



**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO NÃO
POTÁVEL EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM CURITIBA-PR
UM ESTUDO COMPARATIVO**

CURITIBA
2011



PAULO ROBERTO BARBOSA
ANTONIO RONALDO CUBAS

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO NÃO
POTÁVEL EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM CURITIBA-PR
UM ESTUDO COMPARATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Gerenciamento e Execução de Obras.

Orientador: Prof. Msc. Mauricio Bianchini.

CURITIBA
2011

AGRADECIMENTOS

De Paulo Roberto Barbosa, à minha esposa Vanessa, e meu filho Juninho, pela compreensão das horas de lazer postergadas, para um bem maior, “O Conhecimento”.

Ao professor Mauricio Bianchini pela sua competência, atenção e pelo seu incansável incentivo sempre motivador para que pudéssemos concretizar este trabalho.

FOLHA DE APROVAÇÃO

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA USO NÃO POTÁVEL EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM CURITIBA-PR UM ESTUDO COMPARATIVO

Por

PAULO ROBERTO BARBOSA

ANTONIO RONALDO CUBAS

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E EXECUÇÃO DE
OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 18 de dezembro de 2011

Maurício Bianchini

Ricardo Habib

Luana Scheifer

RESUMO

O presente trabalho avaliou e comparou a Lei 10.785/03 e Decreto Lei 293/06 do Município de Curitiba-PR, no tocante ao dimensionamento do reservatório de aproveitamento de água de chuva para uso não potável com as metodologias de dimensionamento especificadas na NBR 15527 de 2007 e legislações vigentes na cidade de São Paulo e Rio de Janeiro. Também se utilizou como comparação a metodologia desenvolvida por FENDRICH (2002). A comparação foi feita em função do volume de armazenamento, área de projeção, custo de construção e impacto financeiro ocasionado pela área de ocupação do reservatório. O reservatório foi projetado levando em consideração as cinco metodologias descritas e utilizou-se como estudo de caso um conjunto residencial composto por três edifícios, localizado na região central de do Município de Curitiba-PR. Os edifícios são de 30 pavimentos, com um total de 324 apartamentos e os reservatórios de água de chuva foram situados na garagem de cada edifício. O estudo demonstrou que o método de dimensionamento descrito na Lei 10.785/03 e Decreto lei 293/06 da cidade de Curitiba-PR, que leva em consideração o número de apartamentos e quantidade de quartos por apartamentos, e não a área de coleta (cobertura) das edificações (fator primordial de dimensionamento preconizado nos outros métodos analisados), resulta em volume de reservação muito superior às outras metodologias estudadas.

Palavras chave: água de chuva, aproveitamento, dimensionamento, reservatório, não potável.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Distribuição das águas na Terra (TUNDISI, 2003).....	18
Figura 2. Ciclo hidrológico da água (BRAGA, 2006).....	22
Figura 3. Chuvas frontais ou ciclônicas (www.infoescola.com).....	24
Figura 4. Chuvas orográficas (www.infoescola.com).....	25
Figura 5. Chuvas de convecção térmica (www.infoescola.com).....	25
Figura 6. Pluviômetro (www.saae.sp.gov.br).....	26
Figura 7. Esquema demonstrativo do sistema de aproveitamento de água de chuva apenas com pré-tratamento (HERMANN E SCHMIDA, 1999).....	32
Figura 8. Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva (HERMANN E SCHMIDA, 1999).....	33
Figura 9. Esquema demonstrativo do sist. de aproveitamento de água de chuva com pré-tratamento e tratamento (HERMANN E SCHMIDA, 1999).....	33
Figura 10. Desenho esquemático de aproveitamento de água de chuva (VALLE, 2005).....	34
Figura 11. Desenho esquemático do reservatório para aproveitamento de água de chuva utilizado para a análise.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Parâmetros de Qualidade de água de chuva p/ usos restritivos não potáveis (NBR 15527: 2007).....	31
Tabela 2.	Frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva (NBR 15527:2007).....	35
Tabela 3.	Dados do projeto.....	37
Tabela 4.	Média das precipitações anuais em Curitiba (SUDERHSA, 2005).....	38
Tabela 5.	Média das precipitações em Curitiba ano 2008 (SIMEPAR).....	38
Tabela 6.	Comparação de volume dos reservatórios, com os valores obtidos da tabela 8.....	45
Tabela 7.	Comparação das áreas de projeção horizontal dos reservatórios, com valores obtidos da tabela 8.....	46
Tabela 8.	Comparação dos quantitativos (atividades/insumos) para construção dos reservatórios.....	48
Tabela 9.	Custos unitários dos serviços para construção dos reservatórios.....	48
Tabela 10.	Comparação dos custos de construção dos reservatórios, obtidos a partir das tabelas 8 e 9.....	49
Tabela 11.	Comparação do número e o valor das vagas atingidas para implantação dos reservatórios.....	51
Tabela 12.	Comparação dos custos de construção combinado com o valor das vagas de garagem atingidas obtidas a partir da tabela 11.....	50

LISTA DE ABREVIACÕES

DIM	Demanda interna mensal.....	39
GRH	Grupo de Recursos Hídricos da Bahia.....	22
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná.....	38
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná.....	38

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	3
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
RESUMO	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE ABREVIACÕES	8
SUMÁRIO.....	9
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1. Objetivo Geral	14
1.2.2. Objetivos Específicos	14
1.3. HIPÓTESE	15
1.4. JUSTIFICATIVAS	15
1.4.1. Tecnológicas.....	15
1.4.2. Econômicas	15
1.4.3. Sociais	16
1.4.4. Ecológicas	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. A ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO.....	18
2.2. A ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL	19
2.3. USO MÚLTIPLO DA ÁGUA	20
2.4. CICLO HIDROLÓGICO	21
2.5. PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA.....	23
2.6. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA.....	27
2.7. CONDIÇÕES GERAIS	28
2.7.1. Concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	29
2.7.2. Calhas e condutores.....	29

2.7.3. Reservatórios	29
2.7.4. Qualidade da água	31
2.7.5. Instalações prediais	34
2.7.6. Manutenção	35
3. METODOLOGIA	36
3.1. DADOS DO PROJETO	36
3.2. DADOS HIDROLÓGICOS	37
3.3. CÁLCULO DA DEMANDA.....	39
3.3.1. Demanda interna	39
3.3.2. Demanda externa.....	39
3.4. CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA	
40	
3.4.1. Volume de água de chuva aproveitável	40
3.4.2. Volume do reservatório, segundo o método de FENDRICH (2002)	
41	
3.4.3. Volume do reservatório, segundo o método brasileiro, item A-3, da	
NBR 15527/2007.....	42
3.4.4. Volume do reservatório, segundo a legislação da cidade do Rio de	
Janeiro	42
3.4.5. Volume do reservatório, segundo a legislação da cidade de São Paulo	
43	
3.4.6. Volume do reservatório, segundo a legislação da cidade de Curitiba	
44	
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS	45
4.1.1 Comparação de volumes dos reservatórios	45
4.1.2 Comparação das áreas de projeção horizontal dos reservatórios	46
4.1.3 Comparação dos custos de construção dos reservatórios.....	46
4.1.4 Comparação dos custos de construção dos reservatórios combinado	
com o valor das vagas de garagem atingidas	49

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
8	ANEXOS	56

1. INTRODUÇÃO

A água é a fonte de vida fundamental para a sobrevivência humana e o crescimento populacional. Os grandes aglomerados urbanos, a industrialização, a falta de consciência ambiental, através da poluição de potenciais mananciais de captação superficial, faz com que se torne cada vez mais um recurso natural escasso, finito e valioso, sendo foco de inúmeros estudos para a sua preservação e conservação.

A utilização da água de chuva advém de mais de 2000 anos, onde a população já captava a água para utilização na agricultura, para seus animais e fins domésticos (TOMAZ, 2003).

No mundo, 97,5% da água é salgada e a água doce representa somente 2,5%. Porém, 68,9% da água doce está congelada nas calotas do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas (TOMAZ, 2003). O Brasil possui 12% da disponibilidade hídrica mundial distribuída desigualmente, pois cerca de 80% se encontra em apenas três grandes bacias hidrográficas: Amazonas, São Francisco e Paraná (TUNDSI, 2003).

Um dos métodos para a conservação da água é o seu aproveitamento a partir da sua precipitação em forma de chuva. O manejo tradicional tratava a água de chuva como um problema, algo que precisa ser eliminado o mais rápido possível sem a preocupação com o seu reaproveitamento. Atualmente, sabe-se que a água de chuva é um recurso subutilizado capaz de reduzir a demanda de abastecimento de água potável. Esse recurso é uma fonte importantíssima para fins não potáveis, tais como: irrigação de jardins, lavagens de calçadas, descargas em bacias sanitárias, lavagem de automóveis e emprego em torres de resfriamento.

O consumo médio em uma residência é em torno de 200 L/hab.dia, sendo assim distribuídos: 35% vaso sanitário, 27% banho, 17% cozinha, 7% lavagem de roupa, 6% lavatório, 4% tanque e os 4% restantes divididos entre lavagens de carro e piso, jardins e ingestão humana (TOMAZ, 2000). Como a

maior demanda é destinada ao vaso sanitário, se constitui uma boa alternativa a utilização de água de chuva para esta finalidade.

A construção de um sistema de captação de água pluvial para uso residencial é uma alternativa que além de diminuir o consumo doméstico de água tratada, contribuirá para evitar um futuro problema da escassez, promovendo a sustentabilidade.

Um sistema de captação convencional é composto pela área de captação (cobertura), calhas e tubulações de alimentação do reservatório, sistema de limpeza do telhado, reservatório, tubulações e sistema de tratamento para os pontos de consumo. Conforme FENDRICH (2002), um telhado de 60m² pode captar um volume diário de 222 L ou 81m³ anuais.

Assim como São Paulo, Rio de Janeiro e outras cidades, em Curitiba-PR, o poder público tomou medidas preventivas contra a escassez da água, através da Lei Municipal nº. 10.785 de 18 de setembro de 2003, que cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, e Decreto Lei 293/06, que regulamenta a referida lei e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências.

