



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Renata Leal Souza

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: estudo de
caso Hospital Federal do Andaraí/RJ**

Rio de Janeiro
2015



Renata Leal Souza

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS METODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: estudo de
caso Hospital Federal do Andaraí/RJ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadora: Professora Elaine Garrido Vazquez, D.Sc.

Rio de Janeiro
2015

Renata Leal Souza

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS METODOS DE DIMENSIONAMENTO DE
RESERVATÓRIOS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: estudo de
caso Hospital Federal do Andaraí/RJ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada em

Elaine Garrido Vazquez, D. Sc., UFRJ

Sylvia Meimaridou Rola, D. Sc., UFRJ

Julio Cesar Boscher Torres, D. Sc., UFRJ

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu amado esposo Vitor Amadeu Souza, por você ser tão especial na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à Nossa Senhora Aparecida, à Madre Paulina e ao Santo Frei Galvão, pois nas horas mais difíceis senti que estavam ao meu lado.

Agradeço a minha orientadora Prof^a. D. Sc. Elaine Garrido Vazquez, por todo o ensinamento, pelos conhecimentos compartilhados e por sua disposição em ajudar a esclarecer as dúvidas que surgiram ao longo do trabalho.

Agradeço à Escola Politécnica da UFRJ pela oportunidade de estudar nesta instituição tão qualificada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana pela possibilidade de adquirir conhecimentos tão importantes ao longo do curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana pelo compartilhamento dos seus conhecimentos.

Ao meu querido marido Vitor Amadeu Souza pelo incentivo, carinho e por estar sempre torcendo por mim. Obrigada mesmo.

À minha querida mãe, Maria Aparecida da Silva, que sempre esteve presente na minha vida, sempre me apoiou e me deu muito afeto.

À secretária do PEU, Angela C. da S. Santos, por ser tão atenciosa e me ajudar a esclarecer as minhas dúvidas.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

"O ouro tem muito valor e pouca utilidade comparado à água, que é a coisa mais útil do mundo e não lhes dão valor".

(Platão)

RESUMO

A água é um recurso natural cada vez mais escasso evidenciando a necessidade da adoção de práticas que contribuam para a sua conservação. Diante deste panorama a utilização de água pluvial tem se tornado fundamental para reduzir o consumo de água potável para fins não potáveis. O aproveitamento de água pluvial é uma alternativa para a redução do consumo de água potável, ajuda a reduzir enchentes em ambientes urbanos e na conservação recursos hídricos. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial recomendados pela Norma Brasileira de água de Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para Fins Não Potáveis – NBR 15527 aplicados em um estudo de caso. Esta pesquisa irá permitir avaliar que dentre os métodos, o método Azevedo Neto e o método Simulação apresentam valores que garantem o abastecimento de água ao longo do ano, pois ultrapassam o volume de demanda por água. Porém, o estudo apresentou valores variados para o cálculo do dimensionamento dificultando a escolha por melhor um método. Portanto, é uma oportunidade de fazer uma reflexão sobre o assunto no que se refere ao estudo de novos métodos mais adequados para a realidade brasileira. Para o dimensionamento do reservatório a NBR 15.527/07 indica seis métodos de dimensionamento, mas ao utilizar estes métodos os resultados apresentados foram bastante diferenciados, dificultando a determinação do método mais adequado para o Hospital Federal do Andaraí. Desta forma, neste estudo são adotados os métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial sugeridos pela NBR 15.527/07 para avaliar qual método é mais adequado para o fornecimento de água para fins que não necessitam de água potável, sem resultar em excesso ou falta de água.

PALAVRAS-CHAVE: reaproveitamento água pluvial, sustentabilidade, água pluvial.

ABSTRACT

Water is a natural resource increasingly scarce evidence of the need to adopt practices that contribute to their conservation. Faced with this perspective the use of rainwater has become essential to reduce the consumption of drinking water for non-potable purposes. The rainwater utilization is an alternative for reducing potable water consumption helps reduce flooding in urban environments and conserving water resources. This paper aims to present a comparative analysis of the rainwater reservoir sizing methods recommended by the Brazilian Standard for Rain Water - Use of roofs in urban areas for Purposes Not Potable - NBR 15.527/07 applied in a case study. This research will allow assessment that among the methods, Azevedo Neto method and Simulation method are rated to provide water supply throughout the year, it exceeds the volume of demand for water. But the study showed different values for calculating the dimensions making it difficult to choose a better method. Therefore, it is an opportunity to reflect on the matter with regard to the study of new methods best suited to the Brazilian reality. For the design of the reservoir to NBR 15.527/07 indicates six sizing methods, but to use these methods the results were quite different, making it difficult to determine the most appropriate method for the Federal Hospital of Andaraí. Thus, this study are adopted the rainwater reservoir sizing methods suggested by NBR 15.527/07 to evaluate which method is best suited for the supply of water for purposes that do not require potable water, without resulting in over- or under- water.

KEYWORDS: rainwater reuse, sustainability, rainwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de água no planeta	28
Figura 2 – Distribuição hídrica das regiões brasileiras	29
Figura 3 – Troposfera	32
Figura 4 – Ciclo hidrológico	33
Figura 5 – Pedra Moabita	35
Figura 6 – Fortaleza dos templários	36
Figura 7 – Cisterna Chultun.....	37
Figura 8 – Aeroporto Changi - Esquema de coleta de água de chuva	41
Figura 9 – Rojison – Sistema de coleta de água pluvial	42
Figura 10 – Reservatório para água de chuva na Tailândia	43
Figura 11 – Sistema de aproveitamento de água pluvial	64
Figura 12 – Calha.....	67
Figura 13 – Grade para remoção de material grosseiro	69
Figura 14 – Filtro de água de chuva.....	69
Figura 15 – First-Flush	70
Figura 16– Reservatório de água de chuva	72
Figura 17 – Hospital Federal do Andaraí	81
Figura 18 – Localização do Hospital Federal do Andaraí	82
Figura 19 – Planta do telhado do prédio UPI.....	83
Figura 20 – Localização da cidade Rio de Janeiro	84
Figura 21– Localização das 33 estações pluviométricas da cidade Rio de Janeiro ..	84
Figura 22– Distância entre a estação pluviométrica Grajaú e Hospital Federal do Andaraí.....	85

Figura 23– Precipitação anual da estação pluviométrica Grajaú de 2001a 2014(mm)	87
Figura 24– Precipitação média de 2001 a 2014 da estação pluviométrica Grajaú (mm).....	87
Figura 25– Precipitação média mensal de 2001 a 2014 da estação Grajaú (mm)	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação do armazenamento de água pluvial	21
Quadro 2 – Desafios para introduzir o sistema pluvial em edificações	38
Quadro 3 – Instrumentos de gestão apresentados na lei 9.433/97	48
Quadro 4 – Técnicas para uso de água pluvial nas edificações.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da disponibilidade hídrica mundial	29
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da utilização da água pluvial	39
Tabela 3 – Porcentagem de consumo de água potável em uma residência	46
Tabela 4 – Medidas para aproveitamento da água pluvial em usos urbanos não potáveis.....	55
Tabela 5 – Classificação de dureza da água.....	57
Tabela 6 – Padrão microbiológico da água para consumo humano	60
Tabela 7 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	61
Tabela 8 – Classificação da água doce de acordo com o uso segundo a Resolução CONAMA 357/05.....	63
Tabela 9 – Capacidade de condutores horizontais (vazões em L/min.).....	71
Tabela 10 – Precipitações da estação pluviométrica Grajaú de 2001 a 2014	86
Tabela 11 – Estimativa de quantidade de água necessária para uso externo no HFA89	
Tabela 12 – Coeficientes runoff	89
Tabela 13 – Cálculos pelo método de Rippl entre os anos 2001 e 2014.....	91
Tabela 14 – Cálculos pelo método Simulação entre os anos 2001 e 2014	94
Tabela 15 – Precipitação média na estação pluviométrica Grajaú - Ano 2013.....	97
Tabela 16 – Precipitação média na estação pluviométrica Grajaú - Ano 2013.....	99
Tabela 17 – Cálculos pelo método Australiano entre os anos 2001 e 2014	102
Tabela 18 - Volumes dos reservatórios obtidos através dos métodos de dimensionamento	104
Tabela 19 – Análise dos métodos de dimensionamento para reservatório de água pluvial para o Hospital Federal do Andaraí.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

