimento. Isto se deve ao fato de que o método do Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba não leva em consideração nem a demanda, nem os dados pluviométricos e área de cobertura no seu dimensionamento. Os gráficos demonstraram

que a confiança, para este método, vai decaindo de aproximadamente 97% no Cenário 1, para 86% no Cenário 2 e para 45% no Cenário 3. Ou seja, o volume do reservatório obtido para o cenário 3 é muito pequeno para a demanda, atendendo-a em apenas 45% das vezes.

Sendo assim, a demanda por água da chuva que é realmente atendida equivale a um percentual com relação ao total de água consumida, como pode ser observado na Tabela 30.

Tabela 30: Percentual de água a ser substituída por água da chuva

	Prático Alemão	Decreto 293	Sugerido 19 dias	Sugerido 26 dias	Sugerido 30 dias	Sugerido 35 dias
Cenário 1	2,80%	2,80%	2,80%	2,80%	2,88%	2,88%
Cenário 2	5,63%	4,95%	5,48%	5,63%	5,63%	5,71%
Cenário 3	18,62%	9,25%	18,27%	19,07%	19,26%	19,71%

Ou seja, quando a água da chuva é utilizada para os usos de lavagem de pisos, irrigação de jardim e bacias sanitárias, considerando uma residência unifamiliar para 5 pessoas, de aproximadamente 200m<sup>2</sup>, houve uma economia de aproximadamente 19% de água potável. Esse valor fica um pouco abaixo do estimado pelo Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo, que estima que essa substituição esteja próxima de 1/3. Isso se deve muito à estimativa do consumo de água para bacias sanitárias. Pelo estudo do programa citado, esse consumo equivale a aproximadamente 29% do consumo de água em uma residência. Essa estimativa está ligada ao número de habitantes da residência e ao tempo de permanência em casa. Entretanto isso não impede que cerca de 1/3 da água não possa ser substituída por água da chuva, visto que essa pode ser utilizada para outros fins não potáveis, como lavagem de veículos, máquina e tanque de lavar roupas, por exemplo.

Com relação à quantidade de água aproveitada, pode-se afirmar que para os dimensionamentos pelo Método Prático Alemão e pelo Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, a demanda foi atendida em uma parcela do tempo, sendo que o Método Prático Alemão atendeu mais vezes a demanda solicitada que o método do Decreto Municipal. Os gráficos dos cenários para os dois dimensionamentos representam a demanda atendida em função do tempo em dias (Figuras 25, 26 e 27).

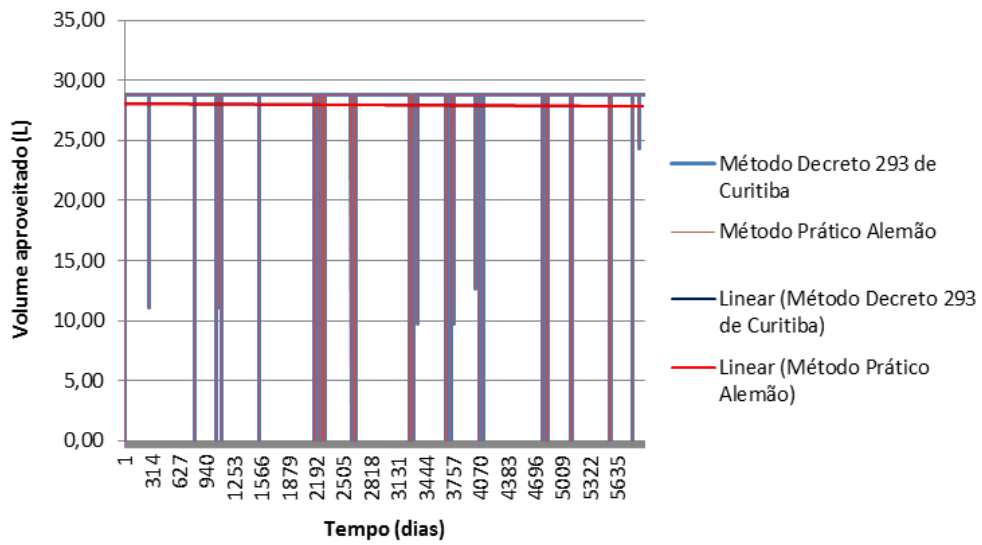


Figura 25: Volume aproveitado em função do tempo - Cenário 1

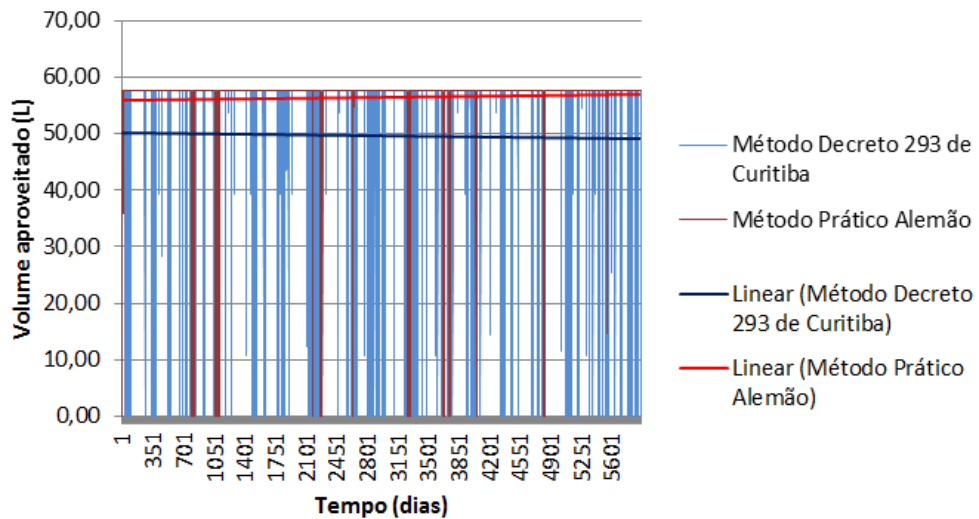


Figura 26: Volume aproveitado em função do tempo - Cenário 2

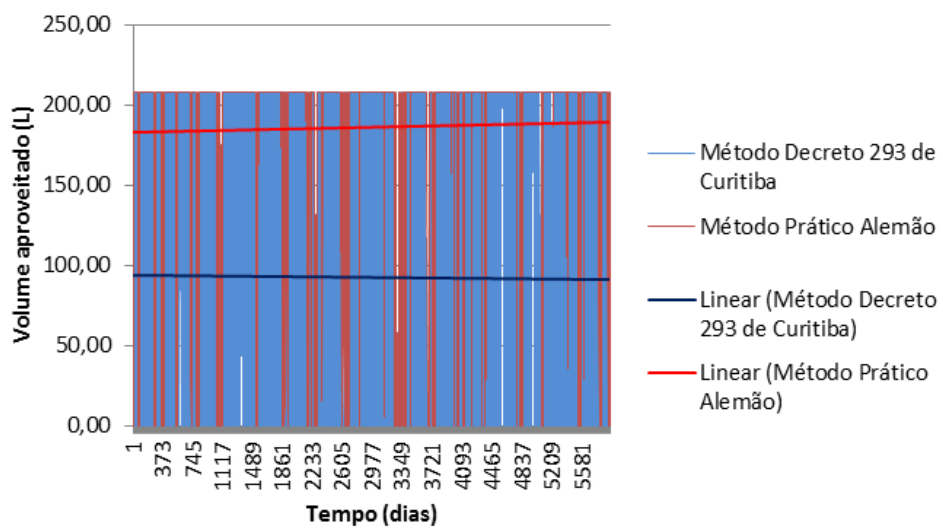


Figura 27: Volume aproveitado em função do tempo - Cenário 3

Portanto, justifica-se, através dos gráficos de água aproveitada, que o atendimento à demanda é maior através do dimensionamento do reservatório pelo Método Prático Alemão. No primeiro cenário a média linear da demanda atendida ficou sobreposta para os dois métodos, visto que ambos resultaram no mesmo volume adotado de reservatório. Já nos cenários 2 e 3, onde a demanda é maior, as linhas da média foram se afastando, demonstrando o maior atendimento à demanda pelo reservatório dimensionado pelo Método Prático Alemão.

Este alto índice de atendimento a demanda pelo Método Prático Alemão, ficando acima de 89,7% pode ser justificado, pois o método de dimensionamento utiliza um coeficiente igual a 6% que representa 22 dias consecutivos sem chuva. Esse valor coincide com a média de dias consecutivos sem chuva em Curitiba apresentado por Gomes, Weber e Delong (2010).

Portanto, com exceção do método do Decreto Municipal 293 de Curitiba, tanto o método Prático Alemão, quanto os métodos sugeridos apresentaram um bom atendimento a demanda, ficando sempre acima de 80%.

#### 4.3 VOLUME DE CHUVA EXTRAVASADO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA

O efeito do aproveitamento de água de chuva na drenagem está diretamente ligado com o volume disponível no reservatório, que é a diferença entre a capacidade do reservatório e quanto deste volume está ocupado por água no momento do evento chuvoso. Por esse motivo foram avaliados os dados diários de chuva, considerando uma demanda diária fixa e com isso, obtendo o volume disponível no reservatório para armazenamento da próxima chuva.

Através da eficiência do sistema pôde-se comprovar que há uma redução significativa do volume de chuva que vai para a rede de drenagem no Cenário 3 de demanda. Levando em consideração que a eficiência é a relação do volume de chuva captada e o volume realmente utilizado, ou seja, o volume que não extravasa, foram analisados para este cálculo apenas os dias com chuva, a fim de que a média percentual de eficiência do sistema no período estudado não fique equivocada pelos dias sem chuvas, visto que nestes dias não há água extravasando do reservatório. Pelo contrário, ela está sendo consumida. A Tabela 31 apresenta a eficiência média de cada método para os três cenários de demanda, considerando todos os sublotes do condomínio. Vale lembrar que quanto maior a eficiência, menos água extravasou dos reservatórios.

Tabela 31: Eficiência dos sistemas nos 3 cenários de demanda - todos os sublotes

	Prático Alemão	Decreto 293	Sugerido 19 dias	Sugerido 26 dias	Sugerido 30 dias	Sugerido 35 dias
Cenário 1	50,24%	50,13%	50,21%	50,31%	50,34%	50,35%
Cenário 2	63,67%	62,41%	63,55%	63,71%	63,74%	63,80%
Cenário 3	90,29%	80,42%	90,03%	90,67%	90,89%	91,26%

Através dessa tabela pôde-se perceber que a eficiência aumenta conforme a demanda aumenta, ou seja, quanto mais se consome, menos água extravasa do reservatório (Figura 28).

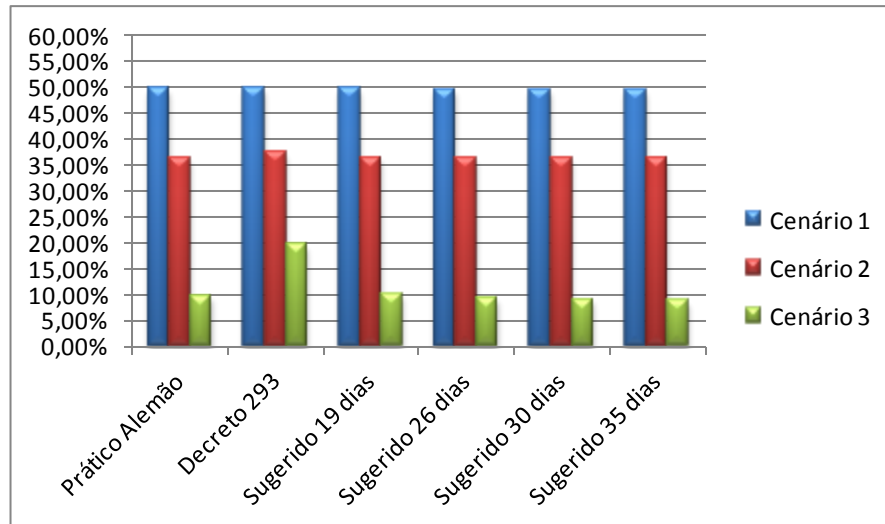


Figura 28: Percentual de água extravasada dos sistemas

Até para o método estabelecido pelo Decreto Municipal 293 de Curitiba, onde o volume do reservatório permanece o mesmo com o aumento da demanda nos cenários, pôde-se perceber que houve uma diminuição do extravasamento do sistema do Cenário 1 para o Cenário 3. Para o Método Prático Alemão, por exemplo, no primeiro cenário, 49,76% de toda a água captada extravasa do sistema. Nos Cenários 2 e 3 esse percentual diminui para 36,33% e 9,71%, respectivamente (Figura 29).

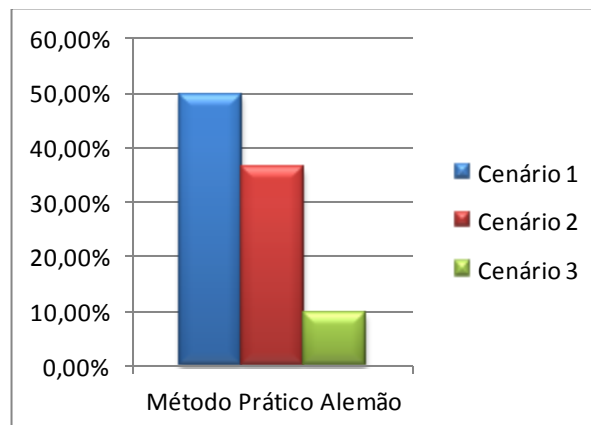
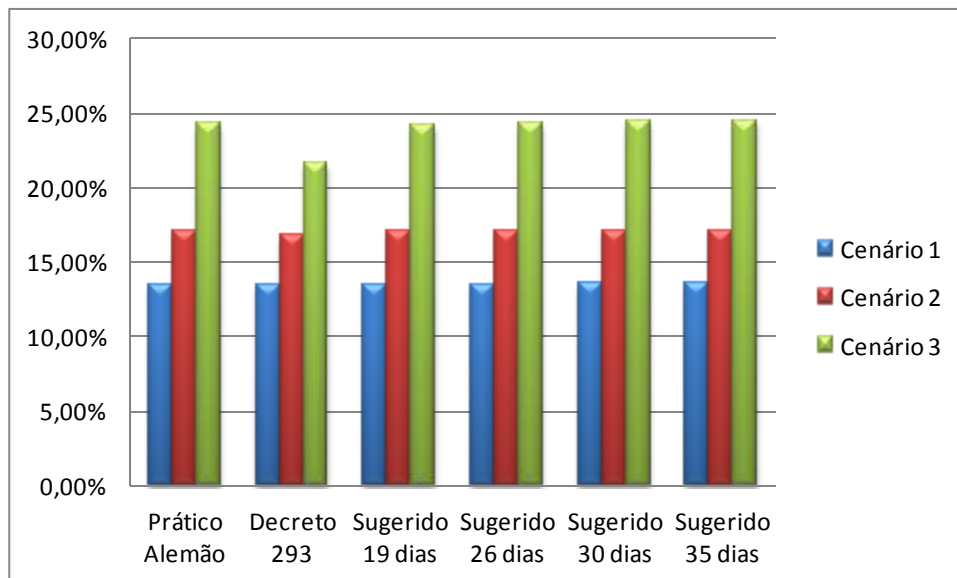


Figura 29: Percentual de água extravasada pelo método prático alemão - todos os sublotes

Levando em consideração toda a água que é escoada do condomínio, inclusive a água escoada de jardins, pisos, calçadas (de uso comum ou particular) e ruas internas, a água proveniente do escoamento dos telhados equivale a 26,88% do total. Ou seja, 26,88% de toda água escoada no condomínio equivale à água que pode ser aproveitada através dos sistemas. Considerando que a eficiência dos sistemas não é de 100%, esse percentual se torna menor quanto menor for a demanda de água da chuva. Para o Cenário 3 de demanda, com o volume do reservatório calculado pelo Método Prático Alemão, por exemplo, temos uma eficiência de 90,29%. Com isso, pôde-se concluir que a redução de escoamento total, com o aproveitamento da água da chuva, é de 24,27%. A Figura 30 representa o percentual de redução do escoamento superficial dependendo do método de dimensionamento do reservatório e de cada cenário de demanda.



**Figura 30: Redução do escoamento de água do condomínio com o aproveitamento de água da chuva em cada cenário.**

Comparando esse valor com o estudo realizado por Buffon (2010), observa-se uma redução um pouco maior que a máxima observada pelo autor, que foi de 20,31% de redução. Isso se deve às características dos sistemas, como dimensionamento do reservatório e demanda, por exemplo; e às características do condomínio, onde, no caso do estudo em questão, o condomínio conta com áreas de preservação permanente com coeficiente de escoamento  $C=0,50$ . O condomínio estudado por Bufon (2010), por exemplo, não apresentavam áreas de preservação permanente, por se tratar de um loteamento menor sem essa necessidade.

Com relação ao volume de chuva que extravasa do sistema, foram comparados os métodos de dimensionamento Prático Alemão e Decreto 293 de Curitiba. De modo geral



observou-se uma diminuição do volume de chuva extravasado do sistema conforme há o aumento da demanda. Essa diminuição é mais percebida no Método Prático Alemão, visto que o volume do reservatório está diretamente ligado ao aumento da demanda (Figuras 31 e 32).