O presente estudo tem por objetivo avaliar e comparar para um projeto específico, o método de cálculo proposto pelo programa PURAE, disposto em seu art. 5º que trata do dimensionamento de reservatórios em edificações que é fundamentado basicamente no número de unidades e número de quartos da edificação, confrontando com os métodos preconizados pela NBR 15527/07, Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins não Potáveis – Requisitos, e outros métodos utilizados no país que levam em conta os dados hidrológicos e a geometria da área de captação.

Foram empregados no presente estudo cinco métodos diferentes para dimensionamento dos reservatórios, três métodos seguem leis e decretos das cidades de Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro, um método segue o que preconiza a NBR 15527/07, e um método segue os estudos feitos por FENDRICH (2003), que é um pesquisador da região de Curitiba-PR.

O projeto específico utilizado foi de um conjunto de edifícios residenciais com 03 torres de 30 pavimentos cada, totalizando 324 apartamentos com 03 quartos, e área de cobertura (telhado) total de 1.374 m² na região central de Curitiba-PR.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

As exigências da Lei 10.785/03 e Decreto Lei 293/06 da cidade de Curitiba-Pr, para o dimensionamento dos reservatórios de aproveitamento de água de chuva, causam superdimensionamento dos reservatórios quando aplicadas na construção de um edifício residencial?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar comparativamente a Lei 10.785/03 e Decreto Lei 293/06, do Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, da cidade de Curitiba, mais especificamente no que tange o dimensionamento dos reservatórios, a outros métodos de dimensionamento e legislação de outras cidades, em um conjunto de edifícios residenciais na cidade de Curitiba – PR, verificando o possível superdimensionamento dos reservatórios.

1.2.2. Objetivos Específicos

Avaliar o impacto financeiro ocasionado ao empreendimento pelo aumento da área abrangida pelo reservatório, tanto no aspecto construtivo como no aspecto mercadológico.

1.3. HIPÓTESE

Os reservatórios de aproveitamento da água de chuva, em função das leis vigentes para o município de Curitiba-PR estão superdimensionados.

1.4. JUSTIFICATIVAS

1.4.1. Tecnológicas

O uso da água da chuva não pode ser indiscriminado, pois a mesma também requer tratamento, em especial para a remoção de microrganismos patogênicos. Além disso, é importante ter atenção para o fato que a água de chuva não pode ser utilizada sem a observância de critérios estabelecidos na NBR 15527/2007 Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins não Potáveis – Requisitos.

O seu armazenamento em reservatórios, que deverão ser dimensionados adequadamente, deverá suprir as necessidades características da edificação, tanto no aspecto de utilização e também de maneira que a sua construção seja viável ao empreendedor.

1.4.2. Econômicas

A economia na demanda de água potável, utilizando um sistema de aproveitamento de água de chuva é notoriamente justificável, com um consumo médio per capita de 132 L/hab.dia, conforme apresentado em SANTOS; SAUNITTI; BUSATO (2001) para Curitiba e Região Metropolitana, pode-se fazer uma análise de consumo:

O consumo em bacias sanitárias, levando-se em consideração uma bacia sanitária comumente disponível no mercado com quatro descargas de 12 L

por dia, totaliza-se 48 L, sendo esse valor correspondente a 36% do consumo diário per capita de água potável.

O valor adotado é muito próximo ao valor citado por TOMAZ (2003), de que 30% da água consumida nas residências são utilizadas em descargas dos vasos sanitários e 20% em máquinas de lavar roupas.

Segundo KEELER e BURKE (2010), com uma economia diária de água potável, haverá uma quantidade muito menor de água para limpar e tratar, antes da sua reinserção em nossos sistemas naturais.

1.4.3. Sociais

A água é um recurso natural finito e cada vez mais escasso, e deve ser utilizado de maneira sustentável, pois a sua utilização de maneira indiscriminada causa grandes transtornos sociais, a sua falta em áreas menos favorecidas gera enormes problemas na saúde coletiva. Segundo TOMAZ (2003) a conservação da água é um conjunto de atividades com o objetivo de:

- Reduzir a demanda de água;
- Melhorar o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma;
- Implantar práticas para economizar água.

1.4.4. Ecológicas

O aproveitamento da água de chuva torna-se a cada dia, um item indispensável na concepção de novos projetos, tanto na área residencial como comercial, sendo um dos pontos chaves para a concessão de selos de sustentabilidade de diversos órgãos certificadores, dentre eles o Green Building Council Brasil.

De acordo com o Simepar, a intensidade média anual de precipitação pluviométrica na cidade de Curitiba é de 1.420 mm/ano. Com esse dado pode-se simular que em um telhado com dimensão de 100m², em um ano, poderá ser acumulado em um reservatório de aproveitamento de água de chuva, um volume total de 142.000 L de água, essa água poderá utilizada, para fins menos nobres, como lavagens de pisos, irrigação de jardins e utilizado nas descargas dos vasos sanitários.

Nesse trabalho, demonstra-se que o aproveitamento da água de chuva para atividades não potáveis, em conjunto com dimensionamento adequado dos reservatórios para o armazenamento da água de chuva, implica:

- Na redução de tratamento de água potável;
- Melhor distribuição da carga de água de chuva imposta ao sistema de drenagem urbana;
- Menor consumo de materiais para a construção dos reservatórios, que por sua vez diminui a exploração de recursos naturais para a produção dos mesmos;

Contribuindo assim de maneira significativa para a sustentabilidade e preservação do meio ambiente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A ESCASSEZ DE ÁGUA NO MUNDO

A água vem se tornando um bem escasso em nível mundial, onde 97% é de água salgada e menos de 3% da água do planeta é constituída por água doce. Deste total de água doce 68,9% estão em forma de geleiras e calotas polares, 29,9% águas subterrâneas, 0,3% rios lagos e 0,09% em outros reservatórios, conforme a Figura 1.

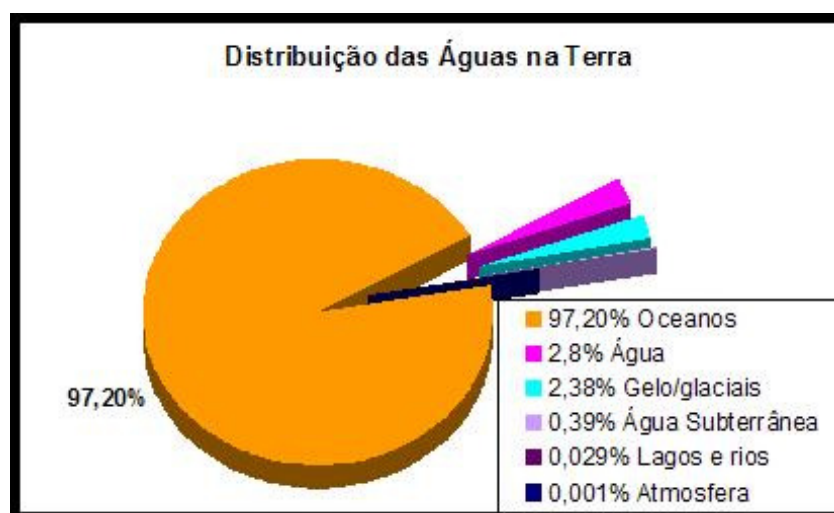


Figura 1. Distribuição das águas na Terra (TUNDISI, 2003)

A escassez de água está presente em diversos países, e se agrava cada vez mais, onde muitas pessoas sobrevivem com o aproveitamento da água de chuva (GROUP RAINDROOPS, 2002).

Os problemas relacionados com a água, quase sempre ocasionados por uma má utilização, até bem mais do que pela distribuição desigual, podem contribuir para deteriorar as relações entre os seres humanos (LUCHINI, 1999).

O autor ainda cita que a incerteza resultante da escassez de água no mundo vem acarretando na necessidade de se introduzir praticas mais flexíveis de gestão desse recurso, como: descentralização, integração e participação. Pois,

somente desta forma a preocupação com a sustentabilidade será incorporada tanto pelas políticas públicas como pelas ações de empresários e cidadãos.

2.2. A ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL

A disponibilidade de água no Brasil ainda é significativa. O país detém cerca de 8% da oferta mundial de água. Entretanto, 80% da água doce do país encontra-se na região Amazônica, restando apenas 20% para o abastecimento das demais áreas do território brasileiro, as quais concentram 95% da população (TUNDISI, 2003).

O Brasil dispõe de grande quantidade de água, pois vigoram na maior parte de seu território climas como o equatorial tropical e subtropical e subtropical úmido, determinando a existência de um ponderável excedente hídrico (REBOUÇAS, 1999).

Porém a degradação ambiental, nas suas mais diferentes formas de manifestação, é um forte elemento gerador ou acentuador da escassez, afetando em larga escala as águas doces, tanto as estocadas no próprio meio natural, quanto as represadas. Este tem sido um dos motivos do problema da escassez de água para o consumo urbano em muitas grandes cidades brasileiras, devendo ainda ser ressaltado o impacto negativo para a saúde e ao meio ambiente em geral (WALDMAN, 1994).

KIDMAN (2001) discute quatro metodologias para o regime de escassez de água, ou seja, em ambientes de racionamento:

No racionamento dito “selvagem”, não existem regras pré-definidas e a alocação se dá de montante para jusante, favorecendo os usuários melhores situados hidrologicamente.

No relacionamento linear, todos os usuários sofrem abastecimentos proporcionais as suas demandas, de modo a acomodá-las as ofertas hídricas.

No racionamento cronológico os usuários mais antigos têm prioridade no acesso a água.

No racionamento econômico, a prioridade de acesso a água é definida na ordem inversa ao benefício líquido unitário. Visando a eficiência econômica da distribuição e alocação de água, as dificuldades de aplicação do método está na quantificação dos custos e benefícios de cada usuário e no efetivo controle das regras definidas.

Segundo LUCHINI (1999), além da degradação ambiental, o desperdício e a falta de preocupação com a elaboração de um planejamento integrado, capaz de dar conta dos usos múltiplos da água, a falta de ferramentas de monitoramento ou acompanhamento permanente da situação ambiental contribuem para o agravamento da escassez de água no país.

Também, segundo WALDMAN (1994) as desigualdades sociais, políticas, e econômicas contribuem decisivamente para explicar os diferentes perfis de consumo e de utilização dos recursos hídricos.

O desperdício no abastecimento é um fator agravante para a iminente falta de água, e ocorre desde o mau uso, com instalações construídas fora das normas e também por meio de ligações clandestinas.