HFA – Hospital Federal do Andaraí

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

NBR - Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PNUEA – Programa Nacional para Uso Eficiente da Água

UNESCO - United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization

UNEP – United Nations Environment Programme

UNICEF - United Nations Children's Fund

UPI – Unidade de Pacientes Internos

WHO - World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	17
1.2. JUSTIFICATIVA	21
1.3. OBJETIVOS.....	23
1.4 METODOLOGIA EMPREGADA.....	23
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
2.1 ÁGUA.....	26
2.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	27
2.3 CICLO HIDROLÓGICO.....	31
2.4 HISTÓRICO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA	35
2.5 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA	40
2.5.1 No Mundo	40
2.5.2 No Brasil	43
2.6 POTABILIDADE DA ÁGUA	45
2.7 LEGISLAÇÃO HÍDRICA NO BRASIL.....	46
2.7.1 Legislação Federal.....	47
2.7.1.1 Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934	48
2.7.1.2 Lei 9.433 de 1997	48
2.7.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL.....	49
2.7.2.1 Lei nº 4.248 de 16 de dezembro de 2003	49
2.7.2.2 Lei nº 4.393 de 16 de setembro de 2004	49
2.7.3 MUNICIPAL.....	49
2.7.3.1 Lei 13.276 de 4 de janeiro de 2002 da cidade São Paulo	49
2.7.3.2 Lei 6.345 de 2003 da cidade Maringá.....	50

2.7.3.3 Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003 da cidade Curitiba	50
2.7.3.4 Decreto nº 23.940/2204 da cidade Rio de Janeiro	50
2.7.3.5 Lei 2.349 de 2004 da cidade Pato Branco	50
2.7.3.6 Lei 14.018 de 28 de junho de 2005 da cidade São Paulo	51
2.7.4 NORMA ABNT NBR 15.527:2007	51
2.7.5 LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL	52
2.7.5.1 Estados Unidos da América	53
2.7.5.2 Alemanha	53
2.7.5.3 Japão	54
2.7.5.4 Portugal	55
2.8 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL	56
2.8.1 PARÂMETROS FÍSICOS	56
2.8.1.1 Cor	56
2.8.1.2 Sabor e Odor	56
2.8.1.3 Temperatura	56
2.8.1.4 Turbidez	57
2.8.2 PARÂMETROS QUÍMICOS	57
2.8.2.1 Alcalinidade	57
2.8.2.2 Dureza	57
2.8.2.3 pH	57
2.8.2.4 Cloretos	58
2.8.2.5 Ferro e Manganês	58
2.8.2.6 Nitrogênio	58
2.8.2.7 Fósforo	58
2.8.2.8 Oxigênio dissolvido	59

2.8.2.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	59
2.8.2.10 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	59
2.8.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS.....	59
2.7.3.1 Coliformes	59
2.9 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL PARA USOS NÃO POTÁVEIS	61
2.10 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	63
2.11 DISPOSITIVOS PARA O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	65
2.11.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO	65
2.11.2 CALHAS.....	66
2.11.3 GRADES	68
2.11.4 DISPOSITIVO PARA ELIMINAÇÃO DA PRIMEIRA ÁGUA DE CHUVA (FIRST-FLUSH)	69
2.11.5 CONDUTORES.....	70
2.11.5.1 Condutores verticais	70
2.11.5.2 Condutores horizontais	71
2.11.6 RESERVATÓRIO	71
2.12. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL	73
2.12.1 MÉTODO RIPPL.....	74
2.12.2 MÉTODO DE SIMULAÇÃO	76
2.12.3 MÉTODO AZEVEDO NETO.....	76
2.12.4 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO.....	77
2.12.5 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS	77
2.12.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO	78
3. ESTUDO DE CASO - HOSPITAL FEDERAL DO ANDARAÍ.....	80

3.1 INTRODUÇÃO	80
3.2 HOSPITAL FEDERAL DO ANDARAÍ	80
3.3 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA	83
3.4 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA CIDADE RIO DE JANEIRO	84
3.5. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL	88
3.5.1 COEFICIENTE DE RUNOFF	89
3.5.2 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS	90
3.5.2.1 CÁLCULO DO VOLUME PELO MÉTODO RIPPL.....	90
3.5.2.2 CÁLCULO DO VOLUME PELO MÉTODO DA SIMULAÇÃO	93
3.5.2.3 CÁLCULO DO VOLUME PELO MÉTODO AZEVEDO NETO	96
3.5.2.4 CÁLCULO DO VOLUME PELO MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO.....	98
3.5.2.5 CÁLCULO DO VOLUME PELO MÉTODO PRÁTICO INGLÊS	99
3.5.2.6 CÁLCULO DO VOLUME MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO.....	100
3.6. ANÁLISE	103
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS.....	113
ANEXOS	123

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água potável é um recurso cada vez mais escasso. Apesar de 70% da superfície do planeta Terra serem cobertos por água, apenas 2,5% são de água doce (Shiklomanov, 1998 apud TOMAZ, 2001)

No entanto, 68,9% da água doce estão congelados nas calotas polares e regiões montanhosas de difícil obtenção. A água subterrânea corresponde a 29,9% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,266% estão em rios, reservatórios e lagos, ou seja, representa 0,007% do volume total de água (doce e salgada) do planeta. O restante da água doce está na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor (TOMAZ, 2001)

A preocupação com a disponibilidade de água vem desde a antiguidade, onde os povos mais primitivos já adotavam soluções, mesmo que rudimentares, para acumular as águas das chuvas. Nesta época, a quantidade necessária era menor, quando comparada com os dias atuais, pois os usos restringiam-se para garantir a sobrevivência; pressupõe-se que não havia desperdício, pouca ou nenhuma contaminação, quando comparado aos dias atuais, e conseqüentemente menor produção de dejetos e resíduos.

Com o aumento da população e o abandono da prática nômade, o homem passou a explorar mais o ambiente, ocasionando a poluição e o desmatamento. A necessidade de moradia, alimento através do plantio e da criação de animais causou o aumento dos resíduos, de dejetos e maior demanda por água.

Cerca de um bilhão de pessoas não possuem acesso ao abastecimento de água com o mínimo de 20 litros por pessoa por dia a uma distância não superior a mil metros. Este panorama se agrava a cada dia em virtude da demanda crescente em todo mundo, ultrapassando a capacidade de fornecimento das fontes naturais (ONU, 2013).

O consumo de água é dividido em cerca de 70% da água extraída para irrigação da agricultura, 20% para aplicação na indústria e 10% para consumo doméstico. A situação agrava-se devido à distribuição desigual de água doce no espaço e à redução da qualidade da água em virtude da contaminação, prejudicando grande parte da população mundial. (UNESCO, 2012)

Os níveis elevados de consumo, o uso inadequado, o aumento populacional, a poluição de rios e lagos, o abastecimento inadequado e a excessiva exploração das reservas de água doce são fatores que influenciam na disponibilidade de água potável, com destaque para o ambiente urbano, que corrobora para a busca por melhor gestão e conservação dos recursos hídricos.