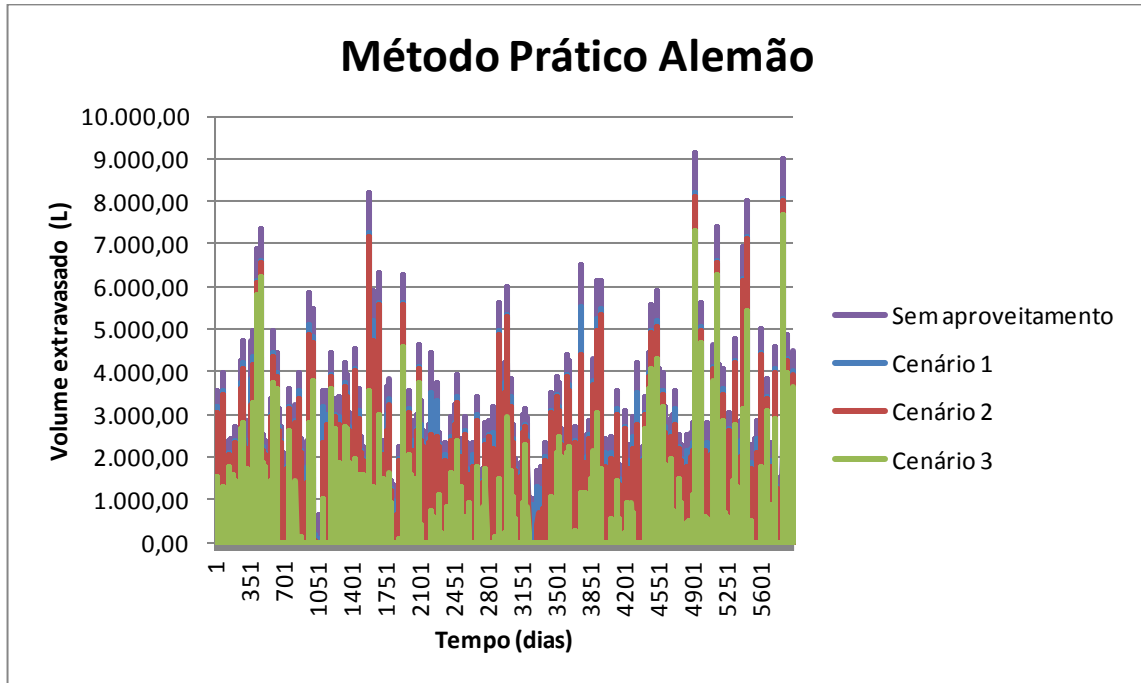


Figura 31: Volume de chuva extravasado do subote médio - Método Prático Alemão

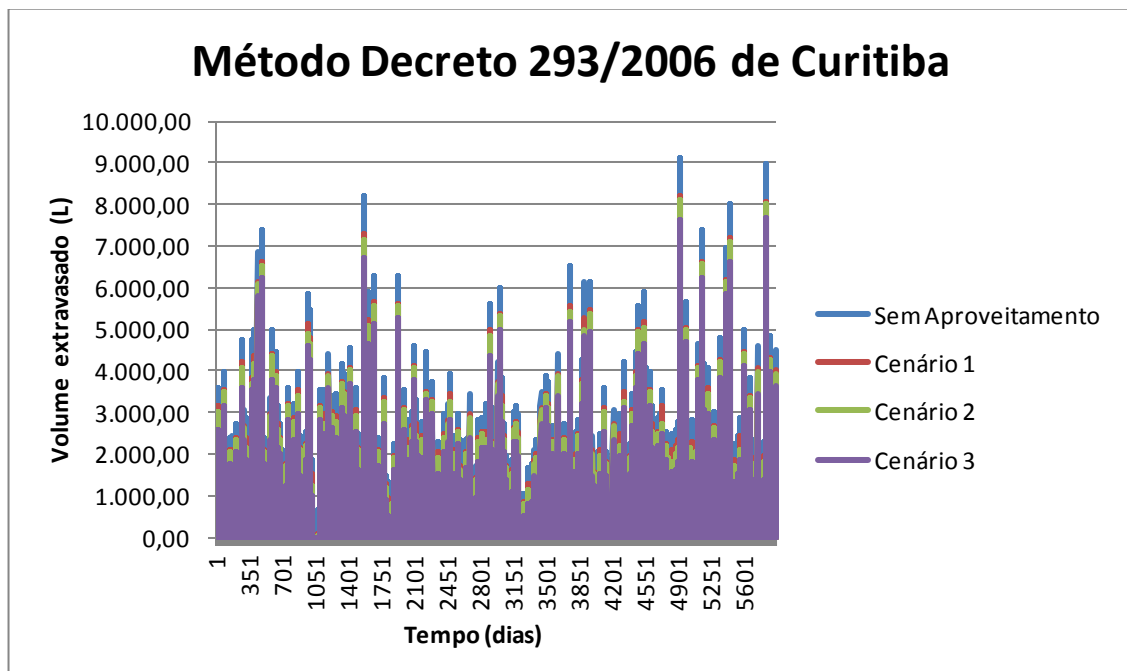
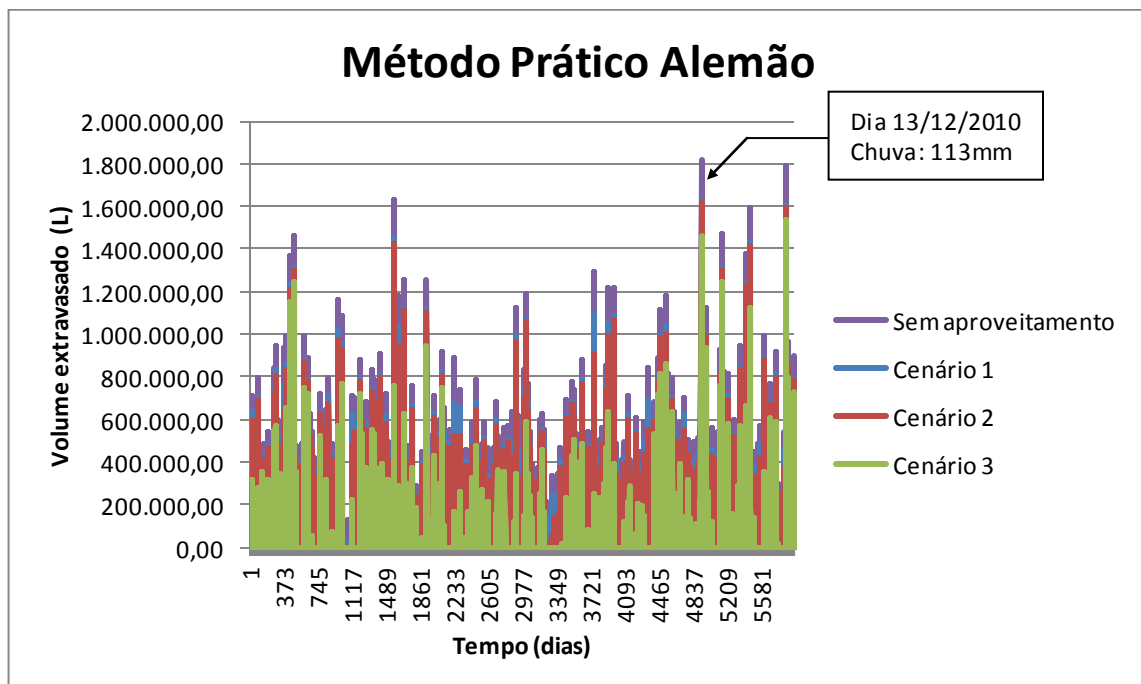


Figura 32: Volume extravasado do subote médio - Método do Decreto Mun. 293 de Curitiba

As figuras 31 e 32 apresentam os gráficos com o volume de água extravasado em função do tempo, para os cenários 1, 2 e 3. Além disso, é demonstrado o volume de água escoada dos telhados caso não fosse utilizado o volume de água da chuva (sem

aproveitamento). No dia de chuva mais extrema dentro da série estudada, quando a precipitação diária atingiu 113mm, o volume escoado do telhado da residência do subote médio foi de aproximadamente 9.124 litros. Neste mesmo dia, para o cenário 3 de demanda, utilizando o método do dimensionamento Prático Alemão, o volume extravasado do sistema foi de aproximadamente 7.313 litros, ou seja, o escoamento do telhado teve uma redução de 20%. Já, para o dimensionamento pelo método do Decreto Municipal 293 de Curitiba, no mesmo cenário de demanda, o volume extravasado foi de 7.643 litros, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 16%.

Considerando todos os subotes do condomínio, neste mesmo dia de chuva, o volume escoado de todos os telhados das residências, caso não fosse utilizado o sistema de aproveitamento de água de chuva, seria de aproximadamente 1.815.875 litros. Com o aproveitamento em bacias sanitárias, torneiras de jardim e lavagem de pisos, utilizando o método Prático Alemão para o dimensionamento do reservatório em todas as residências, esse volume cai para aproximadamente 1.464.287 litros, tendo uma redução próxima de 19% de água escoada dos telhados (Figura 33).



**Figura 33: Volume de chuva extravasado considerando todos os subotes - Método Prático Alemão**

Comparando o gráfico do volume extravasado do subote médio com o gráfico de todos os subotes pode-se perceber uma pequena diferença percentual. No exemplo citado, essa diferença é de 20% para 19% de redução. Isto se deve à utilização de volumes de reservatório comerciais e não reais (iguais ao dimensionamento). No dimensionamento para todos os subotes, o cálculo do volume do reservatório foi determinado individualmente para

cada sublote, sendo adotados volumes comerciais para cada um deles. O volume total, adotado na avaliação do volume extravasado em todo o condomínio foi feito através da soma dos volumes comerciais adotados em cada sublote.

Através da observação do dia de chuva mais intensa e relacionando-o com a eficiência média apresentada pelo sistema, sentiu-se a necessidade de uma avaliação mais criteriosa, levando em consideração a vazão da chuva. Para isso é necessário uma série de dados pluviométricos mais discriminados, com chuvas a cada 5 minutos, por exemplo. A chuva diária não apresenta a intensidade da chuva, podendo levar a uma avaliação equivocada do impacto que os sistemas de aproveitamento de água da chuva geram na drenagem.

Na falta destes dados, optou-se por fazer uma discretização, através de um hietograma de projeto adotado, da maior chuva encontrada na série estudada (113mm). Com isso, foi possível obter os hidrogramas de cada sublote em dois panoramas: com o aproveitamento de água de chuva no Cenário 3 de demanda (onde se obteve um melhor resultado de eficiência dos sistemas) e sem o aproveitamento de água de chuva. Para esta avaliação foi adotado o volume do reservatório, encontrado através do método sugerido de 19 dias sem chuva, avaliado no próximo item.

#### 4.4 AVALIAÇÃO DO MÉTODO SUGERIDO

Para avaliação do método de dimensionamento sugerido verifica-se a confiança em cada sistema: 19 dias consecutivos sem chuva correspondente à média da série estudada; 22 dias (Método Prático Alemão) que corresponde à média de dias sem chuva segundo Gomes, Weber e Delong (2010); e 26, 30 e 35 dias consecutivos sem chuva, que apresentaram um tempo de retorno de 5, 10 e 20 anos, segundo os mesmos autores. Os métodos sugeridos foram embasados no Método Prático Alemão e no método dos dias consecutivos sem chuva, sendo que apenas o coeficiente K foi alterado, considerando que ele representa o percentual do número consecutivo de dias sem chuva em um ano.

$$V_r = \text{mín.}(V, D) \times K$$

Na tabela 32 estão representados os valores de K e os volumes encontrados para cada reservatório do sublote médio do condomínio. Para o método referente a 22 dias, foi utilizada a fórmula referente ao Método Prático Alemão, pois o valor de 0,06 equivale a aproximadamente 22 dias consecutivos sem chuvas. Em virtude de uma avaliação mais precisa, serão considerados para esta avaliação os volumes reais encontrados em cada método,

e não os volumes comerciais, como foi utilizado para a avaliação da confiança e eficiência dos sistemas.

Tabela 32: Volumes dos reservatórios segundo os métodos sugeridos (litros)

	19 dias	22 dias	26 dias	30 dias	35 dias
Coefficiente (K)	0,054	0,060	0,071	0,082	0,096
Cenário 1	568,44	631,60	747,39	863,18	1.010,55
Cenário 2	1.135,45	1.261,61	1.492,91	1.724,20	2.018,58
Cenário 3	4.091,95	4.546,61	5.380,16	6.213,70	7.274,58

Como já demonstrado anteriormente, a confiança aumenta conforme o volume do reservatório aumenta e diminui conforme a demanda aumenta. Ao analisar cada cenário, observa-se que quanto maior a demanda, maior a diferença na confiança do sistema conforme há o aumento do volume do reservatório. No cenário 1, do reservatório dimensionado para 19 dias sem chuva até o reservatório para 35 dias sem precipitação, a diferença percentual da confiança é de 1,93%. Essa diferença aumenta para 3,02% no cenário 2 e 6,33% no terceiro cenário (Figura 34).

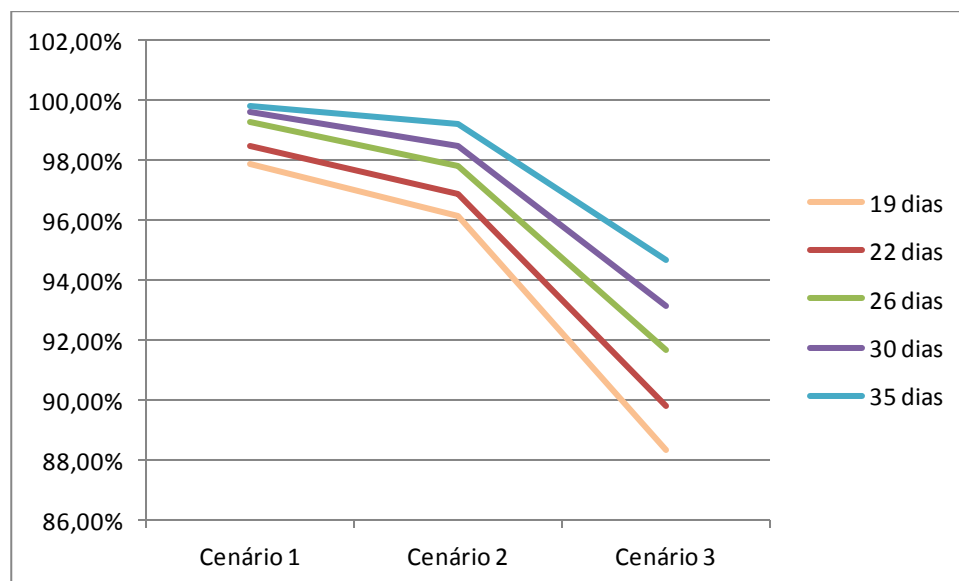


Figura 34: Confiança em cada sistema nos cenários 1, 2 e 3

A título de comparação, foi feita uma análise do crescimento percentual de volume do reservatório em cada método, a partir do primeiro (19 dias). Dessa forma, de um método para outro os crescimentos percentuais em volume estão demonstrados na Tabela 33.

Tabela 33: Crescimento percentual dos volumes do reservatório a partir do primeiro

19 dias	22 dias	26 dias	30 dias	35 dias
0,00%	11,11%	31,48%	51,85%	77,78%

Ou seja, o reservatório dimensionado para 35 dias sem chuva foi aproximadamente 78% maior que o dimensionado para 19 dias. Por exemplo, no cenário 3 de demanda,

enquanto há um crescimento de 78% do reservatório de 19 dias para o de 35 dias, o crescimento da confiança foi de 6,33%, indo de 88,35% para 94,69% (Tabela 34).

Tabela 34: Confiança dos sistemas e diferença entre 35 dias e 19 dias

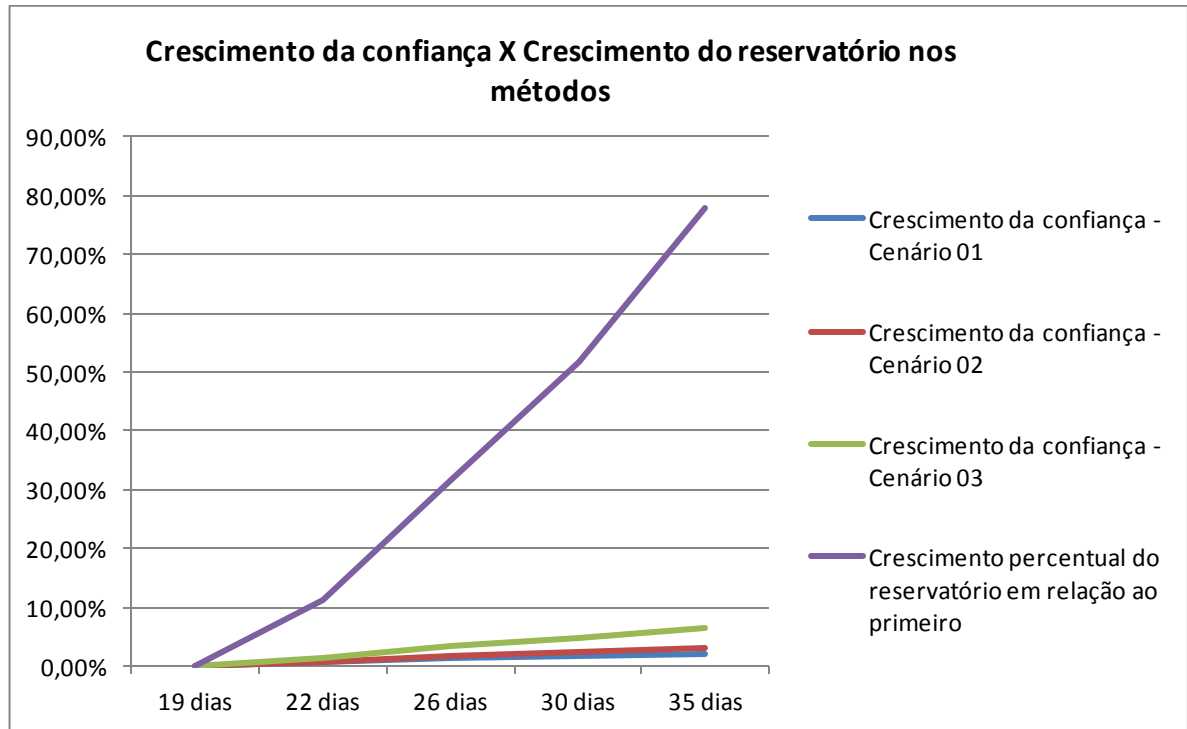
	19 dias	22 dias	26 dias	30 dias	35 dias	35 dias - 19 dias
Cenário 1	97,90%	98,48%	99,27%	99,61%	99,83%	1,93%
Cenário 2	96,18%	96,90%	97,79%	98,49%	99,19%	3,02%
Cenário 3	88,35%	89,82%	91,65%	93,14%	94,69%	6,33%

Isso significa que, no Cenário 3, enquanto o reservatório aumentou de aproximadamente 4,1m<sup>3</sup> para 7,3m<sup>3</sup>, a demanda diária média atendida aumentou de cerca de 183,43 litros para 196,58 litros (um aumento de 13 litros de água diários atendidos).