2.3. USO MÚLTIPLO DA ÁGUA

O ser humano vem aumentando gradativamente o seu consumo de água, no decorrer de sua existência. A maior demanda deve-se ao crescimento populacional, elevação do consumo nas indústrias e também na agricultura, tem gerado uma pressão permanente sobre os recursos hídricos (TUNDISI, 2003).

Na década de 1960 o consumo direcionado para irrigação aumentou vertiginosamente conforme pesquisa de BISWAS (1983), na década de 90 somente a indústria norte americana consumiu 120 bilhões de litros por dia (TUNDISI, 2003).

Os usos múltiplos da água incluem além da irrigação e do consumo doméstico, a utilização na indústria, na geração de energia (hidroelétricas), recreação, turismo, aquicultura, pesca, transporte, navegação, mineração e usos estéticos (paisagens, jardins) (TUNDISI, 2003).

A irrigação representa quase 70% do consumo mundial de água (RAVEN et al.,1998).

Para o uso doméstico, a água é empregada pelo homem desde suas necessidades mais básicas como preparação de alimentos, suprimento para o corpo, higiene e disposição de resíduos, assim como para a irrigação e criação de animais.

NOGUEIRA (2003) traz valores mais completos da divisão do consumo per capita no Brasil, que é 200 L / habitante /dia e são destinados:

- 27% para cozinhar e beber.
- 25% higiene.
- 12% lavagem de roupas.
- 3% outros.
- 33% descargas de banheiro.

Apesar de existirem divergências, diversos autores citam valores acima de 30% do volume per capita para utilização em descargas de vasos sanitários. Outros usos classificados como não nobres aumentam esta porcentagem a valores de até 50% (TUNDISI, 2003).

Ainda que o consumo doméstico de água seja pequeno, a proporção de água disponível e a distribuição desigual dos recursos de água, combinados com precária administração ambiental e o desperdício, remetem a água ao status de bem econômico, pois é um recurso único e finito e de crescente importância (FILHO, 2000).

No Brasil, a Lei Nº 9433/1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e define a água como um bem de domínio público, constituindo um recurso natural limitado e dotado de valor econômico (LUCHINI, 1999).

2.4. CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é o processo natural que permite a circulação e a renovação cíclica de água no planeta, sendo este um processo físico que possui

basicamente os fenômenos da evaporação e da precipitação. Este ciclo tem como objetivo realimentar o volume de água nos mares, oceanos, nas superfícies dos continentes e no subsolo (SANTOS, 2001)

Segundo BRAGA (2006), os processos que compõem o ciclo hidrológico são: precipitação, escoamento superficial, infiltração, escoamento subterrâneo, e evaporação (Figura 2).



Figura 2. Ciclo hidrológico da água (BRAGA, 2006)

Conforme o GRH, Grupo de Recursos Hídricos, da Bahia (2003) pode-se descrever os processos que compõem o ciclo hidrológico como:

- a) Escoamento subterrâneo; é constituído por parte da água infiltrada na camada superior do solo. Parte desta água serve para alimentar rios e lagos, além de auxiliar a manutenção da vazão de base dos rios em época de estiagem.
- b) Evapotranspiração; é parte da água utilizada pela vegetação, retirada do solo que é eliminada sob forma de vapor pelas folhas.
- c) Infiltração; é o processo de penetração da água no solo. Quando a precipitação exerce a capacidade de infiltração do solo a água esco superficialmente.

- d) Evaporação; é o processo em que a água após receber energia do sol ou de outras fontes, volta à atmosfera na forma de vapor.
- e) Precipitação; ocorre quando as gotículas de água condensam-se atingindo o solo sob forma de chuva, granizo, neve ou orvalho.
- f) Escoamento Superficial; é composto pela água que escoar sobre o solo dirigindo-se a local de menores altitudes, até atingir rios, lagos e oceanos. Durante este processo parte da água pode sofrer infiltração, evaporação ou ficar retida em camadas superiores do solo.

O GRH, Grupo de Recursos Hídricos, da Bahia (2003), ainda cita que com o crescimento da população o homem vem alterando o meio ambiente através do desmatamento e construções que afetam a impermeabilidade da superfície. Tais modificações, como telhados e pavimentações, afetam a recarga dos aquíferos subterrâneos e aumentam o volume do escoamento superficial. Estas alterações causadas no ciclo hidrológico acarretam freqüentes enchentes, causando transtornos e prejuízos às populações urbanas.

2.5. PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA

Segundo BRAGA (2006), a precipitação ocorre quando gotículas do vapor de água condensam-se, atingindo o solo sob forma de chuva, granizo, neve ou orvalho. As precipitações ocorridas em forma de chuva, como é mais comum, contribuem para a vazão dos rios e podem ser facilmente medidas.

Devido ao calor recebido do sol, a atmosfera age como um reservatório e um sistema de transporte e distribuição de vapor de água, auxiliando no equilíbrio radioativo da terra (BRAGA et al., 2006).

As informações sobre os fenômenos meteorológicos servem para expressar os processos de mudanças de tempo, principalmente os associados à precipitação. O principal fator para a formação das precipitações é o resfriamento

das massas de ar devido à conservação térmica, ao relevo ou ação frontal de massa (GARCEZ e ALVAREZ, 1999).

Conforme GARCEZ e ALVAREZ (1999) há três tipos de chuva:

Chuvas frontais ou ciclônicas: chuva ocorrida no encontro de duas massas de ar com características diferentes de temperatura e umidade. Na figura 3 observam-se como as chuvas frontais se comportam.

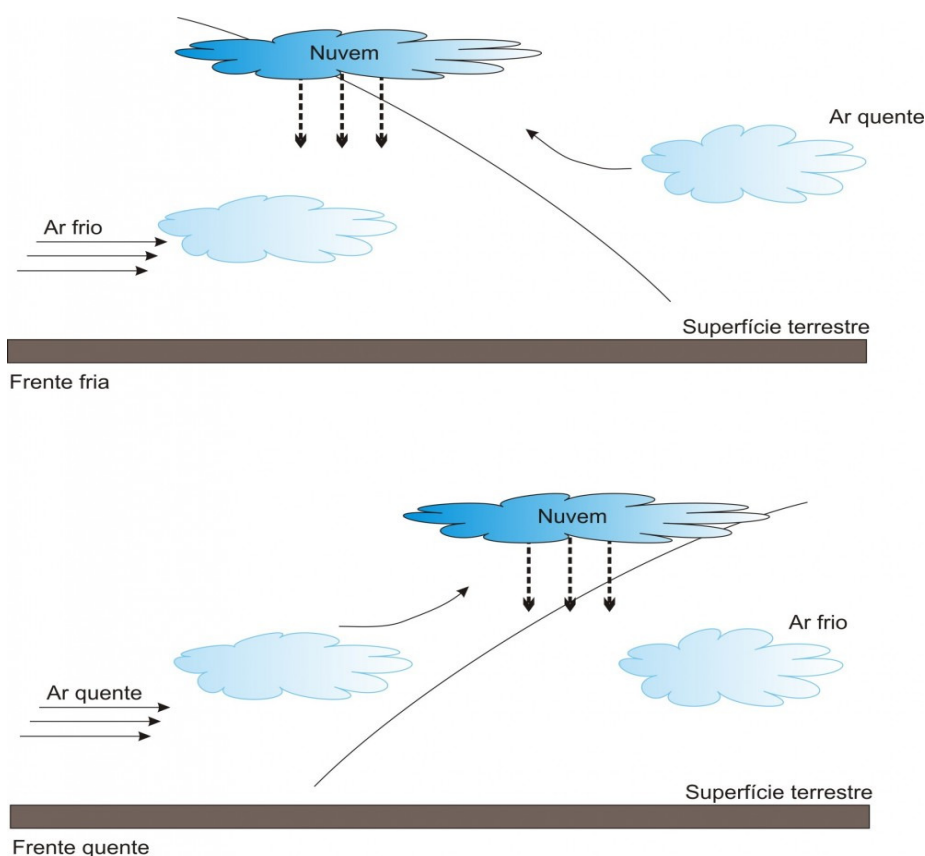


Figura 3. Chuvas frontais ou ciclônicas (www.infoescola.com)

Chuvas orográficas ou de relevo: chuva ocorrida quando o ar é forçado a transpor barreiras montanhosas. Na figura 4 observa-se como as chuvas orográficas se comportam.

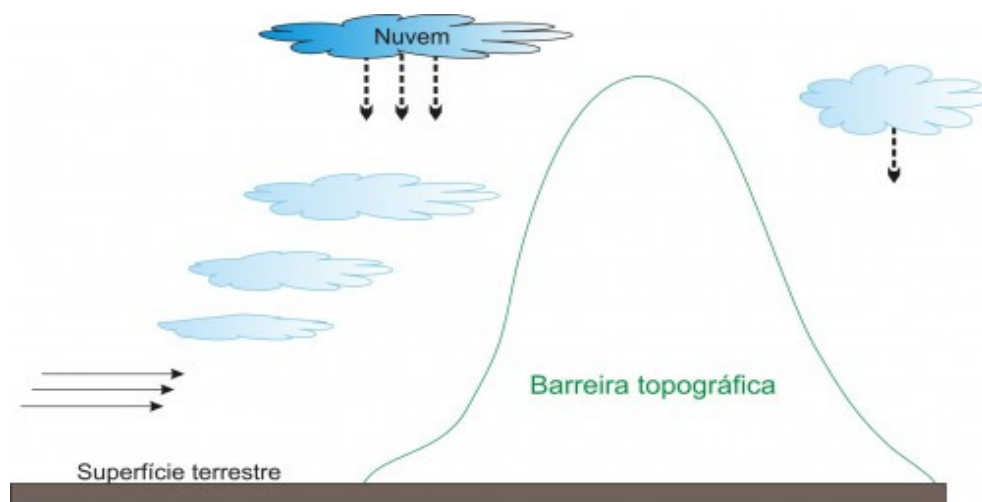


Figura 4. Chuvas orográficas (www.infoescola.com)

Chuvas de convecção térmica: chuva ocorrida pela ascensão de ar devido às diferenças de temperatura, resfriando o ar e condensando o vapor de água, causando a precipitação. São conhecidas como tempestades ou trovoadas, que tem grande intensidade e curta duração. Na figura 5 observa-se como as chuvas convectivas se comportam.