Devido a sua importância para a manutenção da vida no planeta, é necessário adotar medidas e soluções que auxiliem no uso eficiente e racional da água.

O Brasil possui grande disponibilidade de água per capita quando comparado com os demais países informados pela Organização das Nações Unidas – ONU. No entanto, existe uma distribuição desigual, pois cerca de 80% da água disponível está concentrada na região amazônica, afastada das regiões de maior demanda hidrológica. (ANA, 2012)

Apesar da abundância hídrica no Brasil, a água não está disponível para todos os cidadãos brasileiros, por isso precisa ser poupada através da adoção de diversas práticas, desde o reuso da água pluvial, uso de torneiras com arejadores e até reutilizar águas cinzas.

Por muitos anos o Brasil apresentou pouca ou nenhuma preocupação com a preservação dos recursos naturais, entre eles, a água, elemento indispensável para a manutenção da vida de diversas formas de vida no planeta. Dentre as causas da redução de disponibilidade de água potável destacam-se a contaminação, a exploração exacerbada, o desperdício, a ausência de ações de preservação e as mudanças climáticas.

Atualmente, a escassez e a valoração da água potável levam à crise da água e

mudanças de atitude. Diversas discussões e reflexões sobre o assunto são necessárias para buscar soluções de controle e conservação da água através do uso sustentável.

Venâncio (2011, p.92) afirma que o aproveitamento de água da chuva é um assunto novo no Brasil, quando comparado com os outros países como Alemanha e Áustria, que possuem normas e leis que obrigam os moradores a adotarem esta técnica nas suas residências e, como benefício, possuem os impostos reduzidos.

No Brasil, em 10 de julho de 1934 foi estabelecido o Decreto 24.643, referente ao Código das Águas, que garante o uso gratuito da água para suprir as necessidades básicas de manutenção da vida; estabelece concessão de águas públicas na agricultura, indústria e higiene e para suprir necessidade da geração de energia elétrica.

O estabelecimento do Código das Águas foi precursor de outras normas legais, dentre elas: o Código de Águas Minerais, a Constituição Federal de 1988, a Política Nacional de Águas (Lei 9.433/97), as legislações estaduais de gestão das águas e a criação da ANA (Agência Nacional de Águas). (DARONCO, 2013).

De acordo com a Constituição Federal de 1988, no artigo 22, inciso IV, compete à União legislar sobre águas. No entanto, o parágrafo único deste artigo, descreve que, através de lei, os estados poderão ser autorizados a legislar sobre os assuntos relacionados neste artigo, inclusive água (BRASIL, 1988). Esta divisão de responsabilidade entre a União e os Estados conduz ao trabalho em conjunto na gestão dos recursos hídricos.

Diversos estados brasileiros dispõem de leis relacionadas à água. Algumas são específicas para águas pluviais, complementando a lei federal, principalmente para auxiliar na gestão, proteção e conservação hídrica.

Não há uma lei federal brasileira específica para aproveitamento de água pluvial. Por este motivo, a NBR 15.527/2007 é utilizada como referência na instalação deste sistema, pois apresenta os parâmetros, requisitos e métodos de dimensionamento

de reservatórios de águas pluviais, através de seis métodos: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Alemão, Inglês e Australiano. (ABNT, 2007).

Utilizar água da chuva traz vantagens, podendo reduzir em 50% o consumo da água tratada, se for utilizada em descarga de sanitários, máquina de lavar roupa, irrigação de jardins, lavagem de carros e calçadas (VENÂNCIO, 2011, p.93).

Conforme Venâncio (2011, p.93), seu uso contribui para reduzir enchentes e o usuário tem redução na conta de água, gerando economia financeira e promoção de preservação dos recursos hídricos.

Dentre as ações de economia de água fornecida pelo sistema público de abastecimento, tem-se a utilização das fontes alternativas, com destaque para água de reuso e água de chuva. (SANTOS; FROEHNER, 2007).

Em novas construções, utilizar a água de chuva, filtrada e aplicada para fins que não necessitam de água potável, pode reduzir o consumo de água potável em torno de 20%. Este armazenamento para uso posterior reduz o volume de água nas galerias pluviais, nas ruas, na rede de esgoto e nas estações de tratamento, contribuindo para o controle de cheias e inundações. (Group Raindrops, 2002 apud CAMPOS *et al*, 2008).

Segundo Ilha *et al* (2006, p.91), as medidas de conservação de água são importantes para diminuir o consumo de recursos hídricos. Algumas destas medidas são adotadas por setores que consomem em torno de 90% da produção de água nas cidades: os setores institucionais, industriais e comerciais.

Para os autores Ilha; Reis (2011, p. 49), um dos sistemas para gestão da água pluvial é o armazenamento, que pode ser classificado em três tipos, conforme o quadro 1.

Quadro 1: Classificação do armazenamento de água pluvial

Retenção: armazenamento por longos períodos sem ocorrer o descarte durante a chuva que o gerou

Detenção: o período de armazenamento é mais curto com o objetivo de controlar o efeito da cheia

Condução: usam-se pequenas velocidades de escoamento e maiores seções transversais dos tubos.

Fonte: Adaptado de (Ilha; Reis, 2011, p. 49)

Outra forma de gestão pluvial é a infiltração a partir de valas e poços de infiltração, cujo objetivo é aumentar a área permeável dos terrenos. ILHA (2011, p. 49).

Ao aproveitar-se a água da chuva, as redes públicas de drenagem passam a receber menores contribuições, podendo assim, reduzir a ocorrência de calamidades como inundações locais, além de poupar a água que é fornecida pelas concessionárias (NETO, 2012, p.95).

O reservatório de água pluvial é o componente mais caro do sistema, impactando no tempo de retorno do investimento financeiro e sendo o principal responsável pela dificuldade de implantação. Sendo assim, não é adequado que o reservatório desperdice água pelo excesso de volume ou permaneça longo período ocioso.

1.2 JUSTIFICATIVA

A água é um recurso cada vez mais oneroso para se obter e por está cada vez mais imprópria para consumo, ao ser retirada das fontes naturais. Sua obtenção em áreas urbanas é ainda mais difícil devido à impermeabilização do solo, além de rios e lagos contaminados, comprometendo a qualidade da água.

O assunto aproveitamento de água pluvial é suficientemente relevante para mostrar que as edificações podem ser sustentáveis, com soluções que agredem menos a natureza e ao incorporar tecnologias de construção para o aproveitamento mais eficiente das águas de chuvas em área urbana.

No Brasil, em 2007, o Senado Federal criou o Programa Senado Verde o qual

desenvolveu a cartilha Edifícios Públicos Sustentáveis, com o objetivo de ser uma referência para alcançar metas sustentáveis. Para isso, selecionou critérios sócio-ambientais para diminuir o impacto ambiental provocado pelos edifícios.

Estes critérios estão divididos na cartilha em paisagem, organização do canteiro de obras, utilização econômica da água, possibilidade da cobertura verde, uso correto de energia, irrigação, clima, materiais utilizados na obra e lixo.

Desta forma, o dimensionamento do reservatório de água pluvial foi o critério escolhido para prevenir as enchentes e os alagamentos em áreas urbanas e contribuir na conservação de cursos d'água para este trabalho, uma vez que o objeto de estudo trata-se de um edifício público e por ser uma das ações indicadas para o uso racional da água.

Observa-se que, apesar do alto consumo de diversos recursos, os hospitais apresentam potencial para poupar recursos naturais e implementar soluções ecológicas. Devido a sua importância possuem capacidade de encorajar e acelerar a demanda do mercado por soluções ecoeficientes.

As edificações também podem aplicar práticas sustentáveis com uso de tecnologias que poupem recursos naturais, forneçam menor consumo de energia e de materiais e produzam menos resíduos. Além disso, as premissas de arquitetura bioclimática pode reduzir o impacto das suas atividades, assegurar a sustentabilidade e beneficiar as pessoas.