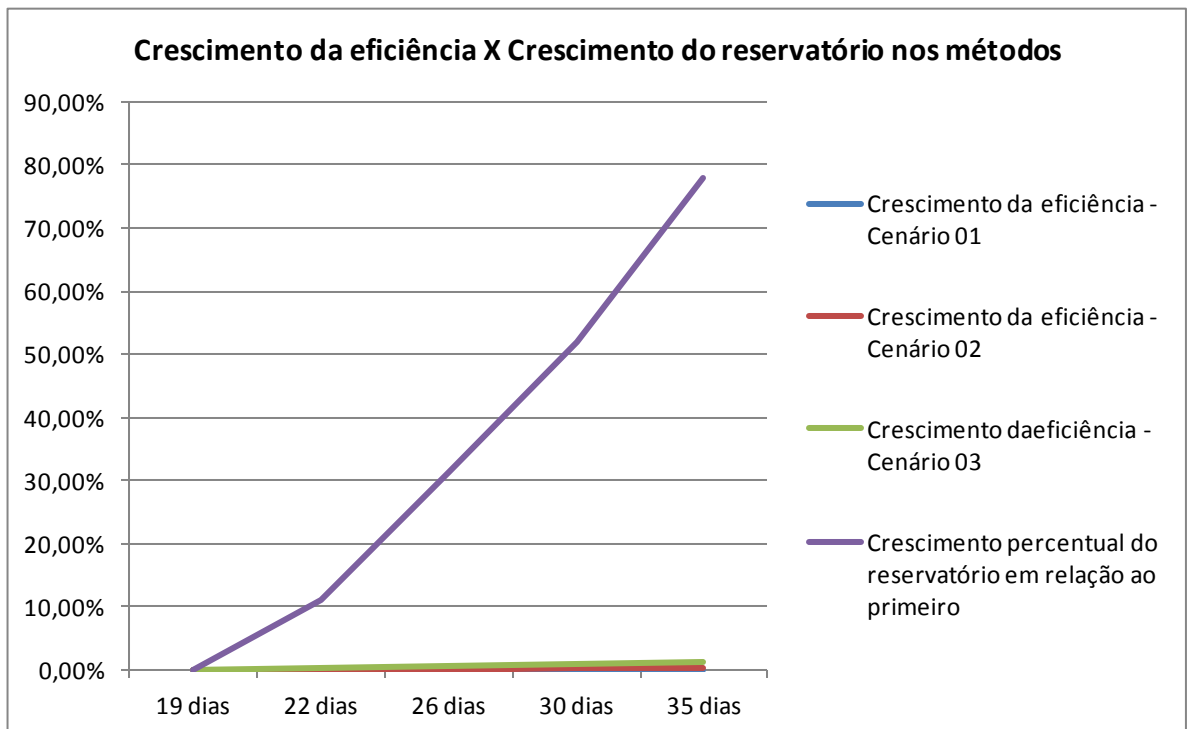
Quando se analisa o método que considerou 22 dias sem chuvas as confianças foram de 98,48%, 96,90% e 89,82% nos cenários 1, 2 e 3. Ao utilizar 5 anos de tempo de retorno o número de dias consecutivos sem precipitação aumentou para 26 e as confianças nos três cenários corresponderam a 99,27%, 97,79% e 91,65%. Ou seja, no cenário 3 por exemplo, o volume aumentou de aproximadamente 4,1m<sup>3</sup> no método de 19 dias para 5,4m<sup>3</sup> no método 26 dias. Isso corresponde a um crescimento de aproximadamente 30% no volume do reservatório e de 3,30% no aumento da confiança do sistema. Dessa forma, para um aumento de 1.288 litros do reservatório, foram atendidos 6,85 litros diários a mais da demanda, o que corresponde a aproximadamente mais 2.500 litros atendidos por ano.

Para 10 anos de tempo de retorno, as confianças nos cenários 1, 2 e 3 encontradas foram de 99,61%, 98,49% e 93,14%, considerando 30 dias consecutivos sem chuvas. Corresponderam a um aumento de cerca de 50% no volume do reservatório, comparado com o primeiro método e um aumento de 4,79% da confiança do sistema.

Para verificar a eficácia, os crescimentos percentuais dos volumes encontrados nos métodos foram comparados com o crescimento da confiança e eficiência através das Figuras 35 e 36.



**Figura 35: Crescimento percentual da confiança X crescimento percentual do reservatório**



**Figura 36: Crescimento percentual da eficiência X crescimento percentual do reservatório**

Através destes gráficos foi possível verificar que o crescimento percentual do reservatório foi muito maior que o crescimento da confiança e da eficiência em cada sistema. Isto se deve a variabilidade do índice pluviométrico, uma vez que a demanda diária foi considerada constante. Como o reservatório foi dimensionado para atender a demanda, ele

precisa ter volume suficiente para atender a, pelo menos, 80% de demanda quando houver 19, 22, 26, 30 e 35 dias consecutivos sem chuva.

Considerando que o tempo de retorno para uma seca de 35 dias consecutivos em Curitiba é de 20 anos, o acréscimo de 13 litros diários (demanda aumentada do método de 35 dias com relação ao método de 19 dias, no Cenário 3 de demanda para o sublote médio) pode corresponder a um grande volume de água economizada dos mananciais neste período, levando em conta que todas as residências optassem pelo dimensionamento por este método. Entretanto, como o sistema de aproveitamento de água de chuva proposto neste estudo de caso tem como finalidade atender a uma demanda por água não potável, complementar a outra fonte de água disponível, considera-se que não é necessário utilizar um tempo de retorno entre as secas tão grande, visto que o crescimento de atendimento a demanda é pequeno com relação ao crescimento do volume do reservatório. A sugestão é a utilização da média dos dias sem chuvas no período de dados disponíveis.

Quanto maior o tempo de dados disponíveis, melhores serão os resultados. No estudo de caso, por exemplo, o método de 22 dias consecutivos sem chuvas apresentou um resultado um pouco mais satisfatório (relacionado à demanda) que o de 19 dias. Este último, entretanto, obtido através de uma série de 17 anos de dados diários, também apresentou resultados satisfatórios. As confianças nos cenários 1, 2 e 3 foram de 97,90%, 96,18% e 88,35% respectivamente, ficando 8,35% acima do mínimo considerado como um bom resultado de atendimento a demanda (80%), no cenário de maior consumo de água não potável. Ou seja, mesmo em casos de pouco tempo de dados analisados, é válido fazer um estudo do cenário hidrológico da região para aplicação deste método.

Ao avaliar a eficiência dos sistemas, observou-se que a diferença de crescimento da eficiência foi muito pequena se comparado com o aumento do volume dos reservatórios, sendo aumentado 1,21% do método 19 dias até o método 35 dias, para o cenários 3. Sendo assim, para uma análise mais detalhada do impacto do aproveitamento de água de chuva na drenagem urbana, optou-se pelo método de 19 dias.

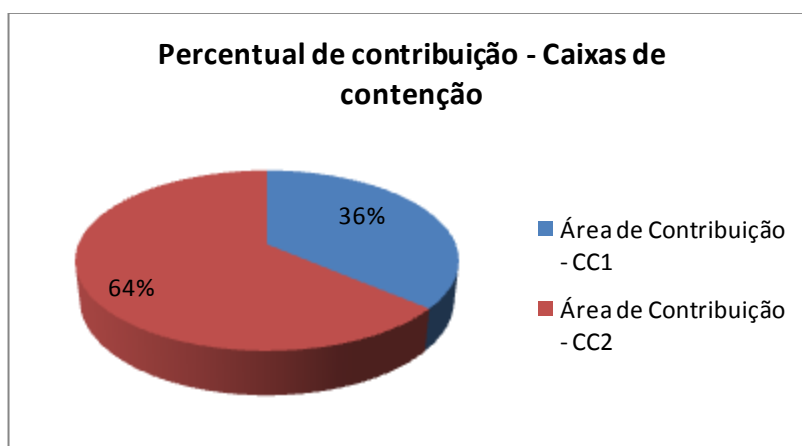
#### 4.5 AVALIAÇÃO DAS VAZÕES

A fim de fazer uma avaliação das vazões de drenagem, foi adotada a maior chuva como sendo a chuva de projeto, visto que foi a precipitação que causou maior impacto na drenagem no período estudado. Tendo isso, os hidrogramas de cada sublote foram dimensionados através do método Soil Conservation Service (SCS). O principal objetivo

deste item refere-se à comparação das vazões de pico resultantes na saída das microbacias, compostas por partes do condomínio, considerando dois panoramas: com o aproveitamento de água de chuva e sem o aproveitamento de água de chuva.

Para isso, foi avaliado o projeto de drenagem do condomínio de onde foi possível obter a inclinação média das ruas, a inclinação média dos sublotes e o caminho percorrido pela água escoada até as caixas de contenção de cheias. Como o condomínio possui uma topografia que leva a água para caminhos diferentes, o projeto de drenagem possui três caixas de contenção, sendo que uma delas (a menor) não recebe água de nenhum sublote. Esta, portanto, não é influenciada pelo aproveitamento de água da chuva e por este motivo não foi considerada nesta avaliação.

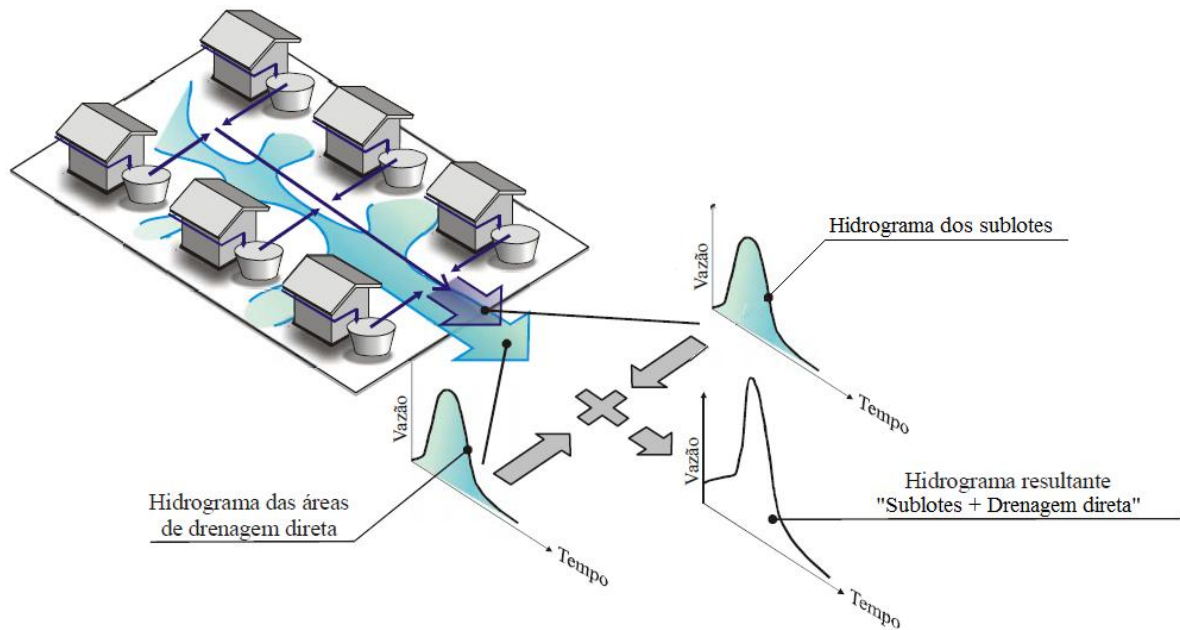
Dessa maneira, as caixas de contenção avaliadas foram: Caixa de contenção 01 (CC1) e caixa de contenção 02 (CC2). Para um melhor entendimento, o Apêndice F apresenta quais as áreas dos sublotes, trechos de ruas e áreas de lazer que guiam a água escoada até cada uma das caixas. A Figura 37 apresenta o percentual das áreas impermeáveis de contribuição em cada caixa, considerando o total de contribuição nas duas caixas somente (sem considerar a terceira caixa).



**Figura 37: Percentual de áreas de contribuição em cada caixa de contenção**

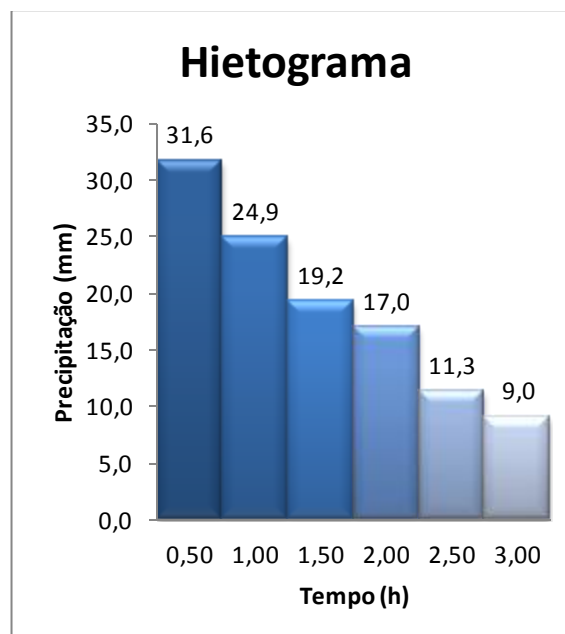
Ou seja, neste item o objetivo é verificar se há alterações nos hidrogramas resultantes da chuva excedente que chega até as caixas de contenção quando é feito o aproveitamento de água de chuva pelo método sugerido “19 dias”, para o cenário 3 de demanda. Para isso foram definidos os hidrogramas resultantes de cada sublote, trecho de ruas e calçadas e áreas de lazer. Cada um deles (Figura 38) que contribui para o hidrograma resultante em cada caixa de contenção. Para o panorama onde foi considerado o aproveitamento de água da chuva, a precipitação considerada no projeto é resultante da chuva de 113mm reduzida da lâmina de água correspondente ao que fica retido no reservatório.





**Figura 38: Composição do hidrograma resultante de vazão que escoar para uma caixa de contenção**  
**Fonte: Adaptado de Dornelles, 2012.**

No panorama aonde não é feito o aproveitamento de água de chuva, a definição do hidrograma foi feita através da precipitação de 113mm que aconteceu no dia 13/12/2010. Ou seja, sendo uma chuva típica de verão apresenta a característica de ser de grande intensidade e curta duração, iniciando mais intensa e diminuindo sua intensidade com o passar do tempo. Através disso foi possível adotar o tempo da chuva (3 horas) e as precipitações em intervalos de tempo de 30min, conforme mostra a Figura 39.



**Figura 39: Hietograma da chuva de projeto - sem o aproveitamento de água da chuva**

Através da definição do hietograma de projeto foi possível definir a água escoada através do cálculo da precipitação excedente (ou chuva efetiva) através do método SCS. Dada a precipitação ( $P$ ) discretizada no tempo, calcula-se a precipitação acumulada. Através da infiltração potencial máxima ( $S$ ) calcula-se a infiltração inicial ( $Ia$ ) e a precipitação excedente acumulada ( $Pe$ ). Por fim, através da precipitação excedente acumulada encontra-se a precipitação excedente ou efetiva, como segue (TEIXIERA, C.A.; PROTZEK, G, 2010):

$$S(mm) = 25,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Sendo CN adotado de acordo com o tipo de uso do solo, tratamento e condições hidrológicas. Através da sondagem do terreno obteve-se o tipo de solo, caracterizado pelo Grupo D (solo argiloso). Sabendo-se que a taxa impermeável de cada sublote equivale a 75%, e que a área média do sublotes não passa 500m<sup>2</sup>, o CN adotado equivale a 92 (TEIXIERA E PROTZEK, 2010).

$$Ia = 0,2 \cdot S$$

$$Pe = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S}, P > (0,2 \cdot S)$$

O resultado encontrado para a chuva de 113 mm está apresentado na Tabela 35.

Tabela 35: Precipitação efetiva

Precipitação Total - P (mm)	Precipitação Acumulada (mm)	Curve Number - CN	Infiltração Potencial Máxima - S (mm)	Infiltração Inicial - Ia (mm)	Precipitação Excedente Acumulada - Pe (mm)	Precipitação Excedente (mm)
31,64	31,64	92	22,09	4,42	15,03	15,03
24,86	56,5	92	22,09	4,42	36,57	21,54
19,21	75,71	92	22,09	4,42	54,43	17,86
16,95	92,66	92	22,09	4,42	70,58	16,15
11,3	103,96	92	22,09	4,42	81,47	10,89
9,04	113	92	22,09	4,42	90,23	8,76

A área do hidrograma unitário triangular, desenvolvido pelo SCS, representa a precipitação efetiva e suas relações geométricas são definidas com base no tempo de concentração da bacia de interesse (DORNELLES, 2012). O tempo de concentração pode ser obtido por vários métodos, os quais podem resultar em valores bem distintos. Neste trabalho foi utilizada a Fórmula de Schaake, que é uma das recomendadas para a modelagem de

drenagem de bacias urbanas pequenas, com áreas abaixo de 70 hectares (SILVEIRA, 2005), como segue:

$$t_c = 0,0828 \times L^{0,24} \times I^{-0,16} A_{imp}^{-0,26}$$

Sendo:

$t_c$ : tempo de concentração (h)

$L$ : comprimento do talvegue (Km)

$I$ : declividade (m/m)

$A_{imp}$ : fração da área impermeável da bacia.