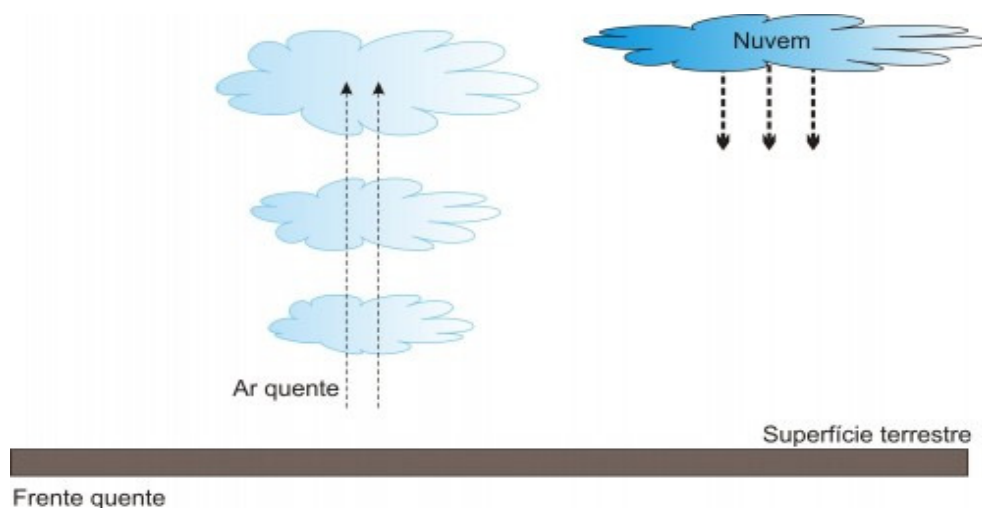


Figura 5. Chuvas de convecção térmica (www.infoescola.com)

Segundo SANTOS (2001), a medida da quantidade de chuva é efetuada pela altura da água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Esta quantidade de água precipitada pode ser aferida por um aparelho chamado pluviômetro, que fornece o resultado da altura da precipitação quando divide a quantidade de volume recolhido pela área de captação. Na figura 6 observa-se o instrumento pluviômetro.



Figura 6. Pluviômetro (www.saae.sp.gov.br)

Conforme PINTO (1976), a intensidade de uma precipitação em uma região, pode ser estimada pela formula empírica, apresentada na equação 1

$$i = \frac{a \times T_r^n}{(t + b)^m} \quad (1)$$

Sendo:

a, b, m, n: índices que variam para cada local:

i: intensidade em mm/hora;

t: duração do evento em minutos;

T_r : tempo de recorrência em anos.

Para Curitiba a expressão obtida pelo professor Pedro Viriato Parigot de Souza está apresentada pela equação 2 (PINTO, 1976):

$$i = \frac{5.950 \times T_r^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}} \quad (2)$$

Sendo:

i: intensidade em mm/hora;

t: duração do evento em minutos

T_r : tempo recorrência em anos.

Além da expressão citada, pode ser utilizado para Curitiba a expressão definida por FENDRICH (2003), esta apresentada pela equação 3:

$$i = \frac{3.221,07 \times T_r^{0,258}}{(t + 26)^{1,010}} \quad (3)$$

Onde:

i: intensidade em mm/hora;

t: duração do evento em minutos

T_r: tempo recorrência em anos.

2.6. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Com o crescimento da população e o aumento da população urbana gerou-se um aumento do consumo de água e a diminuição das áreas permeáveis. Conforme o GRUPO RAINDROPS (2002) a escassez da água e as enchentes surgiram nas cidades devido a alterações ambientais.

Para solucionar os problemas quanto à escassez e enchentes, a captação da água da chuva é uma solução viável, pois, a qualidade da água pluvial às vezes pode ser superior se comparada com outras fontes como águas subterrâneas e rios já poluídos (GROUP RAINDROPS, 2002).

Segundo FENDRICH e OLIYNIK (2002), reservatórios abastecidos com águas pluviais poderiam suprir 29% do volume destinado ao abastecimento público. Ainda segundo o autor, a água de chuva possui algumas propriedades que limitam a aplicação do seu uso, por exemplo, sabor, odor, venenos, flúor, dureza, sólidos, dissolvidos, entre outros.

Segundo DHEA (2008) em áreas urbanas a água de chuva coletada pode ser usada para fins não potáveis, como descarga de vasos sanitários rega de horta, lavagens de pisos e automóveis, resfriamento de equipamentos e máquinas,

reserva contra incêndio, e seu armazenamento pode contribuir na diminuição do risco de inundações urbanas.

Em alguns países existe um grande numero de residências e empresas que utilizam águas pluviais. Na Alemanha cerca de 10% das residências adotam esse sistema e na Holanda a água de chuva é coletada para evitar o transbordamento dos canais que rodeiam os pais (PNUMA, 2000).

No Brasil, o sistema de aproveitamento de água de chuva tem sido utilizado de forma arcaica há anos. No semi-árido nordestino, sua aplicação é direta ao homem, onde acaba sendo a única fonte de abastecimento de água (FENDRICH; OLIYNIK, 2002).

Conforme NÓBREGA (2004), a conscientização da escassez da água faz com que sejam desenvolvidos métodos para utilização da água de chuva para combater a falta da água. A tecnologia vem crescendo para desenvolver um sistema de captação mais eficiente e econômico, a ser utilizado no consumo não potável, e ainda contribuindo para a prevenção de enchentes causadas por chuvas nas grandes cidades, onde a superfície tornou-se impermeável, impedindo a infiltração da água de chuva.

Alguns estudos, segundo FENDRICH (2003), apontam para a preocupação de que, se a população começar a armazenar água de chuva sem as devidas orientações, significativos impactos poderão ocorrer sobre o ciclo hidrológico, a ponto de, por exemplo, ser inviabilizado o retorno da água pluvial para os fluxos subterrâneos. Certamente, isso causaria impacto negativo aos próprios mananciais de água subterrânea, além daqueles superficiais.

2.7. CONDIÇÕES GERAIS

A configuração básica de um sistema de aproveitamento de água de chuva deverá atender os requisitos da NBR 15527:2007 Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins não Potáveis – Requisitos, conforme itens abaixo discriminados.

2.7.1. Concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva

A concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender as NBR 5626/1998 e NBR 10844/1981.

No estudo deverá constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema.

Inclui-se na concepção os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações onde será feito o projeto de aproveitamento de água de chuva.

2.7.2. Calhas e condutores

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844/1981.

Devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica do local do projeto.

Devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendem à NBR 12213/1992.

Pode ser instalado no sistema, um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial, sendo recomendado que tal dispositivo seja automatizado.

2.7.3. Reservatórios

Os reservatórios deverão atender à NBR 12217/1992.

Deverão ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento e limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita à 15cm da superfície.

O reservatório, quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão

cruzada das águas, evitando uma possível contaminação da rede de água potável com a água de chuva.

O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times N \quad (4)$$

Onde:

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

P: é precipitação média anual, mensal ou diária;

A: é a área de coleta;

C: é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

N: é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, ser utilizados os métodos contidos no anexo A da NBR 15527/2007, ou outro, desde que devidamente justificado.

Os reservatórios deverão ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a NBR 5626/1981.

O volume não aproveitável da água de chuva, poderá ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade competente.

O esgotamento poderá ser feito por gravidade ou bombeamento.

A água de chuva reservada deverá ser protegida contra a incidência de luz solar e do calor, bem como de animais e insetos que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão, recomenda-se a utilização de tela com malha fina no final do extravasor.

2.7.4. Qualidade da água

Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista.

Para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado.

Quando utilizado o cloro residual livre, deve estar em 0,5mg/L e 3,0 mg/L.

Os padrões de qualidade da água, para uso mais restritivos, após o sistema de tratamento deverá possuir os requisitos da Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de Qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis (NBR 15527:2007)

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre (*a)	mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	mensal	< 2,0 unidade de turbidez, para usos menos restritivos < 5,0 unidade de turbidez
Cor aparente	mensal	< 15 unidade Hazen
Ph	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de utilização de tubulação de aço carbono ou galvanizado
(*a) No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção. Nota: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		

Para o tratamento da água de chuva, faz-se necessária inicialmente a avaliação da qualidade da água da chuva captada, ou seja, a água pode adquirir substâncias causadoras de contaminação, ou outras características desfavoráveis.

Fatores como a acidificação da água da chuva, associados à possibilidade de infecção de contaminantes no contato da mesma com as áreas de captação, implicam na necessidade de unidades apropriadas de tratamento desta água. O reservatório de autolimpeza pode ser considerado como uma unidade deste tipo, pois possibilita o descarte do volume inicial da água que literalmente lava a área de captação. O filtro de areia, por sua vez, é uma alternativa ao reservatório de acumulação, pois contribui para remoção de cor e turbidez da água.

Já a desinfecção é importante para a remoção dos agentes patogênicos, os quais são oriundos das áreas de captação ou dos próprios reservatórios de acumulação, que são meios próprios para o desenvolvimento de microorganismos.

Nas figuras 7, 8, 9 e 10, se demonstra algumas formas construtivas de sistema de aproveitamento de água de chuva.