O sistema de aproveitamento da água pluvial é uma fonte alternativa de água que leva a uma economia financeira decorrente da redução na conta de consumo de água potável, tornando-se um mecanismo sustentável que fornece conforto a custos acessíveis.

A água pluvial pode ser utilizada em atividades que não necessitam de água potável para serem executadas como lavagem de calçadas e veículos, rega de jardins, bacia sanitária, entre outros. No entanto, como o reservatório é o componente mais caro do sistema, é importante que tenha a capacidade dimensionada para fornecer o

volume que atenda à demanda com gasto otimizado.

Nesse sentido, a análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial é suficientemente relevante para identificar, dentre os seis métodos indicados pela Norma ABNT 15.527/2007, o que apresenta melhor viabilidade de atender à demanda de água para fins não potáveis.

1.3 OBJETIVOS

O trabalho tem por objetivo avaliar os métodos de dimensionamento para reservatórios de sistema de aproveitamento de água pluvial.

Pretende-se desenvolver uma proposta visando o aproveitamento de água pluvial para uso não potável. Também introduzir soluções sustentáveis, que resultem em economia do consumo da água, substituir a água potável para fins não potáveis, contribuir com a economia financeira e promover a conservação de recursos ambientais.

Pretende-se, através deste trabalho, apresentar os métodos de dimensionamento preconizados pela Norma Brasileira de água de Chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para Fins Não Potáveis – NBR 15527 aplicados em um estudo de caso para identificar, dentre eles, quais atendem melhor a demanda de água para fins não potáveis, evitar gastos desnecessários e assim fornecer um reservatório eficiente.

Como resultado, contribuir na adequação do Hospital Federal do Andaraí, em termos de obra sustentável, a partir da captação da água pluvial como opção econômica de água para fins não potáveis.

1.4 METODOLOGIA

Neste trabalho, a abordagem de pesquisa descritiva será adotada para apresentar os estudos sobre o aproveitamento da água de chuva. Nesta abordagem os elementos são observados, registrados, classificados e interpretados.

Os dados serão coletados a partir da análise de conhecimentos referentes ao tema, acessíveis para consulta, que relatam a implantação e sua relação com os resultados positivos obtidos a partir da utilização do aproveitamento de água pluvial. Pretende-se fazer uma análise das vantagens de sua implementação como uma estratégia de sustentabilidade.

De acordo com Vergara (2010), podem existir vários tipos de pesquisa e dois critérios básicos são propostos pela autora: quanto aos fins e quanto aos meios.

Em relação aos fins a pesquisa pode ser exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada ou intervencionista. Quanto aos meios de investigação podem ser: pesquisa de campo, pesquisa de laboratório, documental, bibliográfica, experimental, *ex post facto*, participante, pesquisa-ação ou estudo de caso.

Conforme as características deste trabalho, a classificação quanto aos fins que melhor se enquadra é a pesquisa aplicada. Segundo a descrição de Vergara (2010, p.42) “A pesquisa aplicada é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos, ou não. Tem, portanto, finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada, sobretudo no nível de especulação”.

Já em relação aos meios de investigação, as mais adequadas classificações são a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica através de literatura disponível para tema proposto. Vergara (2010, p.43) diz que “Pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral”.

Além da pesquisa bibliográfica foi feito o estudo de caso que consiste em apresentar o método mais adequado para o dimensionamento de reservatório de água pluvial para o Hospital Federal do Andaraí. Vergara (2010, p.43) afirma que “Estudo de caso é o circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como pessoa, família, produto, empresa, órgão público, comunidade ou mesmo país.”

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos que compreendem desde a introdução, mostrada no primeiro capítulo, até a conclusão apresentada no último capítulo, além de mais duas partes que integram o corpo do trabalho, a saber: as referências e os anexos.

Na introdução, o aproveitamento de água pluvial e a importância da água são apresentados. A seguir, são apresentados a justificativa que levou ao desenvolvimento desse estudo, o objetivo que se pretende alcançar com essa pesquisa, a metodologia e a estruturação do trabalho.

A água e o foco do segundo capítulo com exposição de aspectos que envolvem o tema aproveitamento de água pluvial. Além disso, descreve a legislação hídrica no Brasil e em outros países, o sistema e os métodos de aproveitamento de água pluvial.

No terceiro capítulo é referente o objeto de estudo, o Hospital Federal do Andaraí, destacando a contextualização do hospital; a caracterização geográfica; os dados pluviométricos da cidade onde se encontra instalado este hospital; bem como o desenvolvimento da pesquisa. Também são discutidos os métodos de dimensionamento aplicados ao aproveitamento de água pluvial, a partir de comparativos de métodos de dimensionamento indicados pela Norma ABNT 15.527/07 para identificar qual método atende melhor às necessidades do Hospital Federal do Andaraí.

No quarto capítulo são expostas as considerações finais do trabalho. E no quinto capítulo as recomendações. Além de mais duas partes que compõem a estrutura do trabalho, são eles: as referências utilizadas ao longo do trabalho e anexos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁGUA

A água é uma das substâncias mais importantes do planeta Terra que em estado puro, nas condições normais de temperatura e pressão, está em estado líquido, incolor, inodora e insípida.

A água é um recurso essencial encontrado na natureza e faz parte da composição de todas as matérias do ambiente natural ou antrópico. (TELLES; COSTA, 2010). De acordo com (TELLES, 2013, p.29), a água é um fator essencial para a vida, por ser responsável pelo equilíbrio da vida, inclusive fazendo parte de 70% do corpo humano.

O abastecimento de água no mundo está em crise, e a situação vem piorando e não melhorando, apesar de planos grandiosos de organismos mundiais, regionais e locais. Desde os anos 1970, percebe-se que questões básicas precisam ser resolvidas. Em regiões de maior escassez, mulheres e crianças são penalizadas com serviços pesados de transporte manual desse precioso líquido, às vezes, por quilômetros, em utensílios rudimentares. (TELLES, 2013, p.28).

Telles e Costa (2010, p.1) afirmam que “a água é imprescindível como recurso natural renovável, sendo de suma importância para o desenvolvimento dos ecossistemas, e por consequência, considerada um fator vital para toda a população terrestre”.

O planeta Terra é constituído em sua maior parte por água, que pode ser encontrada nos rios, nos mares, nas nuvens, nos lagos, nos lençóis subterrâneos e nos seres humanos; em diversos estados: líquido, sólido e gasoso.

Com o crescimento do meio urbano, principalmente na segunda metade do século XX, com aglomerações de pessoas em pequenos espaços, o uso do meio ambiente intensificou-se de tal maneira que impactou na qualidade de vida. Além das pessoas estarem mais susceptíveis às doenças, há também o risco de inundações, deficiência na drenagem urbana e efeito sobre abastecimento, esgotamento sanitário, águas pluviais e resíduos sólidos. (BRASIL,2006).

Segundo Telles (2013, p.34), o volume de água na Terra é fixo, não cresce nem diminui, mas a qualidade piora consideravelmente. Outro autor também aponta para esta questão ao afirmar que:

A generosidade da natureza fazia crer em inesgotáveis mananciais, abundantes e renováveis. Hoje, o mau uso, aliado à crescente demanda pelo recurso, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo evidente decréscimo da disponibilidade de água limpa em todo o planeta. (TELLES, 2013 apud JAQUES, 2005, p. 17).

Segundo Von Sperling (1995 apud JAQUES, 2005, p. 17), os principais usos, atualmente, da água são: o abastecimento doméstico; o abastecimento industrial; a irrigação; a dessedentação de animais; a preservação da flora e fauna; a recreação e lazer; a geração de energia elétrica; a navegação e a diluição de despejos.