Para o cálculo do hidrograma unitário de cada sublote, trecho de ruas e área de lazer, foram definidos os instantes de pico e as vazões de pico unitárias para cada um, onde:

$$t_p = 0,6 \times t_c$$

$$T_c = \frac{t_r}{2} + t_p$$

$$Q_p = \frac{0,208 \times A}{T_p}$$

Onde:

$t_c$ : tempo de concentração (h)

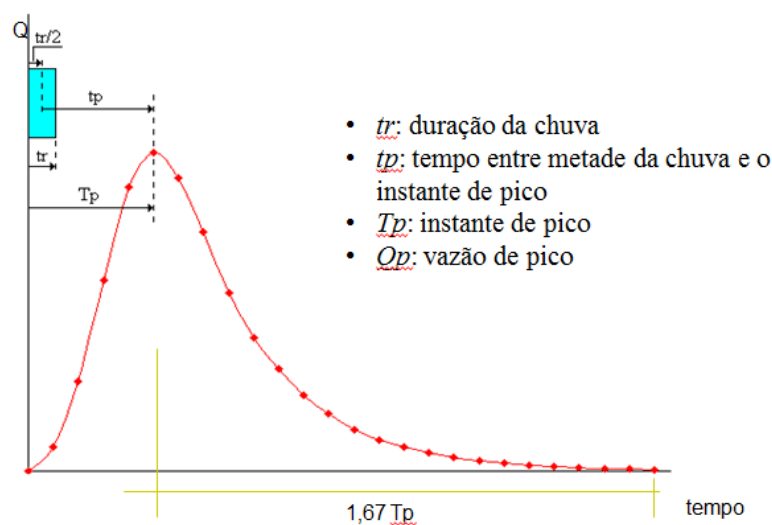
$t_p$ : tempo entre a metade da chuva e o instante de pico (h)

$t_r$ : duração da chuva (h)

$T_p$ : instante de pico (h)

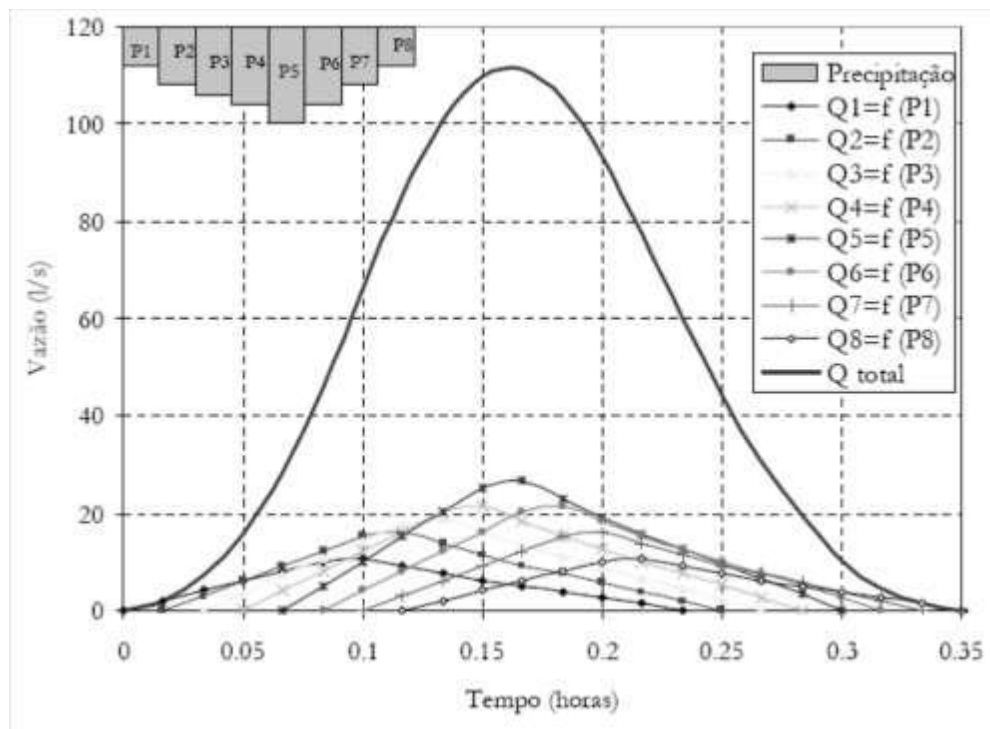
$Q_p$ : vazão de pico para uma chuva excedente de 1 mm sobre a bacia (h)

A Figura 40 traz a representação de um hidrograma unitário.



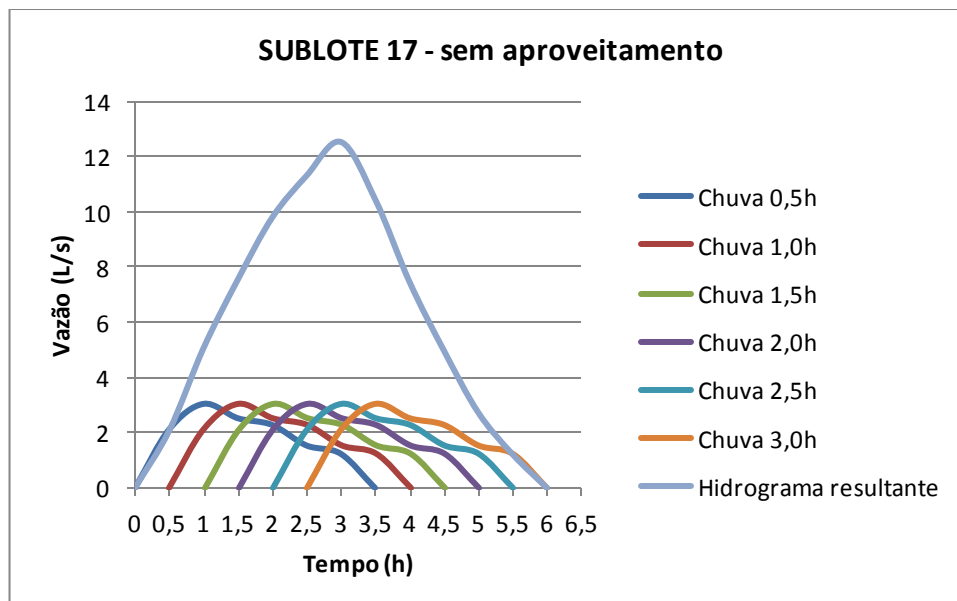
**Figura 40: Hidrograma Unitário**  
Fonte: Teixeira, 2014

Através da convolução de hidrogramas (Figura 41) foi possível definir o hidrograma resultante de cada sublote, trecho de rua e área de lazer.



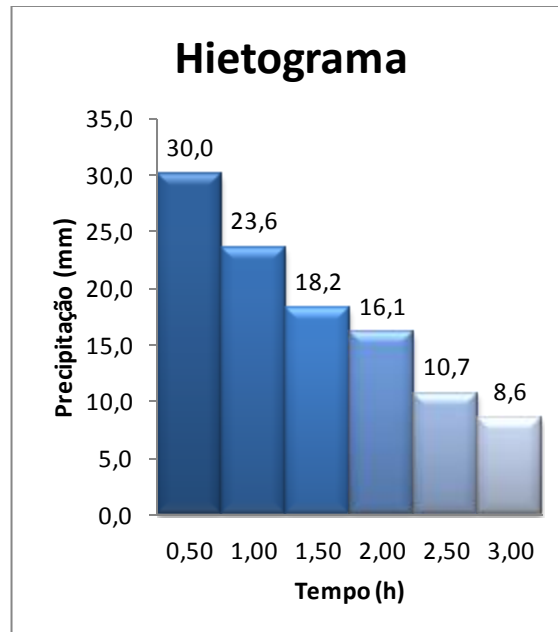
**Figura 41: Convolução de hidrogramas**  
**Fonte: Teixeira E Protzek, 2010**

A convolução do hidrograma resultante do sublote 17, com 200m<sup>2</sup> de área (estando próxima a área correspondente ao sublote médio), considerando a chuva escoada sem o aproveitamento de água de chuva, está representada na Figura 42.



**Figura 42: Hidrograma resultante - Sublote 17 - sem aproveitamento**

Como comentado anteriormente, a chuva de projeto no panorama em que é considerado o aproveitamento de água de chuva, é resultante da chuva de 113mm menos a lâmina correspondente ao volume disponível do reservatório. Com essa chuva, dimensionada para cada sublote, foi feita a discretização proporcional a feita para a chuva de 113mm. Para o sublote 17, por exemplo, a chuva de projeto utilizada foi de 106,48mm, discretizada conforme a Figura 43.

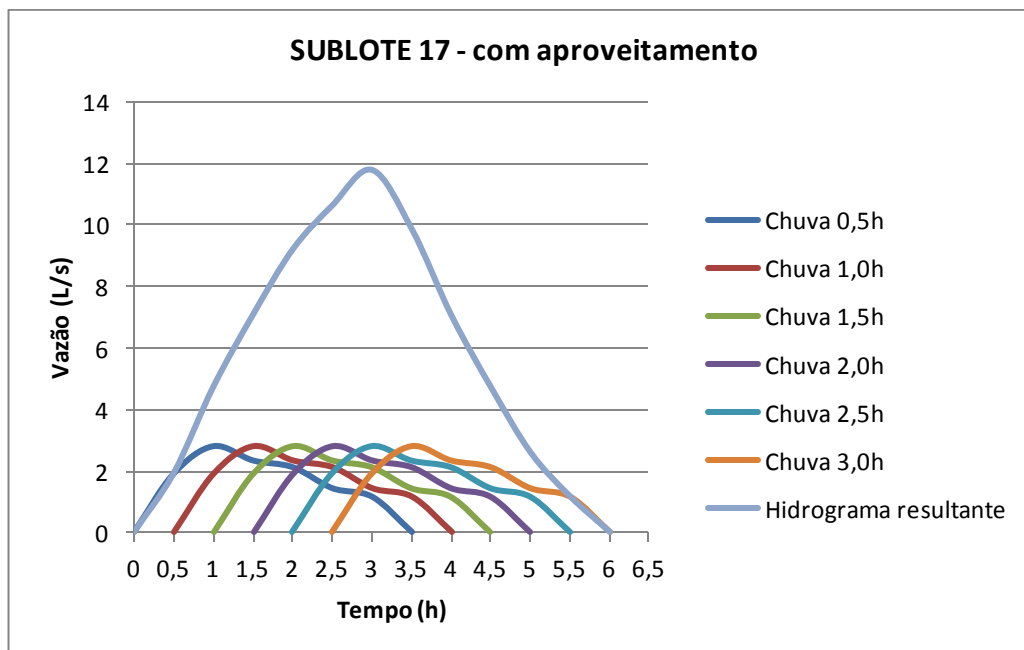


**Figura 43: Hietograma de projeto para sublote 17 com aproveitamento de água da chuva**

Um dos resultados intermediários da pesquisa de Dornelles (2012) aponta que as retenções de água de chuva nos reservatórios, convertidas em lâminas, representam 4mm para o padrão de habitação popular, com atendimento de 80% da demanda. A maior retenção encontrada neste trabalho foi de 9,76mm, sendo que a média em todo o condomínio foi de 6,27mm.

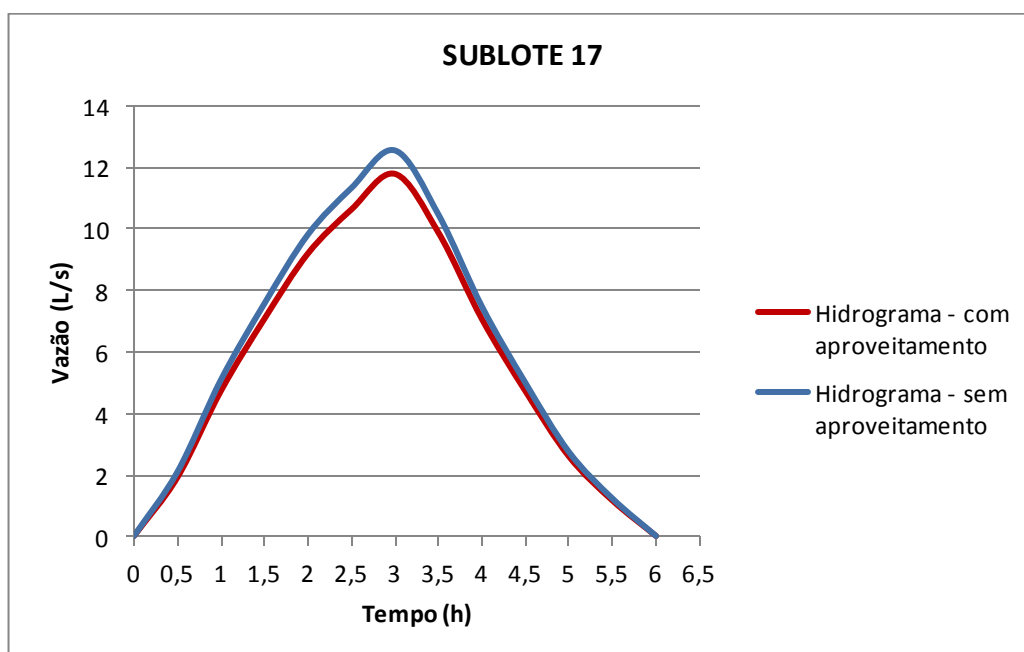
O volume disponível em cada reservatório foi fixado em aproximadamente 16% do volume total. Esse valor foi retirado da avaliação diária do sublote médio que, no dia em questão, apresentou-se 84% cheio na simulação para o Cenário 3, pelo método sugerido “19 dias”.

Assim como foi dimensionado para o panorama “sem aproveitamento”, o panorama “com aproveitamento” resultou em hidrogramas de cada sublote. A Figura 44 traz o resultado da convolução para este panorama, do sublote 17.



**Figura 44: Hidrograma resultante - Sublote 17 - com aproveitamento**

Ao sobrepor os hidrogramas resultantes, pode-se observar uma pequena redução na vazão de pico (Figura 45), que demonstra o resultado do impacto do aproveitamento da água de chuva no sublote 17.



**Figura 45: Hidrograma resultante do Sublote 17 para os dois panoramas**

Entretanto, para obter o resultado no exutório da “microbacia”, ou seja, nas caixas de contenção, é necessário também considerar as ruas e calçadas comuns e as áreas de lazer que contribuem para essa “microbacia”. Somadas todas as áreas de contribuição para cada caixa de contenção, os resultados para os dois panoramas estão apresentados nas Figuras 46 e 47.

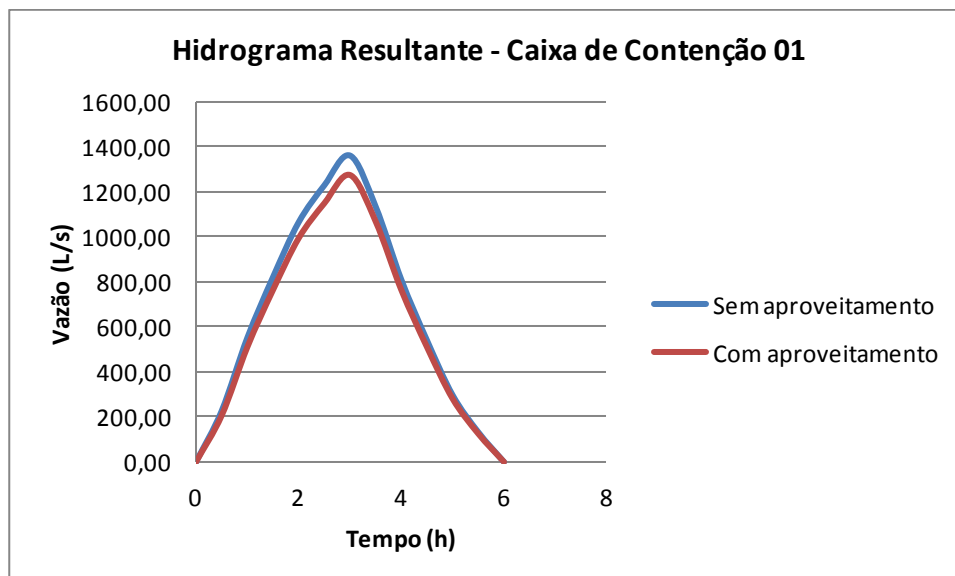


Figura 46: Hidrograma resultante - CC1 para os dois panoramas

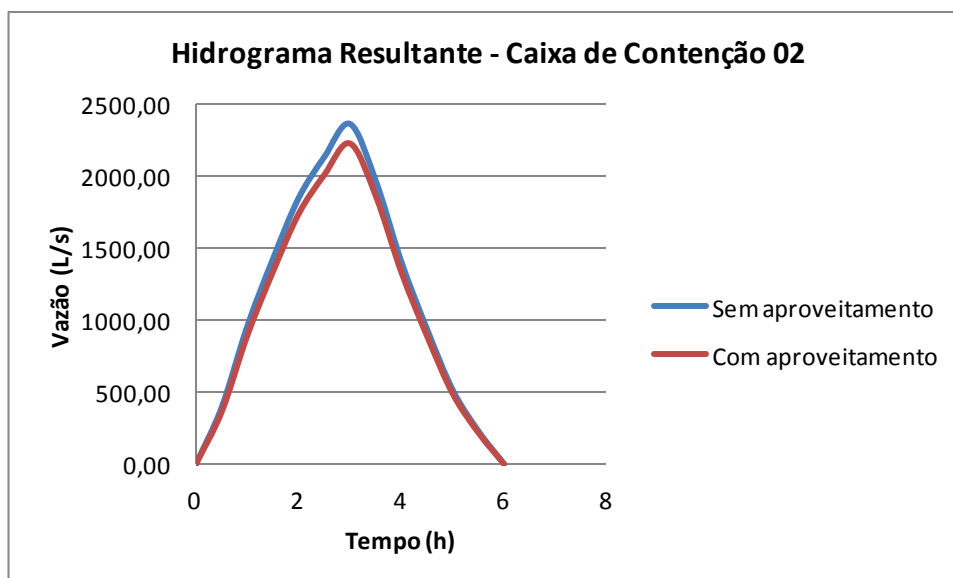


Figura 47: Hidrograma resultante - CC2 para os dois panoramas

No hidrograma do sublote 17, a diferença percentual da vazão de pico foi de 6,13% e se manteve próxima deste valor na saída das microbacias, ficando em 6,74% na CC1 e 6,10% na CC2. Esses valores ficaram próximos, pois ao avaliar o sublote, considerou-se, além do extravasamento proveniente do telhado, a água escoada das calçadas da residência. Dessa maneira, a influência das ruas e calçadas comuns do condomínio não causou grande diferença no resultado final. Se fosse considerada apenas a água proveniente do telhado, ao avaliar o sublote 17, haveria uma maior diferença percentual entre a avaliação individual e a avaliação de cada microbacia considerada, já que a água correspondente dos telhados equivale a apenas 26,88% do total de água escoada no condomínio (que considera tanto a água escoada de ruas e calçadas de uso comum quanto de uso individual de cada residência).