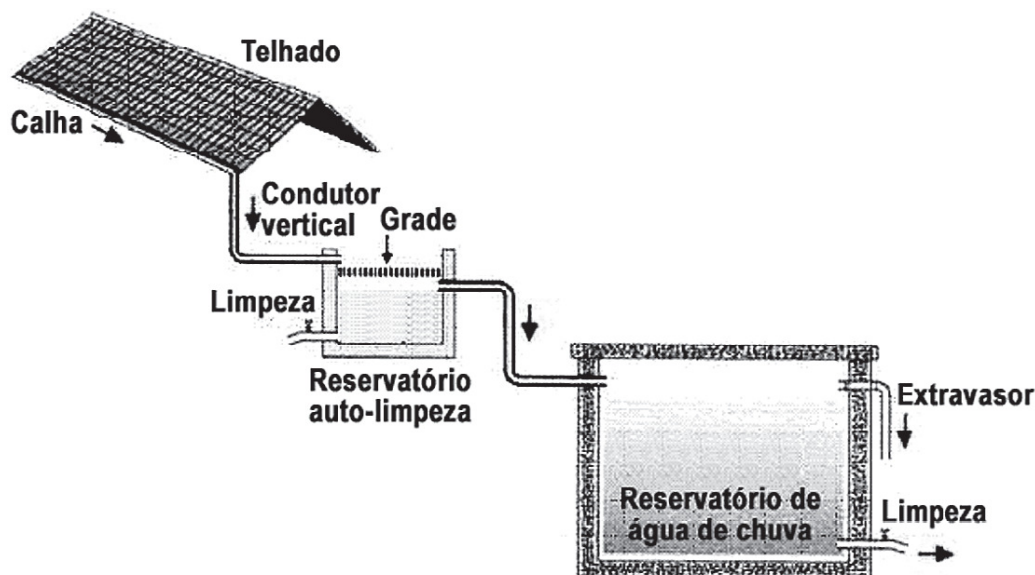


Figura 7. Esquema demonstrativo do sistema de aproveitamento de água de chuva apenas com pré-tratamento (HERMANN E SCHMIDA,1999)

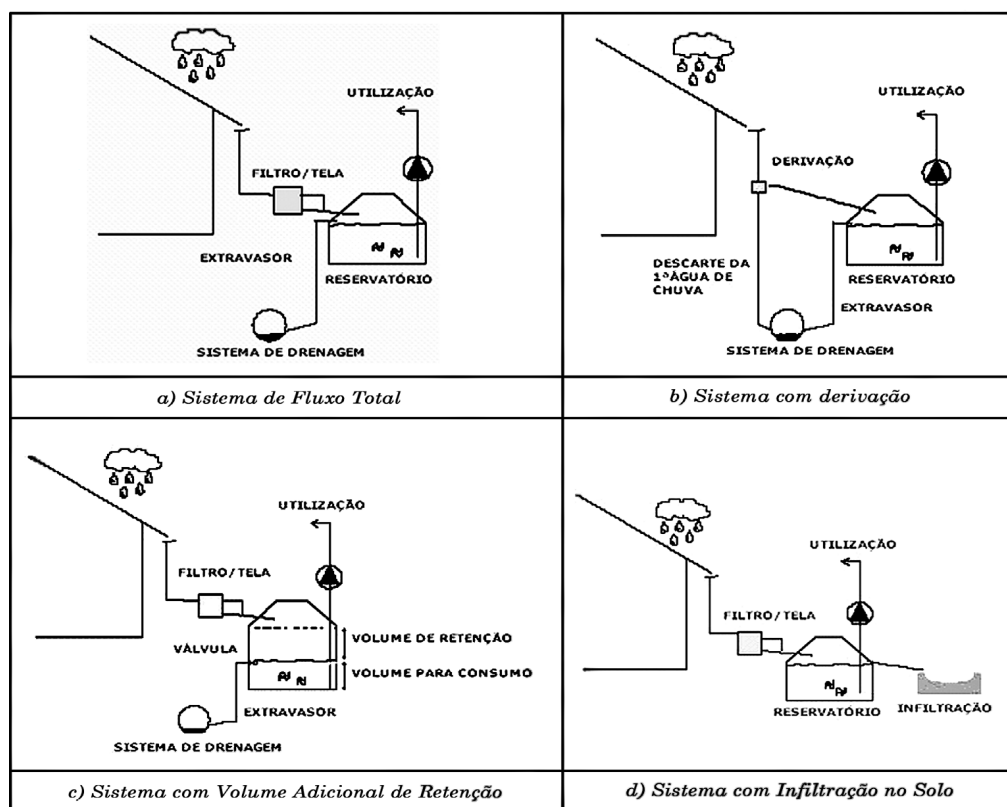


Figura 8. Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva (HERMANN E SCHMIDA, 1999)

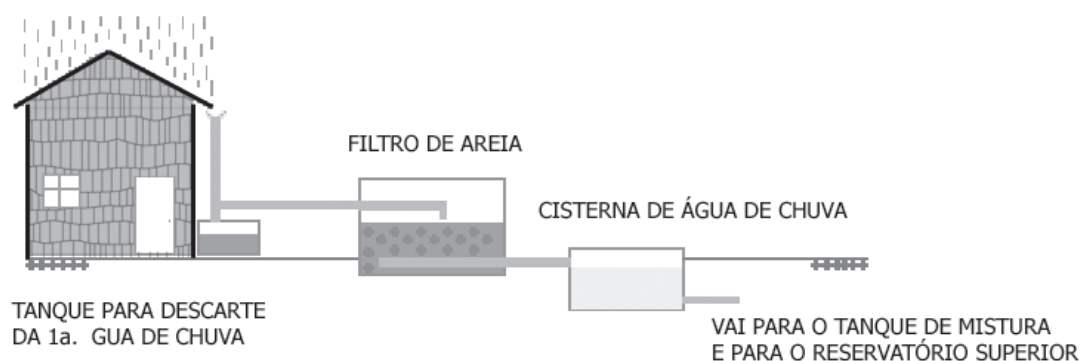


Figura 9. Esquema demonstrativo do sist. de aproveitamento de água de chuva com pré-tratamento e tratamento (HERMANN E SCHMIDA, 1999)

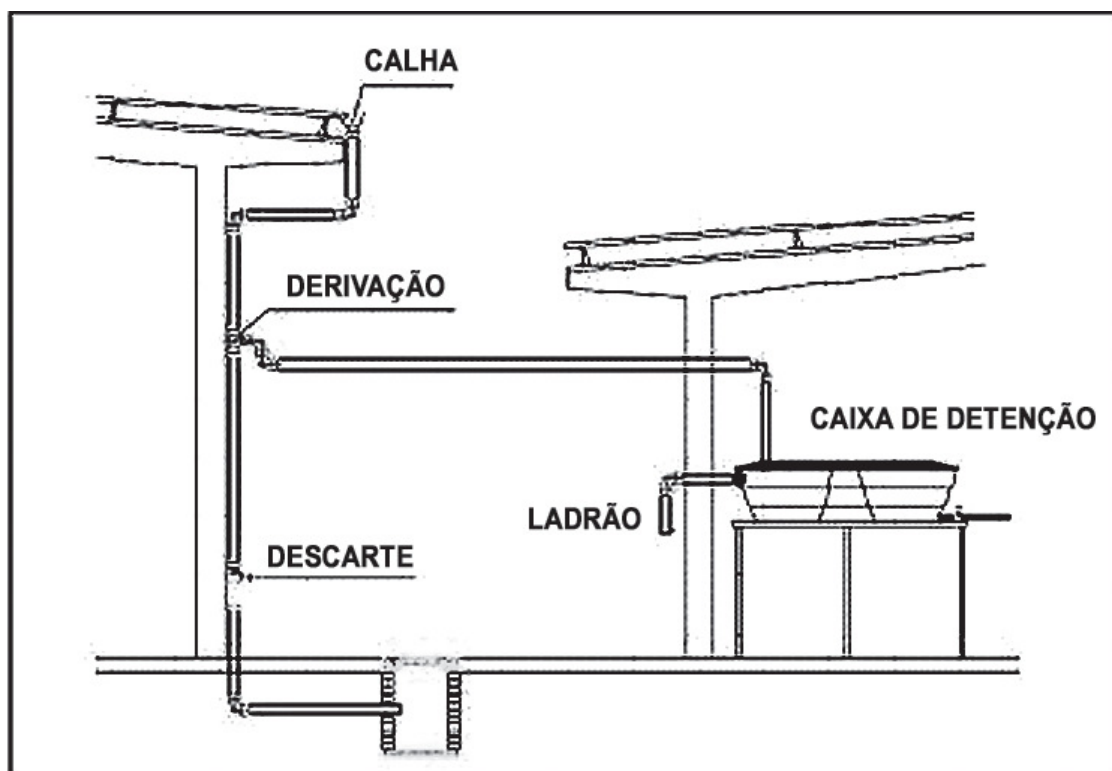


Figura 10. Desenho esquemático de aproveitamento de água de chuva (VALLE, 2005).

2.7.5. Instalações prediais

As instalações prediais deverão atender à ABNT NBR 5626, quanto às recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações, limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações.

As tubulações e demais componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva deverão ser claramente diferenciados das tubulações de água potável, devendo ser independentes, não permitindo a conexão cruzada de acordo com a NBR 5626/1981.

Os pontos de consumo, como por exemplo, uma torneira de jardim, deverão ser de uso restrito e identificados com placa de advertência, com a seguinte inscrição “AGUA NÃO POTÁVEL”, e identificação gráfica.

Os reservatórios de distribuição de água potável e de água de chuva deverão ser separados.

Quando necessário o bombeamento da água, este deve atender a NBR 12214/1992.

Poderá ser instalado, junto à bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado, o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário para que haja tempo de contato de no mínimo 30 minutos.

2.7.6. Manutenção

Quando da utilização de produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, o sistema deve ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos no reservatório de água de chuva. A reconexão deve ser feita somente após a lavagem adequada, quando não haja mais risco de contaminação pelos produtos utilizados.

Deverá ser realizada manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva, de acordo com a tabela 2.

Tabela 2. Frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva (NBR 15527/2007)

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
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

3. METODOLOGIA

O presente trabalho é um estudo de caso, onde se avaliou e comparou a Lei 10.785/03 e Decreto Lei 293/06 da Cidade de Curitiba-PR, no tocante ao dimensionamento do reservatório de aproveitamento de água de chuva para uso não potável, em um conjunto residencial composto por 03 edifícios, com a metodologia de dimensionamento especificada pela NBR 15527/2007, o decreto nº 293/2006 de Curitiba-PR que regulamentou a lei 10.785/03, Leis e Normas do Município do Rio de Janeiro, São Paulo e o método proposto por FRENDRICH (2003).

Após foi feito uma comparação dos resultados encontrados entre os métodos de dimensionamento, através de tabelas e gráficos, avaliando-se as diferenças de tamanho e custo do reservatório.

Realiza-se também uma comparação entre o número e o valor das vagas atingidas para a implantação dos reservatórios, comparando-se o custo de construção combinado com o valor das vagas de garagem atingidas, no empreendimento.