Dentre tais medidas, o aproveitamento da água de chuva mostra-se uma forma de uso interessante para suprir a necessidade de água para atividades que não precisem de água potável, como regas de jardins, lavagem de carros e pisos, uso em bacias sanitárias, entre outros, conforme a análise de Righetto:

A adoção de medidas que visam a diminuição de consumo e a busca por fontes alternativas de água tem se tornando uma prática cada vez mais necessária sob o ponto de vista da disponibilidade hídrica e da sustentabilidade ambiental. O aproveitamento de água pluvial apresenta-se, neste contexto, como uma alternativa socioambiental responsável possível economicamente, no sentido de suprir demandas menos exigentes, caracterizadas por usos não potáveis, desde que atendidos os requisitos pertinentes. (RIGHETTO, 2009, p.45)

2.2 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A escassez da água potável é um problema cada vez mais comum que afeta diversas áreas do mundo. Diversos países sofrem com a falta de água que impacta na saúde humana e no desenvolvimento socioeconômico.

Além disso, o crescimento desordenado e a falta de planejamento urbano contribuem, entre outros problemas, com a contaminação de recursos hídricos.

As atividades industrial e agropecuária, que apresentam aumento significativo ao

longo dos anos, provocam contaminações e competição com a população por este recurso. Outro fator agravante é a distribuição desigual de água doce no Brasil e no mundo.

As Organizações das Nações Unidas (ONU, 2013b) afirmam que “em 2015, 1,8 bilhão de pessoas estarão vivendo em países ou regiões com escassez de água absoluta, e dois terços da população mundial poderão viver sob condições de estresse hídrico.”

Apesar do planeta ser composto, em sua maior parte, por água, a quantidade de água doce disponível é limitada, visto que em torno de 0,77%, do total de água existente, pode ser utilizada para consumo imediato. Uma vez que se encontra em rios, lagos, água subterrânea e na atmosfera, todavia grande parte já está poluída, reduzindo ainda mais a fração hídrica apropriada para consumo humano (GRASSI, 2001, p. 31). (Figura 1)

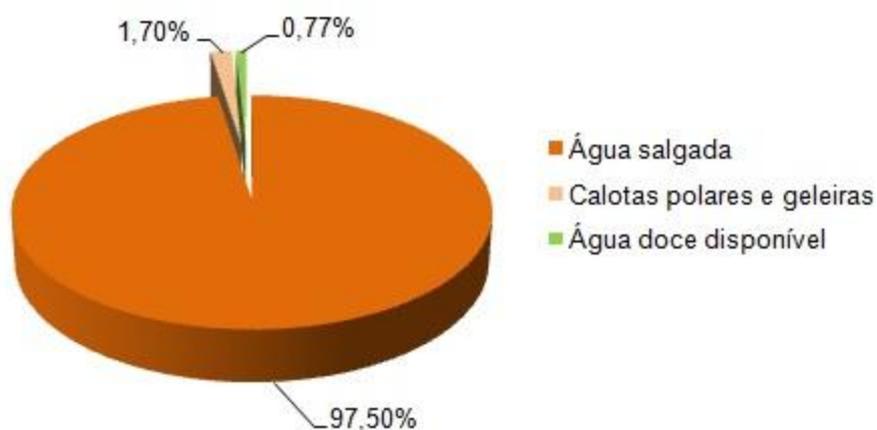


Figura 1: Distribuição de água no planeta
(Fonte: www.ceset.unicamp.br/~mariaacm/ST114/aguas.pdf, acesso julho de 2014)

O Brasil é um dos países com maior reserva de água doce superficial do mundo com cerca de 12% do total mundial, de acordo com a tabela 1. (ANA, 2009, p.5)

Tabela 1: Distribuição da disponibilidade hídrica mundial

Região	% da disponibilidade hídrica mundial
África	9,7%
Américas	39,6%
Ásia	31,8%
Europa	15%
Oceania	3,9%
Brasil	12%

(Fonte: ANA, 2009, p.5, acesso em junho 2014)

No entanto, a desigualdade de distribuição ao longo do seu território é grande já que 68% estão localizados na região amazônica e os demais 32% estão distribuídos de forma desigual ao longo do país, nas regiões com maior taxa populacional e significativos problemas com os recursos hídricos, de acordo com a figura 2. (ANA, 2009, p.5)

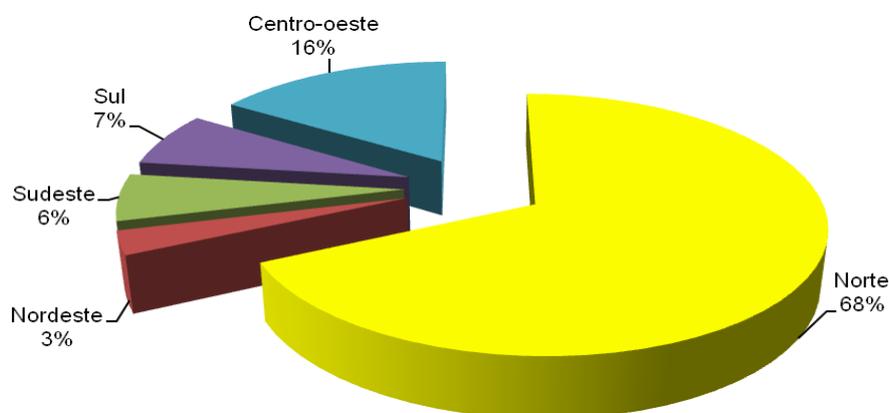


Figura 2: Disponibilidade hídrica das regiões brasileiras
(Fonte: ANA, 2009, p.05, acesso em junho 2014)

Outros fatores agravantes para a disponibilidade de água potável no Brasil é o comprometimento das águas subterrâneas e superficiais, seja na quantidade quanto na qualidade, resultante da poluição, da agricultura, pecuária extensiva, atividade industrial e do desmatamento.

Na área urbana, a oferta de água não consegue atender a demanda por razões de desperdício, de lançamento de dejetos orgânicos e químicos, de furtos de água, de vazamentos nas tubulações, da demanda para diversos fins que não necessitam de água potável, da poluição de mananciais e dos rios.

Na área rural, o panorama também não é satisfatório, em razão da poluição do solo e da água com agrotóxicos e outros produtos químicos, além da destruição da mata ciliar e dos lançamentos de dejetos *in natura* nos corpos hídricos.

Os períodos de estiagem também sinalizam a necessidade da gestão de recursos hídricos incluindo metodologias de conservação e disponibilidade de água para que situações como esta sejam minimizadas ou erradicadas.

Telles *et al* (2013, p.184) dizem que os usos da água para abastecimento humano possuem proporções diversas com destaque para maior consumo os países industrializados para higiene pessoal e descarga de vaso sanitário.

No Brasil, o maior consumo é destinado à higiene pessoal e à descarga sanitária, mas em proporções diferentes dos países industrializados.

A cidade do Rio de Janeiro não possui mananciais com volume suficiente para atender o consumo de água potável e precisa ser abastecida por águas de mananciais de municípios vizinhos como o Rio Guandu, por exemplo, é o principal fornecedor de água para a Estação de Tratamento de Água Guandu - CEDAE (ETA Guandu) possui suas nascentes localizadas em diversos municípios do estado do Rio de Janeiro.

O aumento do consumo de água potável em função do aumento do crescimento populacional, do aumento do desperdício e dos vazamentos possibilita a utilização de medidas mitigadoras entre elas, o aproveitamento de água pluvial, para que contribuam com a manutenção da quantidade de água potável para abastecimento público.