Vale ressaltar que esse resultado de aproximadamente 6% de redução é influenciado por tratar-se de um condomínio totalmente ocupado por residências unifamiliares. Este resultado seria alterado ao se tratar de uma cidade onde existem mais áreas de drenagem direta, sem a possibilidade de aproveitamento.

Apesar de uma redução pequena da vazão de pico, o resultado demonstra que o aproveitamento de água de chuva pode apresentar um pequeno impacto na drenagem. Já, no estudo de Dornelles, que considerou uma bacia hipotética como sendo Porto Alegre, os resultados, para os cenários estudados por ele, não apresentaram redução na vazão de pico.

A pequena redução também está relacionada com o volume disponível no reservatório e a demanda por água da chuva. Vale lembrar que foi considerado aqui um espaço pra armazenamento da água da chuva de apenas 16% do volume total do reservatório. Em locais aonde as chuvas são menos frequentes esse resultado pode ser melhor, pois o reservatório terá um maior volume disponível nos eventos chuvosos.

Não houve aqui um retardamento da vazão de pico, pois o reservatório de água de chuva funciona apenas como uma caixa de passagem, sendo considerado como possível redutor de vazão, apenas o volume que fica retido.

Não era objetivo deste trabalho, substituir caixas de contenção de cheias por reservatórios de aproveitamento de água de chuva, visto que as finalidades e funcionamentos são diferentes, mas vale uma comparação de resultados, já que as caixas de contenção têm apresentado bons resultados para ajudar a solucionar os problemas de enchentes. Ao comparar com os estudos de Tassi (2002) o percentual de redução da vazão de pico torna-se muito pequeno se comparado com as grandezas encontradas pelo estudo de reservatórios de contenção, que são da ordem de 50 a 70% de redução. Sendo assim, caberia um estudo mais detalhado dos reservatórios de aproveitamento atuando como auxiliar para as caixas de contenção de cheias através da verificação de possibilidade de alterações no dimensionamento desta última.

Cabe a observação aqui da importância da avaliação dos hidrogramas e não apenas dos volumes de chuva. Caso o estudo se baseasse apenas no volume, haveria uma redução média de volume escoado no período estudado de aproximadamente 24%, para o método 19 dias. Ou seja, um resultado significativo. Ao se avaliar as vazões, percebeu-se que houve uma redução da vazão de pico de apenas 6% para o mesmo método, para uma chuva de projeto adotada.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões acerca deste trabalho podem ser abordadas de acordo com o método de dimensionamento sugerido, com a confiança e eficiência dos sistemas propostos e com o impacto do aproveitamento nas vazões de pico dos hidrogramas da chuva de maior intensidade.

### 5.1 COEFICIENTE SUGERIDO PARA O MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Com o objetivo de encontrar uma fórmula que dimensione corretamente os reservatórios de aproveitamento de água de chuva para Curitiba e que seja de fácil execução, o método sugerido pelo trabalho foi embasado em dois métodos conhecidos: o Método Prático Alemão (ABNT NBR 15.527/2007) e o Método dos dias consecutivos sem chuvas, que resultou em um coeficiente sugerido para uma única fórmula a ser aplicada no dimensionamento. Para isso a série utilizada foi avaliada a fim de obter a média de dias consecutivos sem chuvas por ano. Diferente do proposto por Giacchini e Andrade (2011) que avaliaram os números máximos consecutivos de dias sem chuva mensais, foi avaliado neste trabalho a média por ano, por considerar que haveria uma menor probabilidade de encontros de vários dias consecutivos sem chuvas de um ano para outro do que de um mês para o outro.

Como a série adotada para o estudo apresentou apenas 17 anos de dados, buscou-se fontes de dados que tenham avaliado mais tempo. O estudo de Gomes, Weber e Delong (2010) trouxe esses dados, apresentando um valor médio de 22 dias consecutivos sem chuvas (6%). Esse estudo ainda trouxe dados de dias consecutivos sem chuva para tempos de retorno de 5, 10 e 20 anos, como sendo 26, 30 e 35 dias.

Com esses dados, foi possível fazer a transformação em percentual de dias consecutivos sem chuva em um ano (coeficiente), e aplicar no Método Prático Alemão. Os resultados obtidos podem ser verificados no Quadro 6.

Método Sugerido	Fórmula resultante
19 dias	$V_r = \text{mín.}(V, D) \times 0,054$
22 dias	$V_r = \text{mín.}(V, D) \times 0,060$
26 dias	$V_r = \text{mín.}(V, D) \times 0,071$
30 dias	$V_r = \text{mín.}(V, D) \times 0,082$
35 dias	$V_r = \text{mín.}(V, D) \times 0,096$

Quadro 6: Métodos Sugeridos

Nas fórmulas sugeridas, assim como no Método Prático Alemão, opta-se pelo menor valor entre demanda e volume de chuva aproveitável. Com isso o reservatório é corretamente dimensionado. Ou seja, não fica grande demais caso haja pouca disponibilidade de água para enchê-lo, nem fica grande demais caso não seja necessária tanta água para atender a demanda. Em contra partida, a limitação neste método está justamente nesta mesma questão. Se a demanda for maior que a disponibilidade hídrica, seu atendimento não é satisfatório. Por esse motivo foi imposta uma limitação ao método: a de que a demanda seja no máximo 1,25 vezes maior que o volume de chuva aproveitável. Com essa limitação garante-se que aproximadamente 80% da demanda seja atendida.

Aos projetos que foram concebidos para uma demanda maior que 1,25 vezes o volume aproveitável, sugere-se a substituição de uma parcela desta demanda por outra fonte alternativa de água, como o reuso de águas cinzas, por exemplo.

Mesmo tendo poucos dados de chuva disponíveis, o método “19 dias” apresentou valores satisfatórios, ficando acima de 80% de atendimento a demanda no Cenário 3 (o cenário que apresentou menores índices de atendimento nos métodos). A sugestão aqui é que se utilize a média consecutiva de dias sem chuva por ano. Quanto maior o número de dados, melhores resultados. Para a cidade de Curitiba a sugestão é a utilização do Método Prático Alemão, que corresponde a 22 dias consecutivos sem chuvas. Não se considera necessário avaliar os tempos de retorno de dias consecutivos sem chuva, visto que o presente trabalho aborda o uso de água de chuva como fonte complementar.

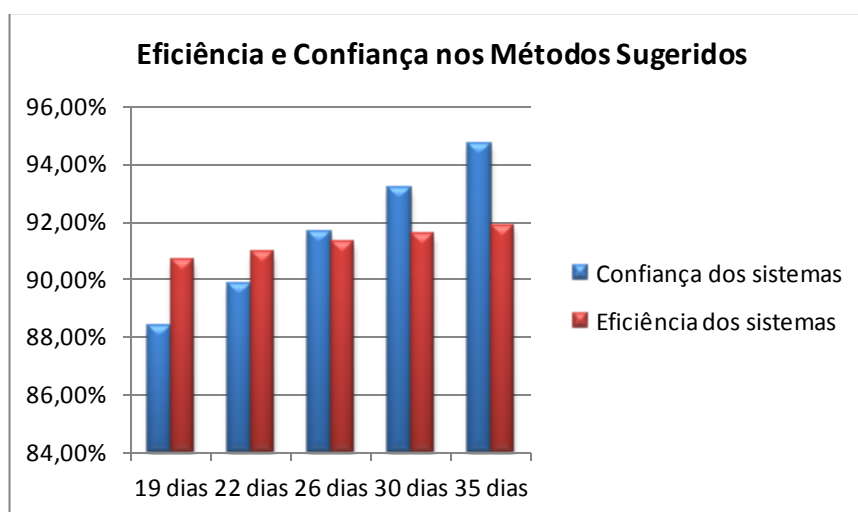
Ainda, no presente trabalho pôde-se perceber que para aumentar o atendimento à demanda de água de chuva em 6,33% (confiança do sistema) o reservatório precisa aumentar 77% de seu volume. Para a eficiência do sistema esse acréscimo é ainda menor, aumentando 1,21%, para 77% de aumento do volume.

## 5.2 CONFIANÇA E EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS

A confiança e a eficiência dos sistemas estão relacionadas com o percentual de atendimento à demanda e o percentual de água que fica retida na caixa (que não extravasa do sistema), respectivamente. Com o presente trabalho pôde-se chegar a algumas relações:

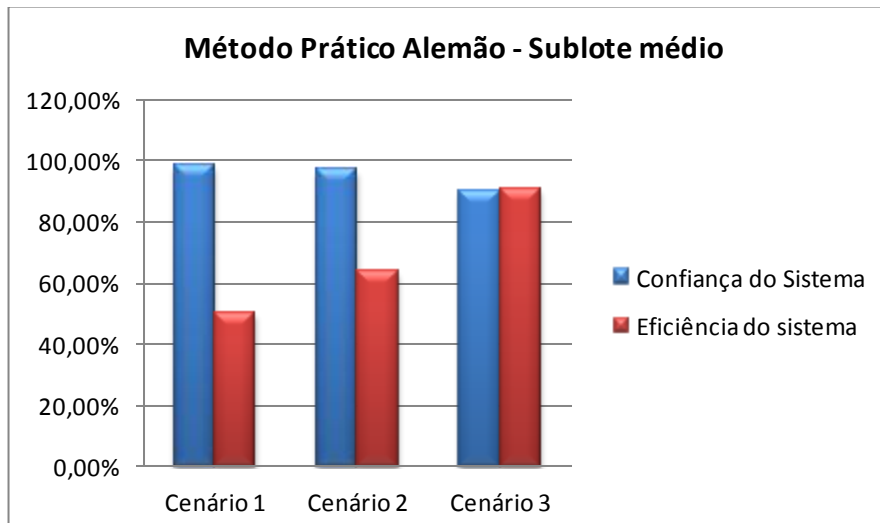
- 1º) Quanto maior a demanda, menor a confiança do sistema;
- 2º) Quanto maior a demanda, maior a eficiência do sistema;
- 3º) Quanto maior o reservatório, maior a confiança e eficiência no método analisado.

Esta última afirmação foi confirmada através da análise dos métodos sugeridos, conforme Figura 48.



**Figura 48:** Crescimento da eficiência e confiança com o aumento do volume dos reservatórios – Cenário 3.

Com o Método Prático Alemão, que foi dimensionado de acordo com a demanda, foi possível chegar à primeira afirmação, pois a demanda é atendida em 98,48% das vezes no cenário de menor demanda e 89,82% no cenário de maior demanda (Figura 49).

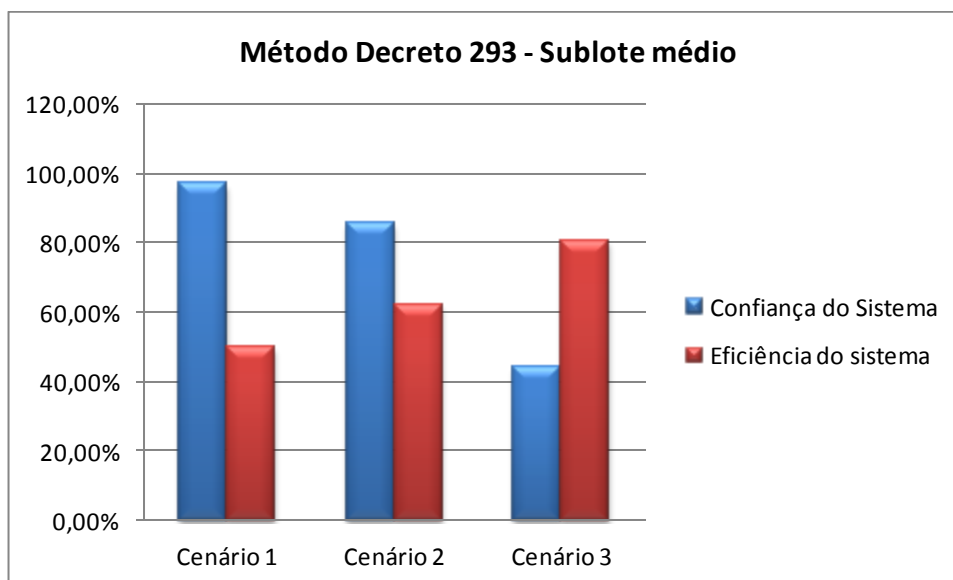


**Figura 49:** Confiança e Eficiência do sistema - Método Prático Alemão - Sublote Médio

Através da figura 49 pôde-se perceber também que o volume que deixa de extravasar (eficiência) apresenta uma variação maior ao aumentar a demanda por água da chuva do que o atendimento a demanda (confiança), para este método de dimensionamento.

Utilizando o método do Decreto Municipal, que mantém o volume do reservatório constante, independente da demanda utilizada, pôde-se chegar facilmente à segunda afirmação. Neste método, apesar de o volume continuar constante, a eficiência do sistema foi

de 50,13% no cenário de menor demanda, para 80,79% no cenário 3. Este dado, entretanto, serve apenas para confirmar a primeira afirmação, visto que este método não apresentou bons resultados com relação ao atendimento à demanda, quando os cenários são alterados (Figura 50). Conclui-se, portanto, que a eficiência do sistema mostrou-se alta para o cenário 3, independente do método de dimensionamento utilizado.



**Figura 50: Confiança e Eficiência do sistema - Método Decreto 293 de Curitiba - Sublote Médio**

Apesar de a confiança ter permanecido alta (acima de 85%), exceto no dimensionado pelo Decreto 293, o percentual de água consumida substituída por água da chuva ficou um pouco abaixo de estudos anteriores. No presente trabalho, para o Cenário 3, aproximadamente 19% da água consumida na residência foi substituída por água da chuva (considerando que o consumo médio diário por habitante é de 200L/dia). Em outros trabalhos esse percentual chega a 30%. Isso se deve a características adotadas no dimensionamento, como, por exemplo, o número de vezes que os ocupantes utilizam a bacia sanitária por dia ou quantas vezes a calçada é lavada por semana. Deve-se também aos equipamentos hidráulicos para os quais a água de chuva se destina, sendo que além dos considerados (lavagem de piso, rega de jardim e bacias sanitárias) ela pode ser utilizada também para lavar roupas e veículos.

Esta consideração é importante, pois pode-se simular que a demanda de água de chuva corresponda a 30% do total de água consumida na residência. Com isso, a eficiência do sistema seria maior.

Tratando-se da eficiência, obteve-se um resultado satisfatório com relação ao volume de água que fica retido nos reservatórios e não são encaminhados à drenagem. No método Prático Alemão dimensionado para o sublote médio para o Cenário 3, por exemplo, quando se

obteve 90,91% de eficiência média no período estudado, de toda a água escoada do condomínio, aproximadamente 24% fica retida nos reservatórios de aproveitamento.

### 5.3 IMPACTO NA DRENAGEM

Este resultado de 24%, entretanto, não é suficiente para definir o impacto do aproveitamento de água de chuva na drenagem. Isto porque os picos de vazões ocorrem de forma instantânea e as chuvas diárias não correspondem às chuvas reais dadas com intensidade e duração diferenciadas. Por esse motivo se fez necessário a discretização de uma chuva para ser adotada como chuva de projeto. Para isso foi adotada a chuva de maior intensidade (113mm) que aconteceu no dia 13/12/2010, pois foi a que causou maior impacto na drenagem no período estudado.

Tendo isso, dois parâmetros foram considerados para avaliar o impacto na drenagem: com aproveitamento de água de chuva em todas as residências e sem o aproveitamento. Quando o aproveitamento foi considerado, o dimensionamento do reservatório de cada sublote foi feito através do Cenário 3 de demanda (por ser o cenário que obteve melhores resultados de eficiência) e pelo método sugerido “19 dias” (por ter sido dimensionado com os mesmos dados disponíveis e por ter apresentado bons resultados na eficiência média - mais que 90%).

Para obter resultados mais realísticos o volume disponível do reservatório foi obtido através da simulação com dados diários de chuva. Resultou em aproximadamente 16% do volume total do reservatório. Tendo isso com a avaliação do projeto de drenagem do condomínio, pôde-se obter dados como os exutorios da microbacia considerada: duas caixas de contenção de cheias. Detectou-se aqui também as áreas de contruição e suas respectivas distâncias até o exutório e inclinação.

Com esses dados, os hidrogramas de saída do condomínio para as duas caixas de retenção foram dimensionados. O resultado apresentou uma diminuição da vazão de pico de 6,75% e 6,10% na caixa de contenção 01 e na caixa de contenção 02, respectivamente. Os hidrogramas não apresentaram retardamento do tempo de pico, visto que as caixas de aproveitamento foram consideradas apenas como caixas de passagem. A diferença foi apenas na vazão de pico e em uma redução de, em média, 6mm na chuva de projeto considerada em cada sublote.

Se comparados com as eficiências de caixas de contenção de cheias, que conseguem reduzir até 50% da vazão de pico, quando dimensionadas para vazões de 3 vezes a vazão que se tinha antes da urbanização (TASSI, 2002), essa redução obtida é muito pequena. Levando-se em consideração também que a simulação foi feita em um condomínio residencial, aonde todos os sublotes são ocupados e não conta-se com vazios urbanos e grandes áreas de contribuição diretas (além das ruas do condomínio), esses valores de redução da vazão de pico de aproximadamente 6% precisariam ser maiores para poder representar impacto em uma área urbana com todas estas adversidades.

Há a possibilidade de que o volume disponível no reservatório seja maior que 16%, diminuindo mais a vazão de pico. Entretanto, o volume disponível no reservatório depende da série de chuvas anteriores, o que invalida os sistemas de aproveitamento de água de chuva como dispositivos efetivos na redução de enchentes nas cidades.

O que se pode considerar é que as caixas de aproveitamento contribuam com outros métodos estruturais de mitigação de enchentes em pequenas áreas, como em condomínios horizontais fechados, com pequenas áreas de contribuição, aonde se tem o controle dos volumes dos reservatórios de aproveitamento e das características de escoamento direto. Dessa forma, os reservatórios de aproveitamento poderiam contribuir para diminuir o volume do reservatório de contenção de cheias, por exemplo.