3.1. DADOS DO PROJETO

O empreendimento é constituído por 3 torres sendo cada torre composta de 27 pavimentos com 4 apartamentos (composto de 3 quartos e 3 banheiros) por pavimento, totalizando, portanto 324 unidades habitacionais, considerando-se também os dados da tabela 3:

Tabela 3. Dados do Projeto.

Descrição	Valor
Número de apartamentos	324
Número de habitantes por apartamento	5
Número total de habitantes	1620
Área de jardim (m ²)	700
Área de piso (m ²)	650
Área de cobertura, telhado (m ²)	1374
Coeficiente de escoamento	0,80
Precipitação anual, ano de 2008 (mm/ano)	1420
Vazão em vaso sanitário (L/descarga)	6
Número de descargas (dia/habitante)	4
Vazão da Rega de jardim (L/m ² /dia)	2
Número de regas de jardim / mês	15
Vazão da lavagem de piso (L/m ² /dia)	1
Número de lavagens de piso / mês	8

3.2. DADOS HIDROLÓGICOS

Os dados hidrológicos para o dimensionamento são obtidos da tabela 3, que apresenta as precipitações anuais ocorridas em Curitiba entre os anos de 1982 a 2004, aonde se obtém uma média de 1.506,50 mm/ano, e da tabela 4, que apresenta o histórico meteorológico do ano de 2008, inclusive com as precipitações mensais ocorridas, com uma média anual de 1.420 mm/ano.

Observação: Dados pluviométricos atualizados não puderam ser obtidos em função do dispêndio financeiro exigido pela empresa estatal SIMEPAR.

Tabela 4. Média das precipitações anuais em Curitiba (SUDERHSA, 2005)

ANOS	Médias de precipitações anuais por estações (mm/ano)					MÉDIA ANUAL mm/ano
	Curitiba	Passauna	Campo Comprido	Prado Velho	Umbará	
1982	1609,3	X	X	1407,9	X	1508,6
1983	1992,7	X	X	1877,8	X	1935,3
1984	1479,9	X	X	1439,7	X	1459,8
1985	765,5	834,7	X	733,9	X	778,0
1986	1364,2	1628,6	X	1416	X	1469,6
1987	1388	1489	X	1390,4	X	1422,5
1988	1231,7	1179,6	X	1233,5	X	1214,9
1989	1459,8	1415,4	X	1406,5	1599,3	1470,3
1990	1827,9	1518,9	X	1836,2	2033,2	1804,1
1991	1238,6	1479	X	1191,5	1188,9	1274,5
1992	1255,7	1493,4	X	1381,5	1613,6	1436,1
1993	1876,2	1124,6	1657,5	1792,4	1869,6	1664,1
1994	1348,4	1219,5	1330,6	1277,8	1377,2	1310,7
1995	1650,5	1398	1665,9	1574,4	1612,4	1580,2
1996	1891,8	1110,5	1813,5	1817,8	1682,3	1663,2
1997	1825,1	1699,1	1878,7	1824,6	1594,8	1764,5
1998	2071,2	1786,2	2125,1	1970,6	2030,7	1996,8
1999	1683,4	1143,9	1437,7	1562	1437,1	1452,8
2000	1502	1377,2	X	1409	1521	1452,3
2001	1894,1	1885,3	X	1819,2	X	1866,2
2002	1577,6	1540,8	X	1487,5	X	1535,3
2003	1175	1418,3	X	1491,9	X	1361,7
2004	X	1241,2	X	1213,1	X	1227,2

Obs.: X – não constam dados de precipitação

Fonte: Adaptado das estações pluviométricas da SUDERHSA (2005).

Tabela 5. Média das precipitações em Curitiba ano 2008 (SIMEPAR)

Médias de temperatura do ar e precipitação para Curitiba													[Esconder]
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima registrada (°C)	34,2	33,0	33,5	30,8	28,9	31,6	27,5	32,0	33,5	32,0	33,9	33,3	34,2
Temperatura máxima média (°C)	25,9	26,2	25,0	22,6	20,5	19,3	19,1	20,2	20,3	22,0	23,8	29,1	22,8
Temperatura mínima média (°C)	16,2	16,7	15,7	13,3	10,6	8,7	8,4	8,9	9,9	12,3	13,8	15,4	12,5
Temperatura mínima registrada (°C)	7,2	9,0	4,6	-1,4	-2,2	-4,0	-6,0	3,7	-1,5	1,3	3,0	11,8	-6,0
Precipitação (mm)	183	140	127	81	107	96	93	71	110	134	128	150	1 420

Fonte: Simepar ^[43] 15 de setembro de 2008.

3.3. CÁLCULO DA DEMANDA

3.3.1. Demanda interna

Para o cálculo da demanda interna de água para utilização nos vasos sanitários, utiliza-se a equação 5:

$$DI = P \times QVS \times ND \quad (5)$$

Onde:

DI: é a demanda interna de água para vasos sanitários em L/dia;

P: é a população total do edifício;

QVS: é a vazão da descarga do vaso sanitário em L;

ND: é o número de descargas por dia;

$$DI = 1620 \times 6 \times 4 = 38.800 \text{ L / dia}$$

Para a demanda interna mensal (DIM), chega-se ao valor de:

$$DIM = DI \times 30$$

$$DIM = 38.800 \times 30 = 1.164.000 \text{ L} \rightarrow 1.164,00 \text{ m}^3$$

3.3.2. Demanda externa

Para o cálculo da demanda externa de água para utilização de lavagens de piso e rega de jardim, utiliza-se a equação 6:

$$DE = AJD \times QJD \times MJD + API \times QPI \times NPI \quad (6)$$

Sendo:

DE: é a demanda externa de água para lavagens de piso e rega de jardim em L/dia;

AJD: é a área de jardim em m^2 ;

QJD: é a vazão para rega de jardim em L/m^2 ;

NJD: é o número de regas de jardim por mês;

API: é a área de piso em m^2 ;

QPI: é a vazão para lavagem de pisos em L/m^2 ;

NPI: é o número de lavagens de pisos por mês;

$$DE = 700 \times 2 \times 15 + 650 \times 1 \times 8$$

$$DE = 26.200 \text{ L/mês} \Rightarrow 26,20 \text{ m}^3 / \text{mês}$$

Somando-se a demanda interna com a demanda externa, chega-se a uma demanda mensal total de água para utilização em vasos sanitários, rega de jardim e lavagem de piso de $1.192,60 \text{ m}^3$ por mês.

3.4. CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA

3.4.1. Volume de água de chuva aproveitável

O volume de água de chuva aproveitável foi calculado pelo método racional, usando-se a equação 7:

$$V = \frac{P \times A \times C}{1000 \times 12} \quad (7)$$

Onde:

V: é o volume mensal de água de chuva aproveitável em m^3 ;

P: é precipitação média anual em mm/ano;

A: é a área de coleta em m^2 ;

C: é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$$V = \frac{1420 \times 1374 \times 0,8}{1000 \times 12}$$

$$V = 130,07 m^3 / mês$$

Nota-se que o volume de água de chuva aproveitável calculado pela equação 7 não será suficiente para atender toda a demanda interna, com isso deverá haver um complemento do abastecimento de água com o sistema de água potável ou utilizar a reserva de água de chuva apenas para a demanda externa que poderá ser estendida para outros usos não potáveis como por exemplo a lavagem de veículos.

3.4.2. Volume do reservatório, segundo o método de FENDRICH (2002)

O volume do reservatório de água de chuva foi calculado usando-se a equação 8:

$$V = AT \times 20,5 \quad (8)$$

Onde:

V: é o volume de água de chuva em m^3 ;

AT: é a área de coleta da cobertura em m^2 ;

$$V = 1374 \times 20,5 = 28,17 m^3$$

Este valor corresponde ao volume mínimo calculado, cujo volume adotado foi o de $29,3 m^3$ em função da geometria estabelecida conforme a figura 11, tabela 8, e anexo 1.

3.4.3. Volume do reservatório, segundo o método brasileiro, item A-3, da NBR 15527/2007

O volume do reservatório de água de chuva foi calculado usando-se a equação 9:

$$V = \frac{0,042 \times P \times AT \times T}{1000} \quad (9)$$

Onde:

V: é o volume de água de chuva em m³;

P: é precipitação média anual em mm/ano;

AT: é a área de coleta da cobertura em m²;

T: é o número de meses com pouca chuva ou seca;

$$V = \frac{0,042 \times 1420 \times 1374 \times 1}{1000} = 81,95 \text{ m}^3$$

Este valor corresponde ao volume mínimo calculado, cujo volume adotado foi em função da geometria estabelecida conforme a figura 11, tabela 8 e anexo 2.

3.4.4. Volume do reservatório, segundo a legislação da cidade do Rio de Janeiro

O volume do reservatório de água de chuva foi calculado conforme o Decreto Lei 23940 de 30/01/2004, e Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU N° 001 de 27/01/2005 da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro/RJO, usando-se a equação 10:

$$V = 0,15 \times AT \times 0,06 \quad (10)$$

Onde:

V: é o volume de água de chuva em m^3 ;

AT: é a área de coleta da cobertura em m^2 ;

$$V = 0,15 \times 1374 \times 0,06 = 12,36 \, m^3$$

Este valor corresponde ao volume mínimo calculado, cujo volume adotado foi de $13,20 \, m^3$ em função da geometria estabelecida conforme a figura 11, tabela 8 e anexo 3.

3.4.5. Volume do reservatório, segundo a legislação da cidade de São Paulo

O volume do reservatório de água de chuva foi calculado conforme o Art. 2º da Lei Nº 13.276/2002, do Município de São Paulo Decreto, usando-se a equação 11:

$$V = 0,009 \times AI \quad (11)$$

Onde:

V: é o volume de água de chuva em m^3 ;

AI: é a área impermeável de coleta em m^2 ;

$$V = 0,009 \times (1374 + 650) = 18,21 \, m^3$$

Este valor corresponde ao volume mínimo calculado, cujo volume adotado foi de $18,90 \, m^3$ em função da geometria estabelecida conforme a figura 11, tabela 8 e anexo 4.