2.3 O CICLO HIDROLÓGICO

Um dos ciclos básicos da Terra é o ciclo hidrológico. A constante circulação da água no planeta se dá através da troca de água entre a atmosfera, a superfície terrestre, os mares, rios, lagos e as florestas.

O ciclo da água é um fenômeno natural de movimento contínuo das moléculas de água por ação da energia do Sol capaz de mudar o estado físico da água.

Segundo Ven Te Chow (1994 apud TELLES, 2013, p.56), a hidrologia é a ciência que estuda a água na Terra, bem como sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação os seres vivos.

Oliveira (2007, p.21), mostra que a quantidade de água no planeta é constante sem perda ou ganho, com que a prática do uso racional da água, seja um argumento interessante quando se trata da preservação dos recursos hídricos.

A água está em movimento contínuo na Terra através de um fenômeno chamado de ciclo hidrológico ou ciclo da água. Este fenômeno compreende diversas etapas onde a água é encontrada nos três estados da matéria na natureza: líquido, sólido e gasoso.

No entanto, este movimento pode sofrer alterações ao longo do tempo e por condições aleatórias que interferem no volume adequado de água em alguma região, resultando em eventos críticos como as secas e as enchentes.

“Sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e daí para os continentes, de onde retorna, superficial ou subterraneamente, ao oceano. Esse ciclo é governado, no solo e subsolo, pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e densidade de cobertura vegetal; e a atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos), pelos elementos e fatores climáticos, como por exemplo, temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar e insolação, que são os responsáveis pelos processos de circulação da água dos oceanos para a atmosfera em uma dada latitude terrestre.” (FEITOSA *et al*, 2008).

O ciclo hidrológico possui duas fases, são elas: a fase terrestre que compreende os

oceanos e os continentes e a fase atmosférica que ocorre na troposfera, camada mais inferior da atmosfera terrestre (Figura 3).



Figura 3: Troposfera

(Fonte: <http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/troposphere.html&lang=sp>, acesso em outubro de 2014)

Para ocorrer o ciclo hidrológico é preciso uma fonte de energia térmica, a energia solar, para provocar a mudança do estado físico da água, que transforma a água, líquida ou sólida, da superfície terrestre em vapor. Esta água é proveniente da evaporação direta e/ou da transpiração de animais e plantas.

O ciclo envolve as etapas de evaporação, transpiração, sublimação, condensação, precipitação e escoamento. A incidência da radiação solar sob a Terra provoca a evaporação da água dos oceanos, rios, lagos e do solo e transpiração de plantas e animais, que migra para a atmosfera sob forma de vapor, condensa-se formando nuvens que quando carregadas, formam gotas líquidas e caem sobre a superfície terrestre com diferentes destinos, como rios, lagos, oceanos e/ou infiltração pelo solo, alimentando os lençóis freáticos (TELLES, 2013). (Figura 4)

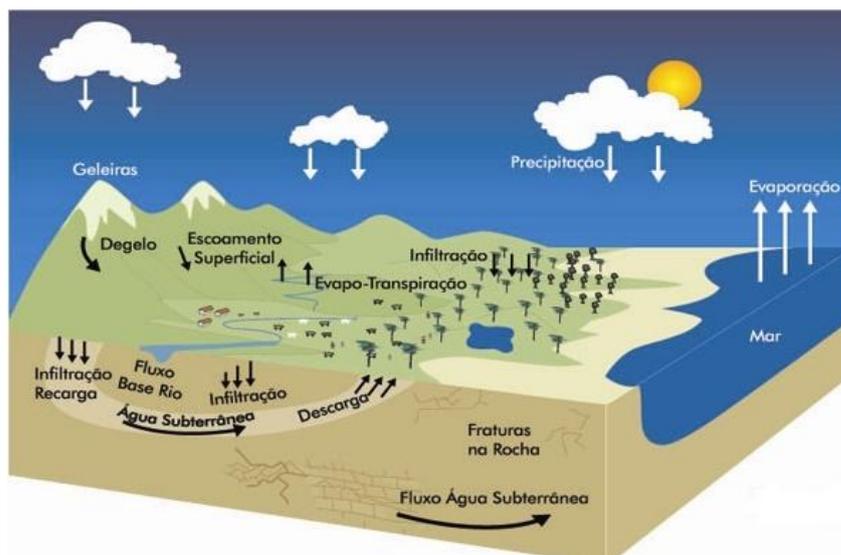


Figura 4: Ciclo hidrológico

(Fonte: www.mma.gov.br/estruturas/167/_imagens/167_08122008121516.jpg, acesso em julho de 2014)

A etapa de infiltração ocorre quando a água da superfície infiltra e percola no solo realizando o recarregamento, principalmente, das águas subterrâneas contribuindo para a formação de aquíferos e nascentes.

Depois, a água evapora e retorna à atmosfera e parte dela é absorvida pelas raízes dos vegetais que liberam, através da transpiração, a água para a atmosfera, sendo este fenômeno chamado de evapotranspiração.

Na etapa da evaporação ocorre a ação dos ventos e dos raios solares que aquecem a água dos rios, dos oceanos e dos mares. A água muda de estado líquido para gasoso, sob forma de vapor e segue para a atmosfera, na camada troposfera. Com a mudança de temperatura na troposfera (camada mais fria que a superfície terrestre) o vapor condensa-se formando as nuvens. (ROSSA, 2006)

A transpiração é a mudança do estado físico da água proveniente da respiração de animais e das plantas para o estado gasoso. A água sob forma de vapor é direcionada da superfície terrestre para a atmosfera que ajuda na formação das nuvens. (ROSSA, 2006)

Na etapa precipitação a água presente na atmosfera pode precipitar de três formas: chuva, neve ou granizo. A precipitação é decorrente da condensação formada pela evaporação e da transpiração. Com a temperatura mais baixa, o vapor de água muda para o estado líquido. Ele se condensa e formam as nuvens, isto é, as nuvens são formadas por várias gotículas de água.

Na medida em que vão se aglomerando, as gotas aumentam de tamanho e há a precipitação, ou seja, começa a chover. Em regiões mais frias, a água passa rapidamente da forma de vapor para a forma líquida formando a neve que precipita até a superfície. (ROSSA, 2006)

O granizo é formado quando as gotículas de água são congeladas sob temperaturas inferiores a 0°C e as correntes de ar que se deslocam e promovem a união destas gotículas, que aumentam de tamanho e, ao atingirem peso superior ao que é suportado pelas correntes de ar, precipitam. (RÊGO, 2006).

A precipitação é o resultado final, já em retorno ao solo, do vapor d'água que se condensou e se transformou em gotas de dimensões suficientes para quebrar a tensão de suporte, e cair. Essa água em trânsito entre nuvem e solo, tem aparentemente, aspecto quantitativo regular para cada local do globo; mas sua distribuição durante o ciclo anual é declaradamente irregular (Ometto, 1981).

A água quando precipita pode ter diversos destinos: ela pode escoar pela superfície do terreno, percolar, evaporar e infiltrar.

Uma parcela da água precipitada compõe o escoamento superficial. Trata-se de uma resposta rápida, que cessa em pouco tempo após o fim da precipitação (ROSSA, 2006, p.16). A ação ocorre em função da gravidade fazendo com que a água das regiões mais altas escoem para as regiões mais baixas.

No escoamento subterrâneo a água desloca-se para o interior do solo através dos poros do solo (infiltração), sendo importante para recarregar os aquíferos e ajudar a formar os cursos d'água. (ROSSA, 2006, p.16).

Ambos os escoamentos (superficial e subterrâneo) alimentam os cursos d'água que deságuam nos lagos e nos oceanos. (ROSSA, 2006, p.16).