## 5.4 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

### 5.4.1 Sugestões de trabalhos complementares ao método sugerido

Para trabalhos complementares sobre o método de dimensionamento sugerido, recomenda-se a aplicação em outras cidades, com dados pluviométricos distintos. Quanto maior o número de dias consecutivos sem chuva neste método, maior o coeficiente utilizado na fórmula. Por esse motivo, dependendo da região, pode-se sentir a necessidade de aplicação de outro coeficiente que diminua o volume do reservatório, para que este não fique superdimensionado. Entretanto, antes de confirmar esta afirmação o método precisa ser testado, já que são muitos os fatores que influenciam. Por exemplo, embora o coeficiente seja maior, o volume aproveitável pode ser menor que a demanda, resultando em reservatórios dimensionados adequadamente.

Outra sugestão é fazer uma verificação da possibilidade de estipular uma relação entre custo-benefício. Para isso, podem ser considerados números distintos de dias

consecutivos sem chuva, variando os tempos de retorno, e ao dimensionar, verificar seu custo. Relacionando o custo com o atendimento à demanda (confiança do sistema) seria possível estabelecer uma relação entre a fórmula e o custo benefício. Pois, ao mesmo tempo em que reservatórios maiores diminuem o consumo de água tarifada, o custo de construção do reservatório cresce com o seu tamanho, exigindo assim uma busca pelo ponto ótimo, para um determinado tempo de retorno financeiro desejável (Dornelles, 2012).

Como o método foi sugerido para residências unifamiliares em Curitiba, aonde normalmente, para os cenários de demanda estipulados, há uma grande confiança dos sistemas devido à relação “demanda” e “área de cobertura”, recomenda-se o estudo de edificações verticais multifamiliares. Pode ser possível fazer uma sugestão de métodos para estas edificações, apresentando uma relação entre demanda, número de apartamentos, área de cada apartamento e área do telhado.

#### 5.4.2 Sugestões de trabalhos complementares ao impacto na drenagem

Sugere-se que sejam feitas outras análises considerando cenários distintos de volumes disponíveis no reservatório, diferentes do considerado aqui como sendo 16%. É possível fazer uma média dos volumes disponíveis no período de chuvas e considerá-lo como um destes cenários, por exemplo.

Recomenda-se estimar para determinadas premissas e cenários qual a redução que pode ser feita aos volumes dos reservatórios de retenção de cheias ao se considerar o volume disponível nos reservatórios de aproveitamento de água de chuva.

Ainda, seria interessante fazer a simulação com os mesmos dados de áreas permeáveis para o quantitativo de volumes escoados e de vazão de escoamento, visto que no tempo de concentração da bacia, no método adotado, considerou-se apenas o percentual de área impermeável, desconsiderando-se o escoamento superficial de gramados e áreas de preservação permanente previsto no condomínio e considerado no percentual do volume escoado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água da Chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.** NBR 15527. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação predial de água fria.** NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de águas pluviais.** NBR 10844. Rio de Janeiro, 1989.
- ALESSI, F.; KOKOT, P. J.; GOMES, J. M. **Comparação do escoamento superficial gerado por pavimentos permeáveis em blocos de concreto e asfalto poroso.** Da Vinci. v. 3, n. 1, 2006. p. 139-156.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água.** Brasília, DF. 2010a. 68p. (Panorama Nacional, v. 1).
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água.** Brasília, DF. 2010b. 88p. (Resultados por estado, v. 1).
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.** 2013. Brasília, DF. 2013. 434p.
- ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, H. R. **Sistemas de aproveitamento de água de chuva.** In: LAMBERTS, et. al. Casa eficiente: uso racional da água. Florianópolis: UFSC, 2010. p. 37-62.
- ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA A.I.; RODRIGUES, E. M.; ANDREOLI, F.N. **Os mananciais de abastecimento do sistema integrado da Região Metropolitana de Curitiba.** Sanare: Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, jul. a dez. 1999.
- ANDREU, V. **Água para as cidades brasileiras.** Mundo Sustentável. 22 mar. 2012.
- BEZERRA, S. M. C. **Aula CECONS – Legislação 2012.** Curitiba. 2012. Aula apresentada para o II-CECONS - UTFPR em 17 mar. 2012.
- BEZERRA, S.M.C.; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR.** Ambiente Construído, Porto Alegre, out. a dez. 2010.
- BUFFON, F. T. **Aproveitamento de águas pluviais: efeito sobre o sistema de drenagem urbana.** 2010. 59p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.
- CURITIBA. Decreto no 293, de 28 de março de 2006. **Dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências.** Curitiba, 22 mar. 2006.



CURITIBA. Decreto no 176, de 27 de março de 2007. **Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias.** Curitiba, 27 mar. 2007.

CURITIBA. Decreto no 1677, de 01 de novembro de 2012. **Dispõe sobre a taxa de ocupação dos sublotes das residências em série, casas populares em série e conjuntos habitacionais de residências.** Curitiba, 01 nov. 2012.

CURITIBA. Lei no 9.800. **Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba e dá outras providências.** Curitiba, 03 jan. 2000.

CURITIBA. Portaria 80. **Regulamenta o disposto nos artigos 1º e 2º do Decreto 1020/2013, quanto aos parâmetros construtivos relevantes.** Curitiba, 15 jul. 2013.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** 2012. 219 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2012.

FIGUEIRAS, M. L. **Avaliação da influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade bacteriológica da água captada em telhado.** 2013. 71p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru. 2013.

FIRKOWSKI. **Extensão Urbana e Internacionalização: que relações possíveis em Curitiba.** Observatório das Metrôpoles/CNPQ. 2008.

GIACCHINI, M; ANDRADE, A. G. F. **Estudo sobre o método dos dias sem chuva para o dimensionamento de reservatórios.** Revista de Engenharia e Tecnologia, Abr. 2011.

GHIMIRE, S. R.; JOHNSTON, J. M. **Impacts of domestic and agricultural Rainwater harvesting systems on watershed hydrology: A case study in the Albemarle-Pamlico river basins (USA).** Ecohydrology e Hydromiology, 13: p. 159 – 171. 2013

GOMES, M. A. F.; PEREIRA, L. C. **Água no século XXI: desafios e oportunidades.** EcoDebate: Cidadania e Meio Ambiente, 04 jun. 2012.

GOMES, J.; WEBER, D. C.; DELONG, M. D. **Dimensionamento do reservatório de águas pluviais, usando um critério financeiro.** Revista Brasileira de Recursos hídricos, 15 (1): p. 89 – 100. 2010

GUIA SELO CASA AZUL. Selo Casa Azul: **Boas práticas para habitação mais sustentável.** Brasília, DF. 2010.

HENTGES, S. C. **Efeito de reservatório de aproveitamento de água da chuva sobre redes de drenagem pluvial.** 2013. 256 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2013.

IHU – INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. **O novo Código Florestal e o impacto na água** (entrevista com José Galisia Tundisi). EcoDebate: Cidadania e Meio Ambiente, São Leopoldo, RS, 23 nov. 2011.

IIMTEAZ, M. A.; ADEBOYE, O. B.; RAYBURG, S.; SHANABLEH, A. **Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance model.** Resources, Conservation and Recycling, 62: p. 51 - 55. 2012.

LAGE, E. S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de belo horizonte: potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade.** 2010. 181 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

LIMA, J. C. A. L. **Avaliação do desempenho do dispositivo de desvio das primeiras águas da chuva utilizada em cisternas no semiárido pernambucano.** 2012. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2012.

MARONI, J. R. **Poluição coloca em risco os mananciais.** Gazeta do Povo: Projeto Águas do Amanhã, Curitiba, PR, 04 jun. 2011.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo. 2004.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. 200 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo. 2009.

MONTEIRO, M. F. **Análise socioambiental de bacias hidrográficas de mananciais da Região Metropolitana de Curitiba baseada no acelerado processo de urbanização.** 2006. 143 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2006.

NAIME, R. **A Polêmica da avaliação de impactos ambientais.** EcoDebate: Cidadania e Meio Ambiente, 08 jun. 2011.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Levantamento do Estado da Arte: Água.** Projeto Tecnologia para Construção Habitacional Mais Sustentável. São Paulo, 2007.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G. **Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems.** Journal of Hydrology, 401: p. 65 - 76. 2011.

PINTO, L. L. C. A. **O Desempenho de Pavimentos Permeáveis como Medida Mitigadora da Impermeabilização do Solo Urbano.** 2011. 256p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

POSCHEN, P.; ITURRIZA, A. L.; LI, X.; TOBIN, S.; DESSORS, E.; DAMAAN, D. **Working towards sustainable development: opportunities for decent work and social inclusion in a green economy.** 31 maio 2012.

RAMÍREZ, B. **Reflexões com Al Gore.** Revista Acqua Vitae, 2011.

RATTNER, H. **Abordagem sistêmica, interdisciplinaridade e desenvolvimento sustentável.** Revista Espaço Acadêmico, jan. 2006.

SANDRI, E. K. **Qualidade da água da chuva e utilização de radiação ultravioleta para sua desinfecção.** 2010. 168 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville, Joinville. 2010.

SAUTCHUK, C. FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; BONI, S. S. N.; SHMIDT, W. **Conservação e Reuso da Água em Edificações.** São Paulo, 2005.

SHMIDLI, D. **Água: fonte de vida e de renda.** Revista Acqua Vitae, 2011.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais.** RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, V.10, n. 1, Jan. p. 5-23. 2005.

SUASSUNA, J. **A água no semiárido brasileiro: potencialidades e limitações.** EcoDebate: Cidadania e Meio Ambiente, 26 jul. 2012.

TEIXIERA, C.A.; PROTZEK, G. **Apostila de hidrologia.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2010.

TEIXIERA, C. A. **Aula de hidrologia – O modelo Chuva Vazão do Soil Conservation Service (SCS).** Curitiba. 2014. Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/celimar>>

TASSI, R. **Efeito dos Microrreservatório de lote sobre a Macro drenagem Urbana.** 2002. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção.** RBRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos. v. 2, n. 2, jul/dez 1997. p. 5-12.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 4.** Paris, França. 2012.

3P TECHNIK. 3P Technik Filtersysteme GmbH. **Products: Rainwater Filter.** Disponível em: < <http://www.3ptechnik.com>> Acesso em:15 jun. 2014.

## APÊNDICE A – Dimensionamento de demanda do Cenário 1

Tabela 36: Dados de demanda Cenário 1 para a soma de Todos os Sublotes

	Dados utilizados	Demanda	Uso
Demanda torneira de jardim	0,57 L/m <sup>2</sup> /dia	2L/m <sup>2</sup> /uso	2x por semana
Demanda lavagem de piso	0,00 L/m <sup>2</sup> /dia	2L/m <sup>2</sup> /uso	2x por semana
Demanda bacias sanitárias	0,00 L/hab/descarga	5 descargas/hab/dia	

Tabela 37: Demanda total de água de chuva em todos os sublotes - Cenário 1

Sublote	Área Privativa (m <sup>2</sup> )	Taxa de ocupação	Taxa de permeab.	Coef. de aproveit.	Área máxima das residências	Área máxima de cobertura (m <sup>2</sup> )	Área mínima permeável (m <sup>2</sup> )	Área de calçadas (m <sup>2</sup> )	Número de quartos	Número de pessoas	Número de descargas/dia	Demanda torneira de jardim (L/dia)	Demanda lavagem de piso (L/dia)	Demanda bacias sanitárias (L/dia)	Demanda total (L/dia)
Todos	40.164,23	50%	25%	1	40.164,23	20.082,12	10.041,06	10.041,06	3*	952	5	5.737,75	0,00	0,00	5.737,75

\*Todos os sublotes foram avaliados individualmente e o número de quartos adotado foi a média do número de quartos de todos os sublotes.

## APÊNDICE B – Dimensionamento de demanda do Cenário 2

Tabela 38: Dados de demanda Cenário 2 para a soma de Todos os Sublotes

Dados utilizados		Demanda	Uso
Demanda torneira de jardim	0,57 L/m <sup>2</sup> /dia	2L/m <sup>2</sup> /uso	2x por semana
Demanda lavagem de piso	0,57 L/m <sup>2</sup> /dia	2L/m <sup>2</sup> /uso	2x por semana
Demanda bacias sanitárias	0,00 L/hab/descarga	5 descargas/hab/dia	

Tabela 39: Demanda total de água de chuva em todos os sublotes - Cenário 2

Sublote	Área Privativa (m <sup>2</sup> )	Taxa de ocupação	Taxa de permeab.	Coef. de aproveit.	Área máxima das residências	Área máxima de cobertura (m <sup>2</sup> )	Área mínima permeável (m <sup>2</sup> )	Área de calçadas (m <sup>2</sup> )	Número de quartos	Número de pessoas	Número de descargas/dia	Demanda torneira de jardim (L/dia)	Demanda lavagem de piso (L/dia)	Demanda bacias sanitárias (L/dia)	Demanda total (L/dia)
Todos	40.164,23	50%	25%	1	40.164,23	20.082,12	10.041,06	10.041,06	3*	952	5	5.737,75	0,00	0,00	5.737,75

\*Todos os sublotes foram avaliados individualmente e o número de quartos adotado foi a média do número de quartos de todos os sublotes.

### APÊNDICE C – Dimensionamento de demanda do Cenário 3

Tabela 40: Dados de demanda Cenário 3 para a soma de Todos os Sublotes

	Dados utilizados	Demanda	Uso
Demanda torneira de jardim	0,57 L/m <sup>2</sup> /dia	2L/m <sup>2</sup> /uso	2x por semana
Demanda lavagem de piso	0,57 L/m <sup>2</sup> /dia	2L/m <sup>2</sup> /uso	2x por semana
Demanda bacias sanitárias	6,00 L/hab/descarga	5 descargas/hab/dia	

Tabela 41: Demanda total de água de chuva em todos os sublotes - Cenário 3

Sublote	Área Privativa (m <sup>2</sup> )	Taxa de ocupação	Taxa de permeab.	Coef. de aproveit.	Área máxima das residências	Área máxima de cobertura (m <sup>2</sup> )	Área mínima permeável (m <sup>2</sup> )	Área de calçadas (m <sup>2</sup> )	Número de quartos	Número de pessoas	Número de descargas/dia	Demanda torneira de jardim (L/dia)	Demanda lavagem de piso (L/dia)	Demanda bacias sanitárias (L/dia)	Demanda total (L/dia)
Todos	40.164,23	50%	25%	1	40.164,23	20.082,12	10.041,06	10.041,06	3*	952	5	5.737,75	5.723,40	28.560,00	40.021,15

\*Todos os sublotes foram avaliados individualmente e o número de quartos adotado foi a média do número de quartos de todos os sublotes.

## APÊNDICE D – Dimensionamento do Reservatório – Todos os Sublotes

Tabela 42: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 1 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
1	223,07	11631,51	132.346	698	500	400	500
2	265,55	13846,54	157.549	831	1000	400	500
3	257,49	13426,26	152.767	806	1000	400	500
4	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
5	242,02	12619,61	143.589	757	1000	400	500
6	262,40	13682,29	155.680	821	1000	400	500
7	240,00	12514,29	142.390	751	1000	400	500
8	248,62	12963,76	147.504	778	1000	400	500
9	225,64	11765,51	133.870	706	500	400	500
10	205,13	10696,06	121.702	642	500	400	500
11	250,62	13068,04	148.691	784	1000	400	500
12	290,05	15124,04	172.084	907	1000	400	500
13	216,67	11297,79	128.549	678	500	400	500
14	205,13	10696,06	121.702	642	500	400	500
15	225,64	11765,51	133.870	706	500	400	500
16	258,88	13498,74	153.591	810	1000	400	500
17	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
18	244,30	12738,50	144.941	764	1000	400	500
19	280,98	14651,10	166.703	879	1000	400	500
20	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
21	232,38	12116,96	137.869	727	500	400	500
22	331,69	17295,26	196.789	1038	1000	400	500
23	210,55	10978,68	124.918	659	500	400	500
24	209,26	10911,41	124.152	655	500	400	500
25	320,81	16727,95	190.334	1004	1000	400	500
26	294,75	15369,11	174.873	922	1000	400	500
27	216,00	11262,86	128.151	676	500	400	500
28	229,48	11965,74	136.149	718	500	400	500
29	258,14	13460,16	153.152	808	1000	400	500
30	305,72	15941,11	181.381	956	1000	400	500
31	609,23	31766,99	361.451	1906	2000	500	500
32	238,21	12420,95	141.328	745	500	400	500
33	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
34	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
35	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
36	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
37	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
38	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
39	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500

Tabela 42: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 1 (continua)

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
41	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
42	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
43	205,00	10689,29	121.625	641	500	400	500
44	286,60	14944,14	170.037	897	1000	400	500
45	269,27	14040,51	159.756	842	1000	400	500
46	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
47	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
48	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
49	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
50	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
51	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
52	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
53	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
54	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
55	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
56	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
57	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
58	237,23	12369,85	140.747	742	500	400	500
59	234,45	12224,89	139.097	733	500	400	500
60	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
61	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
62	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
63	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
64	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
65	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
66	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
67	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
68	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
69	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
70	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
71	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
72	236,72	12343,26	140.444	741	500	400	500
73	237,58	12388,10	140.954	743	500	400	500
74	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
75	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
76	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
77	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
78	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
79	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
80	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500



Tabela 42: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 1 (continua)