3.4.6. Volume do reservatório, segundo a legislação da cidade de Curitiba

O volume do reservatório de água de chuva foi calculado conforme o decreto nº 293/2006 de Curitiba-PR que regulamentou a lei 10.785/03, usando-se a equação 12:

$$V = N \times C \times D \times 0,25 \quad (12)$$

Onde:

V: é o volume em litros;

N: é o número de quartos;

C: é o consumo diário em L/dia;

Adotando-se os valores para: 1 Quarto, $C = 400$ L/dia ; 2 Quartos, $C = 600$ L/dia; 3 Quartos, $C = 800$ L/dia ; 4 Quartos, ou mais, $C = 1.000$ L/dia ;

D: é número de dias de reserva = 2.

$$V = 324 \times 800 \times 2 \times 0,25 = 129.600 \text{ L} \Rightarrow 129,6 \text{ m}^3$$

Este valor corresponde ao volume mínimo calculado, cujo volume adotado foi de $130,10 \text{ m}^3$ em função da geometria estabelecida conforme a figura 11, tabela 8 e anexo 5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS

4.1.1 Comparação de volumes dos reservatórios

Conforme tabela 6, verifica-se que o reservatório de aproveitamento de água de chuva da cidade de Curitiba é o de maior volume, chegando a ser em torno de 10 vezes maior em comparação com o reservatório calculado pelo método da cidade do Rio de Janeiro que foi o menor valor calculado ou seja o volume estabelecido pelo método do Rio de Janeiro representa 10,1% do volume estabelecido para Curitiba, que também é superior ao volume estabelecido segundo o método Brasileiro em 37,0%. Este fato deve-se ao fato da metodologia utilizada para Curitiba levando em consideração o nº de quartos da edificação ignorando os aspectos geométricos da edificação como a área impermeabilizada utilizada no método de São Paulo, área de cobertura utilizados pelos métodos Fendrich e do Rio de Janeiro e Brasileiro que também leva em conta a pluviometria.

Tabela 6. Comparação de volume dos reservatórios, com os valores obtidos da tabela 8.

MÉTODO	CURITIBA	BRASILEIRO	FENDRICH	RIO DE JANEIRO	SÃO PAULO
Volume(m³)	130,10	81,95	29,30	13,20	18,90

4.1.2 Comparação das áreas de projeção horizontal dos reservatórios

Conforme tabela 7, verifica-se que o reservatório de aproveitamento de água de chuva da cidade de Curitiba é o de maior área de projeção horizontal, chegando a ser em torno de 8 vezes maior em comparação com o reservatório calculado pelo método da cidade do Rio de Janeiro que foi o menor valor calculado ou seja a área atingida para implantação do reservatório estabelecida pelo método do Rio de Janeiro representa 11,8% do área estabelecida para Curitiba, que também é superior a área estabelecido segundo o método Brasileiro em 37,9%. Este fato deve-se aos mesmos motivos expostos na análise de comparação dos volumes. Vale ressaltar também, que se houverem limitações impostas pela arquitetura da edificação no local de implantação dos reservatórios que geralmente são nos subsolos dos edifícios, a área abrangida poderá se tornar ainda maior diminuindo como exemplo o nº de vagas de garagem podendo se tornar um sério problema com a oneração de custos e até inviabilizar o empreendimento em casos mais extremos.

Tabela 7. Comparação das áreas de projeção horizontal dos reservatórios, com valores obtidos da tabela 8.

MÉTODO	CURITIBA	BRASILEIRO	FENDRICH	RIO DE JANEIRO	SÃO PAULO
ÁREA(m²)	54,75	35,00	13,50	6,50	9,00

4.1.3 Comparação dos custos de construção dos reservatórios

Conforme tabela 10, verifica-se que o reservatório de aproveitamento de água de chuva da cidade de Curitiba é o que apresentou o maior valor para a sua construção chegando a ser em torno de 5 vezes maior em comparação com o reservatório calculado pelo método da cidade do Rio de Janeiro que foi o menor valor calculado ou seja o valor para construção do reservatório estabelecido pelo método do Rio de Janeiro representa 19,5% do custo estabelecido para Curitiba,

que também é superior ao custo estabelecido segundo o método Brasileiro em 31,6%. Este fato deve-se aos mesmos motivos expostos na análise de comparação dos volumes que podem ser ainda maiores caso haja aumento da área de projeção conforme já citado no comparativo de áreas de projeção dos reservatórios.

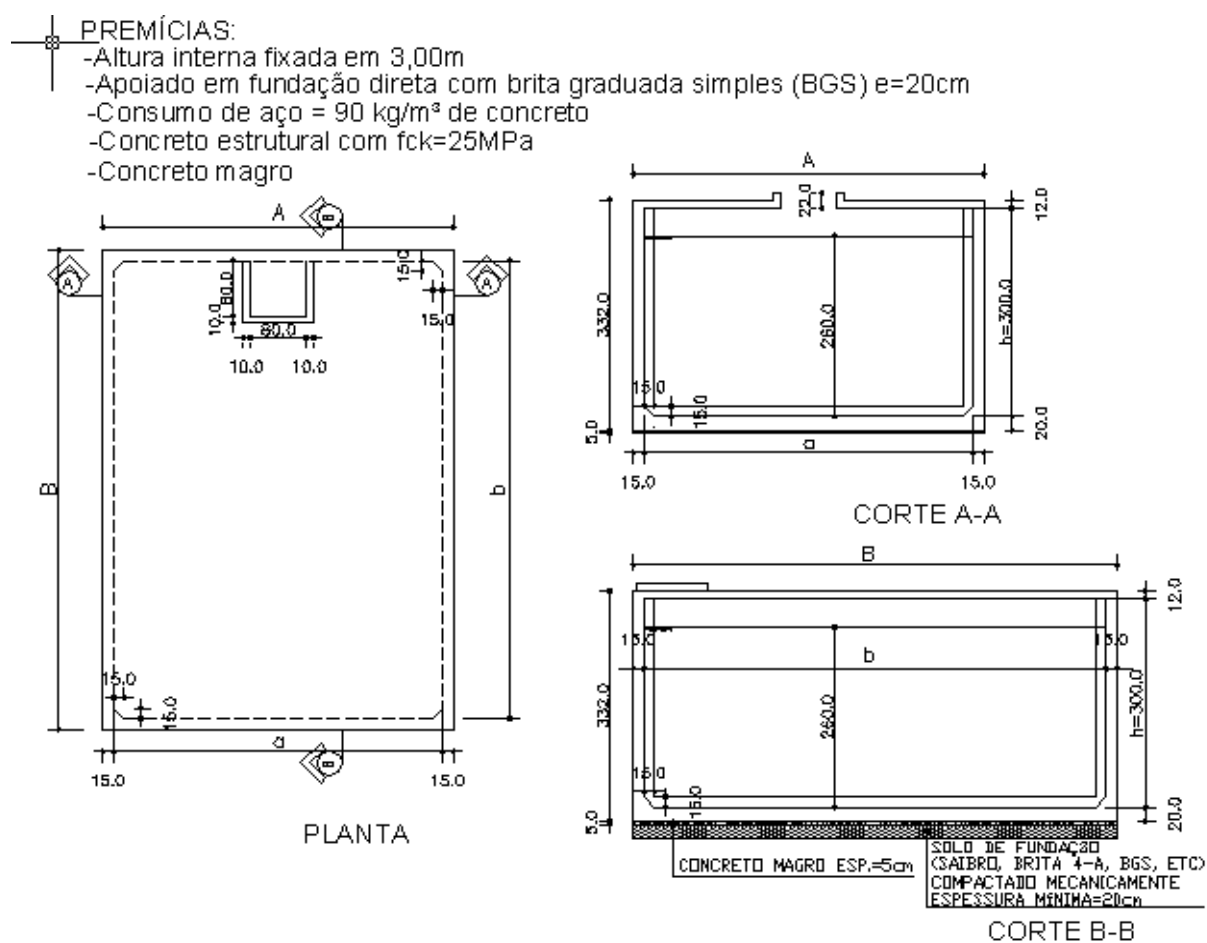


Figura 11. Desenho esquemático do reservatório para aproveitamento de água de chuva utilizado para a análise.

Tabela 8. Comparação dos quantitativos (atividades/insumos) para construção dos reservatórios.

MEDIDAS	MÉTODO				
	CURITIBA	BRASILEIRO	FENDRICH	RIO DE JANEIRO	SÃO PAULO
A(m)	5,00	5,00	5,00	2,50	2,50
B(m)	10,95	7,00	2,70	2,60	3,60
a(m)	4,70	4,70	4,70	2,20	2,20
b(m)	10,65	6,70	2,40	2,30	3,30
h(m)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Volume(m³)	130,1	81,95	29,3	13,2	18,9
Área proj.(m²)	54,75	35,00	13,50	6,50	9,00
ATIVIDADES/INSUMOS	QUANTITATIVOS				
Fundação (BGS e=20cm) (m³)	10,95	7,00	2,70	1,30	1,80
Concreto Magro (m³)	2,74	1,75	0,68	0,33	0,45
Escoramento (m³)	130,14	81,87	29,33	13,16	18,88
Forma (m²)	224,47	161,81	93,59	58,35	71,71
Concreto Estrutural (m³)	30,14	20,65	10,32	5,99	7,59
Aço (Kg)	2.712,60	1.858,37	928,60	539,22	683,44
Impermeabilização (m²)	176,42	119,44	57,42	31,91	41,34
Mão de Obra (HH)	1885,27	1284,07	629,71	359,14	459,15

Tabela 9. Custos unitários dos serviços para construção dos reservatórios

ATIVIDADES/INSUMOS	COMPOSIÇÕES	Unidade	VALOR (R\$)
Fundação (BGS e=20cm) (m³)	Reaterro e compactação mecanizada c/ brita graduada	m³	80,98
Concreto Magro (m³)	Conf. e lanc. De concreto magro em betoneira	m³	180,04
Escoramento (m³)	Escoramento de lajes maciças - escoras de madeira	m³	23,48
Forma (m²)	Forma de placa compensada resinada	m²	30,00
Concreto Estrutural (m³)	Lançamento de concreto bombeado	m³	287,87
Aço (Kg)	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA-50	kg	5,53
Impermeabilização (m²)	Imperm. Com Argam. Polim. Flexível - Reservatórios	m²	44,89

Tabela 10. Comparação dos custos de construção dos reservatórios, obtidos a partir das tabelas 8 e 9.