A percolação é uma etapa importante, pois é o deslocamento da água através dos poros do solo e rochas que pode atingir as camadas mais subterrâneas do solo. O volume de água absorvido depende da permeabilidade do solo, a intensidade e a duração da chuva.

2.4 HISTÓRICO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

A técnica de aproveitamento de água pluvial é uma estratégia para tornar uma quantidade maior de água acessível, visto que é um bem essencial para manutenção da vida no planeta e de diversas atividades humanas nas esferas sociais, econômicas e culturais. Ao longo da história, observa-se a busca do homem em encontrar soluções capazes de favorecer maior disponibilidade deste recurso. Trata-se de uma prática utilizada há muito tempo, principalmente, em regiões com baixa precipitação pluvial, como as regiões áridas e as regiões semiáridas.

Segundo Dornelles (2012, p.19) “a data em que esta técnica surgiu não é conhecida com exatidão; existem registros que evidenciam a existência de estruturas para armazenamento de água de chuva anteriores a 3.000 a.C. [...]”.

Segundo Tomaz (2010), o aproveitamento de água pluvial é uma prática antiga, com registro inicial por volta de 830 a.C. na região de Moab, próximo a Israel, onde através do documento na pedra Moabita, o rei Mesa determina que em cada residência tenha uma cisterna para armazenar água de chuva conforme figura 5.



Figura 5: Pedra Moabita

(Fonte: www.allaboutarchaeology.org/moabite-stone-faq.htm, acesso junho de 2014)

Há registros na cidade portuguesa de Tomar, no ano 1160 d.C., onde a Fortaleza dos Templários utilizava água de chuva para abastecer o local (Figura 6).



Figura 6: Fortaleza dos Templários

(Fonte: www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf, acesso junho de 2014)

No interior da Fortaleza dos Templários havia dois reservatórios de água de chuva com capacidade total de 360m^3 divididos em um reservatório (com área de $11,30\text{m} \times 3,12\text{m}$) com capacidade total de 215m^2 e outro reservatório (com $7,9\text{m} \times 3,12\text{m}$ de área) com capacidade de 145m^2 .

Em Gnadlinger (2000 apud VELOSO; MENDES, 2013, p.230), no México, os Aztecas e Mayas, utilizavam a água de chuva desde o século X para cultivo de alimentos. Na Grécia esta prática é datada de 3500 a 1200 a.C., segundo os autores Kautsoyiannis et al. (2008 apud VELOSO; MENDES, 2013, p.230).

Há evidências que, por volta do século X, na cidade Oxkutzcab, os povos Incas, Maias e os Astecas, armazenavam águas pluviais para serem usadas na agricultura, em cisternas chamadas chultuns (Figura 7), com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, escavadas no subsolo calcário e impermeabilizadas com reboco. (GNADLINGER, 2000).

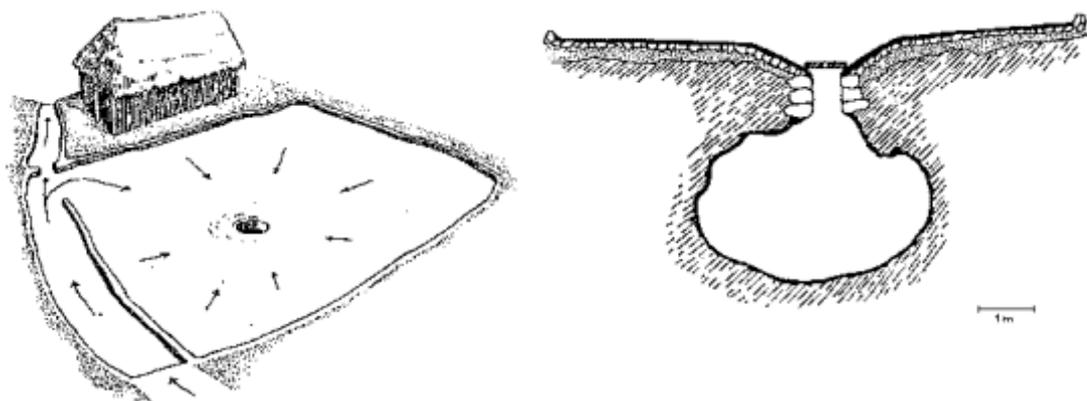


Figura 7: Cisterna Chultun
(Fonte: www.irpaa.org/colheita/f2.htm, acesso em junho de 2014)

Nos vales, segundo Gnadlinger (2000), os modelos de reservatórios artificiais usados eram os aguadas, com capacidade de 10 a 15 milhões de litros, e os aquaditas, com capacidade de 100 a 50.000 litros. O propósito de irrigar o plantio de pequenas áreas, de bosques e de árvores frutíferas.

Por volta da década de 80, a cidade Gopalpur, na Índia, adotou técnicas de captação de escoamento superficial. Esta atitude apresentou resultados positivos, uma vez que está localizada na região seca. Além disso, serviu de exemplo para 650 cidades próximas que passaram a utilizá-la para captação de água de chuva. Com o sucesso alcançado, o Ministro Chefe do Estado de Madhya Pradesh também na Índia, implementou em mais 7.827 cidades. (WORLD WATER CONCIL, 2000 apud BASTOS, 2007, p. 42).

O autor Cardoso (2010, p. 27), afirma que o uso de água de chuva pela sociedade teve declínio a partir do surgimento dos sistemas de abastecimento de água. Todavia, em decorrência da escassez hídrica no mundo, o uso da água de chuva vem se intensificando como alternativa de conservação de água potável.

Atualmente a prática é muito difundida em países desenvolvidos, inclusive apresentando legislação forte sobre a questão. Japão, Grécia, Portugal, Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Irlanda são exemplos de nações que utilizam a água pluvial em diversas aplicações: desde os fins menos nobres, em serviços de lavagens e rega de jardins, até sua ingestão para suprir necessidades potáveis. (CHANAN, VIGNESWARAN & KANDASAMY, 2007 apud VELOSO; MENDES, 2013, p. 230).

Em Tóquio, no Japão, a coleta de água pluvial é bem difundida através do uso de grandes barragens em regiões montanhosas a cerca de 190 km do centro da cidade. Outras cidades do Japão armazenam a água de chuva em reservatórios industriais ou comunitários, chamados de Tensuison, que possuem bombas manuais ou torneiras para que água esteja disponível e acessível para qualquer cidadão. (VIEIRA, 2008, p.12).

Segundo Bastos (2007 apud VIEIRA, 2008, p. 12) a instalação de sistema de aproveitamento de água pluvial mais antiga no Brasil foi construída em 1943, na ilha de Fernando de Noronha, por Norte-americanos. A primeira comprovação desse uso data do século XVII, no estado de Santa Catarina, na construção de fortalezas localizadas na cidade de Florianópolis.

O tipo de reservatório para águas pluviais adotado mais comum no Brasil é a cisterna, principalmente no nordeste brasileiro, região semiárida do país. Neste modelo a água de chuva é captada através dos telhados das casas e escoada até este reservatório. (VIEIRA, 2008, p. 12)

Conforme Ilha e Reis (2011, p. 50), existem alguns desafios para implantação de sistemas de água pluvial em edificações que estão descritos no quadro 2.

Quadro 2: Desafios na introdução do sistema pluvial em edificações

Capacitação dos profissionais envolvidos.

Consolidação de técnicas de concepção.

Operação e manutenção.

Melhorias de normas técnicas.

Maior conhecimento dos riscos do uso de água pluvial.

Sensibilização dos usuários sobre a necessidade de interação com o sistema.

Definição de responsabilidades pelo controle da qualidade da água no sistema predial.

Ampliação dos produtos no mercado nacional para a implantação específica de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Desenvolvimento de tecnologias para o tratamento desse recurso.

Redução de custos de equipamentos e componentes.