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
81	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
82	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
83	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
84	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
85	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
86	235,91	12301,02	139.964	738	500	400	500
87	202,76	10572,49	120.296	634	500	400	500
88	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
89	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
90	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
91	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
92	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
93	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
94	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
95	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
96	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
97	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
98	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
99	200,00	10428,57	118.658	626	500	400	500
100	235,40	12274,43	139.661	736	500	400	500
101	389,58	20313,81	231.135	1219	1000	500	500
102	228,92	11936,54	135.816	716	500	400	500
103	227,38	11856,24	134.903	711	500	400	500
104	260,66	13591,56	154.647	815	1000	400	500
105	293,95	15327,39	174.398	920	1000	400	500
106	293,01	15278,38	173.840	917	1000	400	500
107	325,64	16979,80	193.200	1019	1000	400	500
108	510,03	26594,42	302.597	1596	1500	500	500
109	468,53	24430,49	277.975	1466	1500	500	500
110	427,11	22270,74	253.401	1336	1500	500	500
111	385,70	20111,50	228.833	1207	1000	500	500
112	344,28	17951,74	204.259	1077	1000	500	500
113	302,87	15792,51	179.690	948	1000	400	500
114	261,46	13633,27	155.122	818	1000	400	500
115	220,04	11473,51	130.548	688	500	400	500
116	203,00	10585,00	120.438	635	500	400	500
117	210,18	10959,39	124.698	658	500	400	500
118	217,36	11333,77	128.958	680	500	400	500
119	232,80	12138,86	138.118	728	500	400	500
120	278,80	14537,43	165.410	872	1000	400	500
121	207,54	10821,73	123.132	649	500	400	500

Tabela 42: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 1 (continua)

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
122	225,77	11772,29	133.948	706	500	400	500
123	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
124	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
125	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
126	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
127	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
128	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
129	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
130	230,00	11992,86	136.457	720	500	400	500
131	322,00	16790,00	191.040	1007	1000	400	500
132	242,36	12637,34	143.790	758	1000	400	500
133	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
134	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
135	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
136	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
137	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
138	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
139	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
140	206,13	10748,21	122.295	645	500	400	500
141	180,92	9433,69	107.338	566	500	400	500
142	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
143	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
144	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
145	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
146	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
147	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
148	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
149	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
150	173,16	9029,06	102.734	542	500	400	500
151	214,84	11202,37	127.463	672	500	400	500
152	139,50	7273,93	82.764	436	500	300	500
153	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
154	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
155	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
156	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
157	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
158	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
159	158,85	8282,89	94.244	497	500	300	500
160	152,25	7938,75	90.329	476	500	300	500
161	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
162	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500

Tabela 42: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 1 (conclusão).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
163	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
164	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
165	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
166	202,15	10540,68	119.934	632	500	400	500
167	207,88	10839,46	123.334	650	500	400	500
168	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
169	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
170	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
171	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
172	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
173	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
174	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
175	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
176	120,05	6259,75	71.225	376	500	300	500
177	120,07	6260,79	71.237	376	500	300	500
178	120,09	6261,84	71.248	376	500	300	500
179	120,09	6261,84	71.248	376	500	300	500
180	120,09	6261,84	71.248	376	500	300	500
181	120,09	6261,84	71.248	376	500	300	500
182	120,15	6264,96	71.284	376	500	300	500
183	120,27	6271,22	71.355	376	500	300	500
184	120,27	6271,22	71.355	376	500	300	500
185	196,90	10266,93	116.819	616	500	400	500
186	244,91	12770,31	145.303	766	1000	400	500
187	157,78	8227,10	93.610	494	500	300	500
188	111,19	5797,76	65.968	348	500	300	500
189	134,14	6994,44	79.584	420	500	300	500
190	250,24	13048,23	148.465	783	1000	400	500
191	139,50	7273,93	82.764	436	500	300	500
192	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
193	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
194	181,61	9469,66	107.748	568	500	400	500
195	118,80	6194,57	70.483	372	500	300	500
196	187,95	9800,25	111.509	588	500	400	500
197	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
198	116,25	6061,61	68.970	364	500	300	500
199	138,16	7204,06	81.969	432	500	300	500
			TOTAL	125.688	125.500	74.700	99.500

Tabela 43: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 2 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
1	223,07	23263,01	132.346	1396	1500	400	500
2	265,55	27693,07	157.549	1662	1500	400	500
3	257,49	26852,53	152.767	1611	1500	400	500
4	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
5	242,02	25239,23	143.589	1514	1500	400	500
6	262,40	27364,57	155.680	1642	1500	400	500
7	240,00	25028,57	142.390	1502	1500	400	500
8	248,62	25927,51	147.504	1556	1500	400	500
9	225,64	23531,03	133.870	1412	1500	400	500
10	205,13	21392,13	121.702	1284	1500	400	500
11	250,62	26136,09	148.691	1568	1500	400	500
12	290,05	30248,07	172.084	1815	2000	400	500
13	216,67	22595,59	128.549	1356	1500	400	500
14	205,13	21392,13	121.702	1284	1500	400	500
15	225,64	23531,03	133.870	1412	1500	400	500
16	258,88	26997,49	153.591	1620	1500	400	500
17	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
18	244,30	25477,00	144.941	1529	1500	400	500
19	280,98	29302,20	166.703	1758	2000	400	500
20	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
21	232,38	24233,91	137.869	1454	1500	400	500
22	331,69	34590,53	196.789	2075	2000	400	500
23	210,55	21957,36	124.918	1317	1500	400	500
24	209,26	21822,83	124.152	1309	1500	400	500
25	320,81	33455,90	190.334	2007	2000	400	500
26	294,75	30738,21	174.873	1844	2000	400	500
27	216,00	22525,71	128.151	1352	1500	400	500
28	229,48	23931,49	136.149	1436	1500	400	500
29	258,14	26920,31	153.152	1615	1500	400	500
30	305,72	31882,23	181.381	1913	2000	400	500
31	609,23	63533,99	361.451	3812	4000	500	500
32	238,21	24841,90	141.328	1491	1500	400	500
33	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
34	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
35	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
36	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
37	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
38	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
39	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
40	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
41	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500

Tabela 43: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 2 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
42	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
43	205,00	21378,57	121.625	1283	1500	400	500
44	286,60	29888,29	170.037	1793	2000	400	500
45	269,27	28081,01	159.756	1685	1500	400	500
46	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
47	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
48	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
49	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
50	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
51	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
52	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
53	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
54	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
55	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
56	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
57	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
58	237,23	24739,70	140.747	1484	1500	400	500
59	234,45	24449,79	139.097	1467	1500	400	500
60	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
61	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
62	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
63	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
64	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
65	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
66	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
67	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
68	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
69	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
70	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
71	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
72	236,72	24686,51	140.444	1481	1500	400	500
73	237,58	24776,20	140.954	1487	1500	400	500
74	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
75	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
76	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
77	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
78	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
79	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
80	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
81	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
82	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500

Tabela 43: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 2 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
83	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
84	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
85	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
86	235,91	24602,04	139.964	1476	1500	400	500
87	202,76	21144,97	120.296	1269	1500	400	500
88	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
89	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
90	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
91	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
92	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
93	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
94	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
95	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
96	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
97	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
98	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
99	200,00	20857,14	118.658	1251	1500	400	500
100	235,40	24548,86	139.661	1473	1500	400	500
101	389,58	40627,63	231.135	2438	2500	500	500
102	228,92	23873,09	135.816	1432	1500	400	500
103	227,38	23712,49	134.903	1423	1500	400	500
104	260,66	27183,11	154.647	1631	1500	400	500
105	293,95	30654,79	174.398	1839	2000	400	500
106	293,01	30556,76	173.840	1833	2000	400	500
107	325,64	33959,60	193.200	2038	2000	400	500
108	510,03	53188,84	302.597	3191	3000	500	500
109	468,53	48860,99	277.975	2932	3000	500	500
110	427,11	44541,47	253.401	2672	2500	500	500
111	385,70	40223,00	228.833	2413	2500	500	500
112	344,28	35903,49	204.259	2154	2000	500	500
113	302,87	31585,01	179.690	1895	2000	400	500
114	261,46	27266,54	155.122	1636	1500	400	500
115	220,04	22947,03	130.548	1377	1500	400	500
116	203,00	21170,00	120.438	1270	1500	400	500
117	210,18	21918,77	124.698	1315	1500	400	500
118	217,36	22667,54	128.958	1360	1500	400	500
119	232,80	24277,71	138.118	1457	1500	400	500
120	278,80	29074,86	165.410	1744	1500	400	500
121	207,54	21643,46	123.132	1299	1500	400	500
122	225,77	23544,59	133.948	1413	1500	400	500
123	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500

Tabela 43: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 2 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
124	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500
125	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500
126	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500
127	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500
128	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500
129	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500
130	230,00	23985,71	136.457	1439	1500	400	500
131	322,00	33580,00	191.040	2015	2000	400	500
132	242,36	25274,69	143.790	1516	1500	400	500
133	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
134	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
135	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
136	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
137	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
138	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
139	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
140	206,13	21496,41	122.295	1290	1500	400	500
141	180,92	18867,37	107.338	1132	1000	400	500
142	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
143	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
144	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
145	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
146	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
147	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
148	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
149	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
150	173,16	18058,11	102.734	1083	1000	400	500
151	214,84	22404,74	127.463	1344	1500	400	500
152	139,50	14547,86	82.764	873	1000	300	500
153	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
154	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
155	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
156	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
157	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
158	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
159	158,85	16565,79	94.244	994	1000	300	500
160	152,25	15877,50	90.329	953	1000	300	500
161	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
162	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
163	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
164	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500

Tabela 43: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 2 (conclusão).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
165	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
166	202,15	21081,36	119.934	1265	1500	400	500
167	207,88	21678,91	123.334	1301	1500	400	500
168	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
169	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
170	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
171	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
172	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
173	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
174	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
175	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
176	120,05	12519,50	71.225	751	1000	300	500
177	120,07	12521,59	71.237	751	1000	300	500
178	120,09	12523,67	71.248	751	1000	300	500
179	120,09	12523,67	71.248	751	1000	300	500
180	120,09	12523,67	71.248	751	1000	300	500
181	120,09	12523,67	71.248	751	1000	300	500
182	120,15	12529,93	71.284	752	1000	300	500
183	120,27	12542,44	71.355	753	1000	300	500
184	120,27	12542,44	71.355	753	1000	300	500
185	196,90	20533,86	116.819	1232	1000	400	500
186	244,91	25540,61	145.303	1532	1500	400	500
187	157,78	16454,20	93.610	987	1000	300	500
188	111,19	11595,53	65.968	696	500	300	500
189	134,14	13988,89	79.584	839	1000	300	500
190	250,24	26096,46	148.465	1566	1500	400	500
191	139,50	14547,86	82.764	873	1000	300	500
192	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
193	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
194	181,61	18939,33	107.748	1136	1000	400	500
195	118,80	12389,14	70.483	743	500	300	500
196	187,95	19600,50	111.509	1176	1000	400	500
197	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
198	116,25	12123,21	68.970	727	500	300	500
199	138,16	14408,11	81.969	864	1000	300	500
			Total	251.376	267.000	74.700	99.500



Tabela 44: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 3 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
1	223,07	78013,01	132.346	4681	4500	400	500
2	265,55	82443,07	157.549	4947	5000	400	500
3	257,49	81602,53	152.767	4896	5000	400	500
4	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
5	242,02	79989,23	143.589	4799	5000	400	500
6	262,40	82114,57	155.680	4927	5000	400	500
7	240,00	79778,57	142.390	4787	5000	400	500
8	248,62	80677,51	147.504	4841	5000	400	500
9	225,64	78281,03	133.870	4697	4500	400	500
10	205,13	76142,13	121.702	4569	4500	400	500
11	250,62	80886,09	148.691	4853	5000	400	500
12	290,05	84998,07	172.084	5100	5000	400	500
13	216,67	77345,59	128.549	4641	4500	400	500
14	205,13	76142,13	121.702	4569	4500	400	500
15	225,64	78281,03	133.870	4697	4500	400	500
16	258,88	81747,49	153.591	4905	5000	400	500
17	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
18	244,30	80227,00	144.941	4814	5000	400	500
19	280,98	84052,20	166.703	5043	5000	400	500
20	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
21	232,38	78983,91	137.869	4739	4500	400	500
22	331,69	89340,53	196.789	5360	5500	400	500
23	210,55	76707,36	124.918	4602	4500	400	500
24	209,26	76572,83	124.152	4594	4500	400	500
25	320,81	88205,90	190.334	5292	5500	400	500
26	294,75	85488,21	174.873	5129	5000	400	500
27	216,00	77275,71	128.151	4637	4500	400	500
28	229,48	78681,49	136.149	4721	4500	400	500
29	258,14	81670,31	153.152	4900	5000	400	500
30	305,72	86632,23	181.381	5198	5000	400	500
31	609,23	129233,99	361.451	7754	8000	500	500
32	238,21	79591,90	141.328	4776	5000	400	500
33	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
34	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
35	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
36	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
37	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
38	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
39	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
40	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
41	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500

Tabela 44: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 3 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
42	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
43	205,00	76128,57	121.625	4568	4500	400	500
44	286,60	84638,29	170.037	5078	5000	400	500
45	269,27	82831,01	159.756	4970	5000	400	500
46	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
47	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
48	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
49	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
50	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
51	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
52	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
53	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
54	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
55	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
56	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
57	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
58	237,23	79489,70	140.747	4769	5000	400	500
59	234,45	79199,79	139.097	4752	5000	400	500
60	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
61	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
62	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
63	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
64	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
65	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
66	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
67	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
68	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
69	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
70	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
71	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
72	236,72	79436,51	140.444	4766	5000	400	500
73	237,58	79526,20	140.954	4772	5000	400	500
74	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
75	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
76	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
77	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
78	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
79	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
80	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
81	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
82	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500

Tabela 44: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 3 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
83	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
84	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
85	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
86	235,91	79352,04	139.964	4761	5000	400	500
87	202,76	75894,97	120.296	4554	4500	400	500
88	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
89	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
90	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
91	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
92	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
93	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
94	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
95	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
96	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
97	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
98	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
99	200,00	75607,14	118.658	4536	4500	400	500
100	235,40	79298,86	139.661	4758	5000	400	500
101	389,58	106327,63	231.135	6380	6500	500	500
102	228,92	78623,09	135.816	4717	4500	400	500
103	227,38	78462,49	134.903	4708	4500	400	500
104	260,66	81933,11	154.647	4916	5000	400	500
105	293,95	85404,79	174.398	5124	5000	400	500
106	293,01	85306,76	173.840	5118	5000	400	500
107	325,64	88709,60	193.200	5323	5500	400	500
108	510,03	118888,84	302.597	7133	7000	500	500
109	468,53	114560,99	277.975	6874	7000	500	500
110	427,11	110241,47	253.401	6614	6500	500	500
111	385,70	105923,00	228.833	6355	6500	500	500
112	344,28	90653,49	204.259	5439	5500	500	500
113	302,87	86335,01	179.690	5180	5000	400	500
114	261,46	82016,54	155.122	4921	5000	400	500
115	220,04	77697,03	130.548	4662	4500	400	500
116	203,00	75920,00	120.438	4555	4500	400	500
117	210,18	76668,77	124.698	4600	4500	400	500
118	217,36	77417,54	128.958	4645	4500	400	500
119	232,80	79027,71	138.118	4742	4500	400	500
120	278,80	83824,86	165.410	5029	5000	400	500
121	207,54	76393,46	123.132	4584	4500	400	500
122	225,77	78294,59	133.948	4698	4500	400	500
123	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500

Tabela 44: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 3 (continua).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
124	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500
125	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500
126	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500
127	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500
128	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500
129	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500
130	230,00	78735,71	136.457	4724	4500	400	500
131	322,00	88330,00	191.040	5300	5500	400	500
132	242,36	80024,69	143.790	4801	5000	400	500
133	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
134	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
135	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
136	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
137	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
138	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
139	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
140	206,13	76246,41	122.295	4575	4500	400	500
141	180,92	73617,37	107.338	4417	4500	400	500
142	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
143	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
144	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
145	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
146	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
147	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
148	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
149	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
150	173,16	72808,11	102.734	4368	4500	400	500
151	214,84	77154,74	127.463	4629	4500	400	500
152	139,50	69297,86	82.764	4158	4000	300	500
153	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
154	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
155	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
156	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
157	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
158	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
159	158,85	71315,79	94.244	4279	4500	300	500
160	152,25	70627,50	90.329	4238	4000	300	500
161	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
162	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
163	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
164	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500

Tabela 44: Dimensionamento do Reservatório - Sublotes - Cenário 3 (conclusão).