	MÉTODO				
	CURITIBA	BRASILEIRO	FENDRICH	RIO DE JANEIRO	SÃO PAULO
VALORES (R\$)	42.764,76	29.241,24	14.522,07	8.362,29	10.642,43

4.1.4 Comparação dos custos de construção dos reservatórios combinado com o valor das vagas de garagem atingidas

Conforme tabela 12, verifica-se que o reservatório de aproveitamento de água de chuva da cidade de Curitiba combinados com o valores das vagas atingidas é o que apresentou o maior valor chegando a ser em torno de 5 vezes maior em comparação com o reservatório calculado pelo método da cidade do Rio de Janeiro que foi o menor valor calculado, ou seja o valor para construção do reservatório estabelecida pelo método do Rio de Janeiro representa 19,9% do custo estabelecido para Curitiba, que também é superior ao custo estabelecido segundo o método Brasileiro em 38,7%. Este fato deve-se aos mesmos motivos expostos na análise de comparação dos volumes que pode ser ainda maiores caso haja aumento da área de projeção conforme já citado no comparativo de áreas de projeção dos reservatórios. Fazendo ainda um comparativo, conforme a tabela 11, entre os métodos de FENDRICH (2003), Rio de Janeiro e São Paulo tem-se a perda do mesmo número de vagas de garagem e portando os valores relativos apenas ao valor da vaga serão os mesmos.

Tabela 11. Comparação do número e o valor das vagas atingidas para implantação dos reservatórios.

MÉTODO	CURITIBA	BRASILEIRO	FENDRICH	RIO de JANEIRO	SÃO PAULO
Área de Projeção	54,75	35,00	13,50	6,50	9,00
Nº de Vagas Ocupadas	4,38	2,80	1,08	0,52	0,72
Na Prática	5,00	3,00	1,00	1,00	1,00
Custo(R\$)	250.000,00	150.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
CUSTO MÉDIO DA VAGA DE GARAGEM NO CONDOMÍNIO(ÁREA=2,5x5,0=12,5m²=R\$50.000,00)					

Tabela 12. Comparação dos custos de construção combinado com o valor das vagas de garagem atingidas obtidas a partir da tabela 11.

	MÉTODO				
	CURITIBA	BRASILEIRO	FENDRICH	RIO DE JANEIRO	SÃO PAULO
VALORES (R\$)	292.764,76	179.241,24	64.522,07	58.362,29	60.642,43

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analizando comparativamente a Lei 10.785/03 e Decreto Lei 293/06, do Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, da cidade de Curitiba, mais especificamente no que tange o dimensionamento dos reservatórios, a outros métodos de dimensionamento e legislação de outras cidades, em um conjunto de edifícios residenciais na cidade de Curitiba – PR, conclui-se que está ocorrendo um superdimensionamento dos reservatórios, devido ao fato do método preconizado na lei 10.785/03, levar em consideração apenas o número de quartos da edificação, desconsiderando fatores primordiais como a área de captação dos telhados ou áreas impermeabilizadas, diferentemente dos demais métodos avaliados neste trabalho que faz a consideração destes fatores.

Assim sendo este critério empregado apresentou diferenças significativas se comparado com os demais métodos avaliados no presente estudo, chegando a resultar em um volume de reservatório cerca de 10 vezes superior ao do volume do método utilizado pelo Rio de Janeiro e até 37% superior ao volume determinado pelo método Brasileiro.

Ocasionalmente com isso um aumento nos custos de implantação de até cinco vezes a mais, em relação ao custo do menor reservatório encontrado, que é o da cidade do Rio de Janeiro. Existem também as inevitáveis perdas das vagas de garagem que podem ocasionar até a inviabilização do empreendimento, devido à área abrangida pelo reservatório.

Além dos aspectos técnicos e econômicos que deverão ser repassados ao consumidor final, também se deve levar em consideração a questão da sustentabilidade ambiental, que com o superdimensionamento dos reservatórios está deixando de ser atendida, verificando-se de maneira antagônica que, para a construção do reservatório sob o ponto de vista de conservação da água de chuva, em Curitiba, existe um acréscimo maior da exploração de recursos naturais, como: cimento, aço, concreto, etc, em comparação com outras cidades brasileiras.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, abaixo, proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo:

Propor alterações para adequação na Lei 10.785/03 e Decreto Lei 293/06 através de estudos específicos sobre o assunto a fim definir, por exemplo, o limite de aplicabilidade para cada tipo de edificação ou ainda a inclusão de critérios que levem em conta a área de telhado ou a área impermeabilizada.

Propor a análise físico-química da qualidade da água advinda das coberturas nos bairros de Curitiba e região metropolitana para posterior aproveitamento e os tipos de tratamento de água a serem utilizados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 - Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para fins não Potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626, Instalações Prediais de Água Fria – ABNT – NB – 611/81, Jul 1981**.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217 - Projeto de Reservatório de Distribuição de Água**. ABNT, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989

BISWAS, Asit K, 1983, "Management of Shared Natural Resources"

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J., MIERZWA, J., BARROS, M., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S., **Introdução à engenharia ambiental**, São Paulo, Ed. Person Prentice Hall, 2006.

DHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica.
Disponível em : WWW.idhea.com.br/produtos. Acesso em 17/02/2011

FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na Drenagem urbana**. Curitiba – PR. Tese Doutorado em Geologia Ambiental. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 499p, 2002

FENDRICH, R. Economia de água potável pelo uso do sistema de coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais. **Engenharia e Construção**, (2003).

FENDRICH, R. **Dimensionamento de reservatórios de retenção e utilização das águas pluviais**. Curitiba – PR. CCET – PUCPR - Curso de Engenharia Civil, 28p, Jul. 2004.

FENDRICH, R., OLIYNIK, R., **Manual Utilização das Águas Pluviais**. Curitiba, Ed. Livraria do Chain, 2002.

FILHO, Manoel João (2000). Zoneamento de Exploração das Águas na Cidade do Recife – PE. X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. CD. São Paulo, SP.

GROUP RAINDROPS, **Aproveitamento de água de chuva**, Curitiba, Ed. Organic Tranding, 2002.

GARCEZ, L., ALVAREZ, G., **Hidrologia**, São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda., 1999.

KEELER, MARIAN. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KIDMAN, MARIAN. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010.

Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

LUCHINI, A.M.. **“OS desafios à implementação do sistema de gestão dos recursos hídricos estabelecido pela lei Nº 9433”** Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1999.

NÓBREGA, R., ALENCAR, M., GALVÃO, C.. **Desenvolvimento de um sistema regional para captação de água pluvial com a revitalização e/ou construção de cisternas**. Campina Grande, PB: UFCG, 2004.

NOGUEIRA, P. F. **Reúso de Água**, artigo, 2003, disponível em: http://www.uniagua.org.br/public_html/website/default.asp?tp=3&pag=reuso.htm, acessado em 15/10/11.

PINTO, N., HOLTZ, A., MARTINS, J., GOMIDE, F. **Hidrologia Básica**, São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda., 1976.

PNUMA – **Programa das Nações Unidas para o meio Ambiente**. Informativo do Comitê brasileiro do programa para as nações unidas sobre o meio ambiente, 2000.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diário Oficial do Município. Ano 47. Número 3: Lei Nº 13.276/2002.**

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. **Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005, da cidade do Rio de Janeiro. Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004.**

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CURITIBA. Decreto Nº 791/ 2003 Normas para Apresentação de Projetos de Retenção de Águas Pluviais

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CURITIBA. Lei Nº 10.785/ 2003 Cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CURITIBA. Decreto Nº 293/2006 Regulamenta a Lei 10.785/2003 e Dispõe Sobre os Critérios do Uso e Conservação Racional da Água nas Edificações e Dá Outras Providências

REBOUÇAS, A.,(1999), **Água Doce no Mundo e no Brasil**, in Aldo Rebouças et al, **Águas Doces do Brasil** , Capital Ecológica, Uso e Conservação, Instituto de Estudos Avançados da USP, São Paulo,SP;

SANTOS, D.C. **Contribuições para a Estruturação de Modelo Aberto para o Dimensionamento Otimizado dos Sistemas Prediais de Esgotos Sanitários**. Tese de Doutorado. EPUSP. São Paulo. 1998

SANTOS, D.C. **Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações. Projeto de Pesquisa UFPR/CNPq**. Curitiba, 2001.

SANTOS, D.C.; SAUNITTI, R.M.; BUSATO, R. **O recurso água: promovendo a sustentabilidade do manancial através do uso de bacias sanitárias economizadoras de água**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL-ABES;n.21,2001,João Pessoa – PB. CD-ROM.

TOMAZ, P. **Conservação da Água**. Digihouse Editoração Eletrônica. São Paulo, 2001

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003. ISBN: 85-87678-23-x.

TUNDISI, José Galisi, **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos, 2003.

WALDMAN, Maurício, (1994), **Crise Urbana & recursos Hídricos** Trabalho de Conclusão em Curso em nível de Pós Graduação, Departamento de Geografia da FELCH/USP, São Paulo, SP.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. (1999). **Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban Water, 1(4), 308-316.

RAVEN, P. H. et al. **Environment**. Saunders College Publishing. 579p. 1998.

SUDERHSA, Superintendência de Recurso Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná, **Média de Precipitações anuais em Curitiba**, 2005.

VALLE, José Alexandre Borges; PINHEIRO, A. : CIPRIANO, R. F. P.; FERRARI, A. (2005). **Aproveitamento de água de chuva: avaliação de seu tratamento para fins potáveis**. In 23º. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande.

8 ANEXOS

- Anexo 1. Opção 01: Reservatório segundo o método de FENDRICH (2002).
- Anexo 2. Opção 02: Reservatório, segundo o método brasileiro, item A-3, da NBR 15527/2007.
- Anexo 3. Opção 03: Reservatório, segundo a legislação da cidade do Rio de Janeiro.
- Anexo 4. Opção 04: Reservatório, segundo a legislação da cidade de São Paulo
- Anexo 5. Opção 05: Reservatório, segundo a legislação da cidade de Curitiba.
- Anexo 6. Lei Nº 10.785/ 2003 Cria no Município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE
- Anexo 7. Decreto Nº 293/2006 da Cidade de Curitiba. Regulamenta a Lei 10.785/2003 e Dispõe Sobre os Critérios do Uso e Conservação Racional da Água nas Edificações e Dá Outras Providências.
- Anexo 8. Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005, da cidade do Rio de Janeiro. Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004.