Sublote	Área privativa (m <sup>2</sup> )	Volume anual de consumo (L)	Volume anual de chuva aproveitável (L)	Volume do reservatório (L) Mét. Prático Alemão	Volume adotado (L) Mét. Prático Alemão	Volume do reservatório (L) Decreto 293	Volume adotado (L) Decreto 293
165	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
166	202,15	75831,36	119.934	4550	4500	400	500
167	207,88	76428,91	123.334	4586	4500	400	500
168	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
169	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
170	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
171	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
172	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
173	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
174	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
175	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
176	120,05	56319,50	71.225	3379	3500	300	500
177	120,07	56321,59	71.237	3379	3500	300	500
178	120,09	56323,67	71.248	3379	3500	300	500
179	120,09	56323,67	71.248	3379	3500	300	500
180	120,09	56323,67	71.248	3379	3500	300	500
181	120,09	56323,67	71.248	3379	3500	300	500
182	120,15	56329,93	71.284	3380	3500	300	500
183	120,27	56342,44	71.355	3381	3500	300	500
184	120,27	56342,44	71.355	3381	3500	300	500
185	196,90	75283,86	116.819	4517	4500	400	500
186	244,91	80290,61	145.303	4817	5000	400	500
187	157,78	71204,20	93.610	4272	4500	300	500
188	111,19	55395,53	65.968	3324	3500	300	500
189	134,14	68738,89	79.584	4124	4000	300	500
190	250,24	80846,46	148.465	4851	5000	400	500
191	139,50	69297,86	82.764	4158	4000	300	500
192	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
193	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
194	181,61	73689,33	107.748	4421	4500	400	500
195	118,80	56189,14	70.483	3371	3500	300	500
196	187,95	74350,50	111.509	4461	4500	400	500
197	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
198	116,25	55923,21	68.970	3355	3500	300	500
199	138,16	69158,11	81.969	4149	4000	300	500
			Total	876.840	879.500	74.700	99.500

## APÊNDICE E – Confiança e Eficiência – Sublote Médio

Tabela 45: Exemplo de dimensionamento da confiança e eficiência do sistema - Sublote Médio – Cenário 3 -  
Método Prático Alemão

VOLUME - MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO											
Dia	Volume Reservado (L) (antes da chuva)	Chuva Diária (mm)	Coef. de Runoff	Fator de Captação	Volume de Chuva Aproveitável (L/dia)	Volume Disponível no Reservatório (L)	Volume Resultante Armazenado (L)	Volume Aproveitado (L/dia)	Volume Extravassado (L/dia)	Confiança do Sistema (%)	Eficiência do Sistema (%)
1997-06-01	0,00	0,2	0,85	0,85	14,59	4.500,00	14,59	14,59	0,00	7%	100,00%
1997-06-02	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-03	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-04	0,00	6	0,85	0,85	437,57	4.500,00	437,57	207,61	0,00	100%	100,00%
1997-06-05	229,97	0,2	0,85	0,85	14,59	4.270,03	244,55	207,61	0,00	100%	100,00%
1997-06-06	36,94	0	0,85	0,85	0,00	4.463,06	36,94	36,94	0,00	18%	100,00%
1997-06-07	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-08	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-09	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-10	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-11	0,00	1,4	0,85	0,85	102,10	4.500,00	102,10	102,10	0,00	49%	100,00%
1997-06-12	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-13	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
1997-06-14	0,00	18,6	0,85	0,85	1.356,48	4.500,00	1.356,48	207,61	0,00	100%	100,00%
1997-06-15	1.148,87	0	0,85	0,85	0,00	3.351,13	1.148,87	207,61	0,00	100%	100,00%
1997-06-16	941,27	0	0,85	0,85	0,00	3.558,73	941,27	207,61	0,00	100%	100,00%
1997-06-17	733,66	0	0,85	0,85	0,00	3.766,34	733,66	207,61	0,00	100%	100,00%
1997-06-18	526,05	0	0,85	0,85	0,00	3.973,95	526,05	207,61	0,00	100%	100,00%
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2013-08-29	631,56	0	0,85	0,85	0,00	3.868,44	631,56	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-08-30	423,95	0	0,85	0,85	0,00	4.076,05	423,95	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-08-31	216,34	0	0,85	0,85	0,00	4.283,66	216,34	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-01	8,73	7,6	0,85	0,85	554,26	4.491,27	563,00	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-02	355,39	4	0,85	0,85	291,72	4.144,61	647,10	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-03	439,50	4,2	0,85	0,85	306,30	4.060,50	745,80	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-04	538,19	0	0,85	0,85	0,00	3.961,81	538,19	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-05	330,58	0	0,85	0,85	0,00	4.169,42	330,58	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-06	122,98	0	0,85	0,85	0,00	4.377,02	122,98	122,98	0,00	59%	100,00%
2013-09-07	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-08	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-09	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-10	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-11	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-12	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-13	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-14	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-15	0,00	0	0,85	0,85	0,00	4.500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%
2013-09-16	0,00	32,2	0,85	0,85	2.348,32	4.500,00	2.348,32	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-17	2.140,71	18,2	0,85	0,85	1.327,31	2.359,29	3.468,02	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-18	3.260,41	0,2	0,85	0,85	14,59	1.239,59	3.275,00	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-19	3.067,39	0	0,85	0,85	0,00	1.432,61	3.067,39	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-20	2.859,78	0	0,85	0,85	0,00	1.640,22	2.859,78	207,61	0,00	100%	100,00%
2013-09-21	2.652,18	38,4	0,85	0,85	2.800,48	1.847,82	4.500,00	207,61	745,05	100%	100,00%
2013-09-22	4.292,39	55,6	0,85	0,85	4.054,86	207,61	4.500,00	207,61	3.639,64	100%	100,00%
									MÉDIA	90%	90,89%

Tabela 46: Exemplo de dimensionamento da confiança e eficiência do sistema - Sublote Médio – Cenário 3 -  
Método do Decreto 293/2006 de Curitiba

VOLUME - MÉTODO DECRETO 293/2006 DE CURITIBA												
Dia	Volume Reservado (L) (antes da chuva)	Chuva Diária (mm)	Coef. de Runoff	Fator de Captação	Volume de Chuva Aproveitável (L/dia)	Volume Disponível no Reservatório (L)	Volume Resultante Armazenado (L)	Volume Aproveitado (L/dia)	Volume Extravassado (L/dia)	Confiança do Sistema (%)	Eficiência do Sistema (%)	
1997-06-01	0,00	0,2	0,85	0,85	14,59	500,00	14,59	14,59	0,00	7%	100,00%	
1997-06-02	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-03	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-04	0,00	6	0,85	0,85	437,57	500,00	437,57	207,61	0,00	100%	100,00%	
1997-06-05	229,97	0,2	0,85	0,85	14,59	270,03	244,55	207,61	0,00	100%	100,00%	
1997-06-06	36,94	0	0,85	0,85	0,00	463,06	36,94	36,94	0,00	18%	100,00%	
1997-06-07	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-08	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-09	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-10	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-11	0,00	1,4	0,85	0,85	102,10	500,00	102,10	102,10	0,00	49%	100,00%	
1997-06-12	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-13	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-14	0,00	18,6	0,85	0,85	1.356,48	500,00	500,00	207,61	648,87	100%	52,16%	
1997-06-15	292,39	0	0,85	0,85	0,00	207,61	292,39	207,61	0,00	100%	100,00%	
1997-06-16	84,78	0	0,85	0,85	0,00	415,22	84,78	84,78	0,00	41%	100,00%	
1997-06-17	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
1997-06-18	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2013-08-29	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-08-30	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-08-31	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-01	0,00	7,6	0,85	0,85	554,26	500,00	500,00	207,61	0,00	100%	100,00%	
2013-09-02	292,39	4	0,85	0,85	291,72	207,61	500,00	207,61	0,00	100%	100,00%	
2013-09-03	292,39	4,2	0,85	0,85	306,30	207,61	500,00	207,61	0,00	100%	100,00%	
2013-09-04	292,39	0	0,85	0,85	0,00	207,61	292,39	207,61	0,00	100%	100,00%	
2013-09-05	84,78	0	0,85	0,85	0,00	415,22	84,78	84,78	0,00	41%	100,00%	
2013-09-06	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-07	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-08	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-09	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-10	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-11	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-12	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-13	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-14	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-15	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-16	0,00	32,2	0,85	0,85	2.348,32	500,00	500,00	207,61	1.640,71	100%	30,13%	
2013-09-17	292,39	18,2	0,85	0,85	1.327,31	207,61	500,00	207,61	619,70	100%	53,31%	
2013-09-18	292,39	0,2	0,85	0,85	14,59	207,61	306,98	207,61	0,00	100%	100,00%	
2013-09-19	99,37	0	0,85	0,85	0,00	400,63	99,37	99,37	0,00	48%	100,00%	
2013-09-20	0,00	0	0,85	0,85	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0%	100,00%	
2013-09-21	0,00	38,4	0,85	0,85	2.800,48	500,00	500,00	207,61	2.092,87	100%	25,27%	
2013-09-22	292,39	55,6	0,85	0,85	4.054,86	207,61	500,00	207,61	3.347,25	100%	17,45%	
									MÉDIA	45%	80,79%	

## APÊNDICE F – Áreas de Contribuição – Caixas de Contenção 01 e 02

Tabela 47: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 01 (continua)

Caixa de contenção 01			
Sublotes e Trecho de ruas e calçadas	Área (m <sup>2</sup> )	Percentual impermeável da área	Área impermeável (m <sup>2</sup> )
Sublote 1	223,07	75%	167,30
Sublote 2	265,55	75%	199,16
Sublote 3	257,49	75%	193,12
Sublote 4	200,00	75%	150,00
Sublote 5	242,02	75%	181,52
Sublote 6	262,40	75%	196,80
Sublote 7	240,00	75%	180,00
Sublote 8	248,62	75%	186,47
Sublote 9	225,64	75%	169,23
Sublote 10	205,13	75%	153,85
Sublote 11	250,62	75%	187,97
Sublote 12	290,05	75%	217,54
Sublote 13	216,67	75%	162,50
Sublote 14	205,13	75%	153,85
Sublote 15	225,64	75%	169,23
Sublote 16	258,88	75%	194,16
Sublote 17	200,00	75%	150,00
Sublote 18	244,30	75%	183,23
Sublote 19	280,98	75%	210,74
Sublote 20	200,00	75%	150,00
Sublote 21	232,38	75%	174,29
Sublote 22	331,69	75%	248,77
Sublote 23	210,55	75%	157,91
Sublote 24	209,26	75%	156,95
Sublote 25	320,81	75%	240,61
Sublote 140	206,13	75%	154,60
Sublote 141	180,92	75%	135,69
Sublote 142	116,25	75%	87,19
Sublote 143	116,25	75%	87,19
Sublote 144	116,25	75%	87,19
Sublote 145	116,25	75%	87,19
Sublote 146	116,25	75%	87,19
Sublote 147	116,25	75%	87,19
Sublote 148	116,25	75%	87,19
Sublote 149	116,25	75%	87,19
Sublote 150	173,16	75%	129,87
Sublote 151	214,84	75%	161,13



Tabela 47: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 01 (continua)

Caixa de contenção 01			
Sublotes e Trecho de ruas e calçadas	Área (m²)	Percentual impermeável da área	Área impermeável (m²)
Sublote 152	139,50	75%	104,63
Sublote 153	116,25	75%	87,19
Sublote 154	116,25	75%	87,19
Sublote 155	116,25	75%	87,19
Sublote 156	116,25	75%	87,19
Sublote 157	116,25	75%	87,19
Sublote 158	116,25	75%	87,19
Sublote 159	158,85	75%	119,14
Sublote 160	152,25	75%	114,19
Sublote 161	116,25	75%	87,19
Sublote 162	116,25	75%	87,19
Sublote 163	116,25	75%	87,19
Sublote 164	116,25	75%	87,19
Sublote 165	116,25	75%	87,19
Sublote 166	202,15	75%	151,61
Sublote 167	207,88	75%	155,91
Sublote 168	120,05	75%	90,04
Sublote 169	120,05	75%	90,04
Sublote 170	120,05	75%	90,04
Sublote 171	120,05	75%	90,04
Sublote 172	120,05	75%	90,04
Sublote 173	120,05	75%	90,04
Sublote 174	120,05	75%	90,04
Sublote 175	120,05	75%	90,04
Sublote 176	120,05	75%	90,04
Sublote 177	120,07	75%	90,05
Sublote 178	120,09	75%	90,07
Sublote 179	120,09	75%	90,07
Sublote 180	120,09	75%	90,07
Sublote 181	120,09	75%	90,07
Sublote 182	120,15	75%	90,11
Sublote 183	120,27	75%	90,20
Sublote 184	120,27	75%	90,20
Sublote 185	196,90	75%	147,68
Sublote 186	244,91	75%	183,68
Sublote 187	157,78	75%	118,34
Sublote 188	111,19	75%	83,39
Sublote 189	134,14	75%	100,61
Sublote 190	250,24	75%	187,68
Sublote 191	139,50	75%	104,63

Tabela 47: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 01 (conclusão)

Caixa de contenção 01			
Sublotes e Trecho de ruas e calçadas	Área (m²)	Percentual impermeável da área	Área impermeável (m²)
Sublote 192	116,25	75%	87,19
Sublote 193	116,25	75%	87,19
Sublote 194	181,61	75%	136,21
Sublote 195	118,80	75%	89,10
Sublote 196	187,95	75%	140,96
Sublote 197	116,25	75%	87,19
Sublote 198	116,25	75%	87,19
Sublote 199	138,16	75%	103,62
Trecho 01	1.194,70	100%	1.194,70
Trecho 02	1.507,00	100%	1.507,00
Trecho 03	114,50	100%	114,50
Trecho 04	213,60	100%	213,60
Trecho 05	315,54	100%	315,54
Trecho 06	494,50	100%	494,50
Trecho 07	494,50	100%	494,50
Trecho 08	494,50	100%	494,50
Trecho 09	1.044,41	100%	1.044,41
Lazer 01	843,22	100%	843,22
Área total	20.975,53	Área impermeável total	17.410,77

Tabela 48: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 02 (continua)

Caixa de contenção 02			
Sublotes e Trecho de ruas e calçadas	Área	Percentual impermeável da área	Área impermeável (m²)
Sublote 26	294,75	75%	221,06
Sublote 27	216,00	75%	162,00
Sublote 28	229,48	75%	172,11
Sublote 29	258,14	75%	193,61
Sublote 30	305,72	75%	229,29
Sublote 31	609,23	75%	456,92
Sublote 32	238,21	75%	178,66
Sublote 33	205,00	75%	153,75
Sublote 34	205,00	75%	153,75
Sublote 35	205,00	75%	153,75
Sublote 36	205,00	75%	153,75
Sublote 37	205,00	75%	153,75
Sublote 38	205,00	75%	153,75
Sublote 39	205,00	75%	153,75

Tabela 48: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 02 (continua)

Caixa de contenção 02			
Sublotes e Trecho de ruas e calçadas	Área	Percentual impermeável da área	Área impermeável (m²)
Sublote 40	205,00	75%	153,75
Sublote 41	205,00	75%	153,75
Sublote 42	205,00	75%	153,75
Sublote 43	205,00	75%	153,75
Sublote 44	286,60	75%	214,95
Sublote 45	269,27	75%	201,95
Sublote 46	200,00	75%	150,00
Sublote 47	200,00	75%	150,00
Sublote 48	200,00	75%	150,00
Sublote 49	200,00	75%	150,00
Sublote 50	200,00	75%	150,00
Sublote 51	200,00	75%	150,00
Sublote 52	200,00	75%	150,00
Sublote 53	200,00	75%	150,00
Sublote 54	200,00	75%	150,00
Sublote 55	200,00	75%	150,00
Sublote 56	200,00	75%	150,00
Sublote 57	200,00	75%	150,00
Sublote 58	237,23	75%	177,92
Sublote 59	234,45	75%	175,84
Sublote 60	200,00	75%	150,00
Sublote 61	200,00	75%	150,00
Sublote 62	200,00	75%	150,00
Sublote 63	200,00	75%	150,00
Sublote 64	200,00	75%	150,00
Sublote 65	200,00	75%	150,00
Sublote 66	200,00	75%	150,00
Sublote 67	200,00	75%	150,00
Sublote 68	200,00	75%	150,00
Sublote 69	200,00	75%	150,00
Sublote 70	200,00	75%	150,00
Sublote 71	200,00	75%	150,00
Sublote 72	236,72	75%	177,54
Sublote 73	237,58	75%	178,19
Sublote 74	200,00	75%	150,00
Sublote 75	200,00	75%	150,00
Sublote 76	200,00	75%	150,00
Sublote 77	200,00	75%	150,00
Sublote 78	200,00	75%	150,00
Sublote 79	200,00	75%	150,00

Tabela 48: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 02 (continua)

Caixa de contenção 02			
Sublotes e Trecho de ruas e calçadas	Área	Percentual impermeável da área	Área impermeável (m²)
Sublote 80	200,00	75%	150,00
Sublote 81	200,00	75%	150,00
Sublote 82	200,00	75%	150,00
Sublote 83	200,00	75%	150,00
Sublote 84	200,00	75%	150,00
Sublote 85	200,00	75%	150,00
Sublote 86	235,91	75%	176,93
Sublote 87	202,76	75%	152,07
Sublote 88	200,00	75%	150,00
Sublote 89	200,00	75%	150,00
Sublote 90	200,00	75%	150,00
Sublote 91	200,00	75%	150,00
Sublote 92	200,00	75%	150,00
Sublote 93	200,00	75%	150,00
Sublote 94	200,00	75%	150,00
Sublote 95	200,00	75%	150,00
Sublote 96	200,00	75%	150,00
Sublote 97	200,00	75%	150,00
Sublote 98	200,00	75%	150,00
Sublote 99	200,00	75%	150,00
Sublote 100	235,40	75%	176,55
Sublote 101	389,58	75%	292,19
Sublote 102	228,92	75%	171,69
Sublote 103	227,38	75%	170,54
Sublote 104	260,66	75%	195,50
Sublote 105	293,95	75%	220,46
Sublote 106	293,01	75%	219,76
Sublote 107	325,64	75%	244,23
Sublote 108	510,03	75%	382,52
Sublote 109	468,53	75%	351,40
Sublote 110	427,11	75%	320,33
Sublote 111	385,70	75%	289,28
Sublote 112	344,28	75%	258,21
Sublote 113	302,87	75%	227,15
Sublote 114	261,46	75%	196,10
Sublote 115	220,04	75%	165,03
Sublote 116	203,00	75%	152,25
Sublote 117	210,18	75%	157,64
Sublote 118	217,36	75%	163,02
Sublote 119	232,80	75%	174,60

Tabela 48: Áreas de contribuição - Caixa de Contenção 02 (conclusão)

Caixa de contenção 02			
Sublotes e Trecho de ruas e calçadas	Área	Percentual impermeável da área	Área impermeável (m²)
Sublote 120	278,80	75%	209,10
Sublote 121	207,54	75%	155,66
Sublote 122	225,77	75%	169,33
Sublote 123	230,00	75%	172,50
Sublote 124	230,00	75%	172,50
Sublote 125	230,00	75%	172,50
Sublote 126	230,00	75%	172,50
Sublote 127	230,00	75%	172,50
Sublote 128	230,00	75%	172,50
Sublote 129	230,00	75%	172,50
Sublote 130	230,00	75%	172,50
Sublote 131	322,00	75%	241,50
Sublote 132	242,36	75%	181,77
Sublote 133	116,25	75%	87,19
Sublote 134	116,25	75%	87,19
Sublote 135	116,25	75%	87,19
Sublote 136	116,25	75%	87,19
Sublote 137	116,25	75%	87,19
Sublote 138	116,25	75%	87,19
Sublote 139	116,25	75%	87,19
Trecho 10	2.880,70	100%	2.880,70
Trecho 12	1.460,70	100%	1.460,70
Trecho 13	1.424,03	100%	1.424,03
Trecho 14	2.591,93	100%	2.591,93
Lazer 02	2.762,32	100%	2.762,32
Área total	37.034,85	Área impermeável total	30.556,06