Adoção de políticas públicas de incentivo ao aproveitamento de água de chuva.

Estabelecimento de padrões de qualidade de água de chuva tratada para aplicações específicas.

Desenvolvimento de tubos e conexões exclusivos para o sistema de água potável, de modo a não permitir a troca entre sistemas de água potável e pluvial.

Padronização da identificação das tubulações, com cores, inscrições, etc.

Fonte: Adaptado de (Ilha; Reis, 2011, p. 50)

A utilização da água pluvial possui vantagens e desvantagens (Gould; Nissen-Petersen, 1999 apud CAMPOS, 2004), que estão descritas na tabela 2.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens da utilização da água pluvial

Vantagens	Desvantagens
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo)	Alto custo (principalmente quando comparada com outras fontes).
Fácil manutenção.	Suprimento é limitado (depende da quantidade de precipitação e da área de telhado).
Baixos custos de operação e manutenção.	Custo inicial alto.
Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita no telhado).	Não atrativo a políticas públicas.
Baixo impacto ambiental.	Qualidade de água vulnerável.
As tecnologias disponíveis são flexíveis.	Possível rejeição cultural.
Construção simples.	
Serve além de fonte de água como uma medida não-estrutural para drenagem urbana.	

Fonte: (Gould; Nissen-Petersen, 1999 apud CAMPOS, 2004)

De acordo com Campos (2004, p. 27), a desvantagem da utilização da água pluvial quanto ao custo é relativa. Devido ao alto custo para abastecimento de água potável para a população e conseqüentemente ao maior valor da cobrança por fornecer este serviço, pois as fontes de água potável estão cada vez mais poluídas e/ou distantes, aumentando os gastos com captação, tratamento e distribuição.

Os autores Matos, et al. (2014, p. 116), propõem que em áreas urbanas sejam realizadas campanhas para divulgar o sistema de aproveitamento, apontando os seus benefícios e o potencial que possui para economizar água potável, principalmente, em cidades com períodos de chuvas frequentes e aquelas com disponibilidade suficiente de água potável para a população. Porque reduziria a demanda de água para fins não potáveis, diminuiria o impacto sobre os recursos hídricos e promoveria o uso da água mais sustentável.

O aproveitamento de água de chuva é uma estratégia que pode trazer muitos benefícios e ajudar com a escassez de água, degradação do córrego urbano e inundações. (Fletcher et al., 2008; Van Roon, 2007; Zhu et al., 2004 apud FARRENY, et al., 2011, p.3246).

2.5 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

2.5.1 No Mundo

A água é um recurso essencial para a manutenção da vida do homem. E por ser um elemento indispensável, o aproveitamento da água de chuva é utilizado pela humanidade há milhares de anos, como prática alternativa para disponibilidade de água.

Em Cingapura, no ano de 1992, segundo Fendrich & Oliynik (2002), a água de chuva passou a ser coletada no aeroporto de Changi, utilizando o telhado do edifício e das pistas de decolagem para uso nos vasos sanitários. (Figura 8)

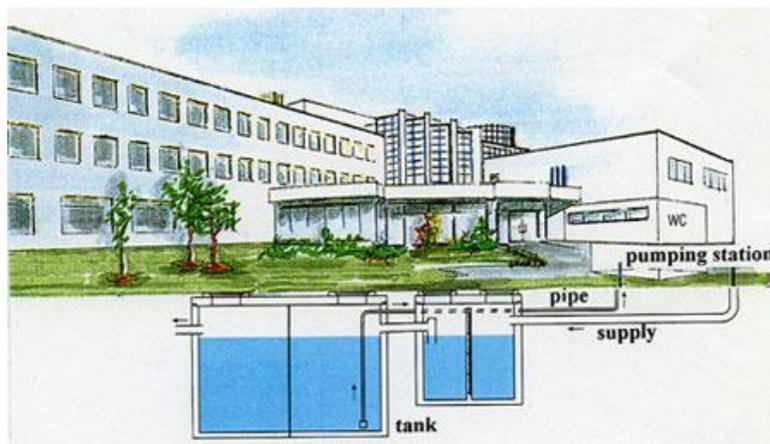


Figura 8: Aeroporto Changi - Esquema de coleta de água de chuva
(Fonte: www.rainwaterharvesting.org/international/singapore.htm, acesso outubro de 2014)

Na figura 8, observa-se as seguintes estruturas que compõem o sistema de coleta de água de chuva, são eles: pumping station (estação de bombeamento), pipe (tubo), supply (abastecimento) e tank (reservatório).

O volume de água de chuva coletada e tratada corresponde a 28-33% da demanda total, proporcionando uma economia de cerca de S\$ (Singapore dollar) 390.000 por ano. O custo da água da chuva foi de S\$ 0,395 (US\$ 0,25) por metro cúbico em comparação com o custo da água potável que era S\$ 0,535 (US\$ 0,33). (RAINWATER HARVESTING, 2014).

Como a demanda por água é muito grande, a coleta não fica restrita ao aeroporto de Changi. Os edifícios residenciais também possuem sistema de captação de água de chuva para suprir parte da demanda de água não potável.

Os moradores do bairro Mukōjima, em Tóquio, desenvolveram um sistema de coleta de água de chuva chamado de Rojison (Figura 9) com a finalidade de realizar a coleta de água dos telhados das casas destinada, para rega de jardins, combater incêndios e uso em caso de emergência. (UNEP, 2001).

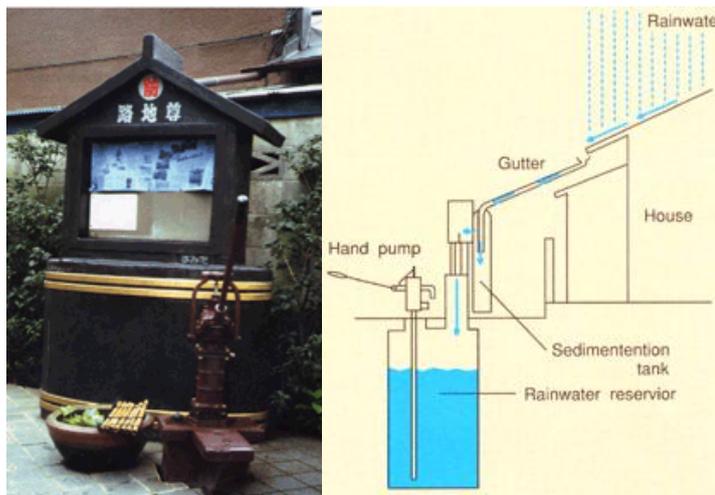


Figura 9 Rojison – Sistema de coleta de água pluvial
(Fonte: www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp, acesso outubro de 2014)

No ano de 1998, em Berlim, na Alemanha, os sistemas de aproveitamento de água pluvial foram implantados para controlar enchentes no meio urbano, economizar água e criar um melhor microclima. A água é coletada dos telhados de 19 edifícios para ser usada em vasos sanitários, regar áreas verdes e fazer a reposição de uma lagoa artificial. (UNEP, 2001).

Em outro projeto, no edifício Belss-Luedecke-Strasse, também em Berlim, a água de chuva é coletada do telhado com uma área de aproximadamente de 7.000 m^2 e direcionada para uma cisterna de 160 m^3 , juntamente com a água proveniente do escoamento de ruas, estacionamentos e vias que representam uma área de 4.200 m^2 . A água é submetida a um tratamento adequado para ser usada em vasos sanitários e regas de jardins. Baseado em uma simulação de 10 anos de uso de água pluvial, a economia de água potável é em torno de 2.430 m^3 por ano, contribuindo para preservação dos reservatórios de água subterrâneas desta cidade. (UNEP, 2001).

Na Tailândia, a água de chuva é armazenada em grandes jarros com tampa composta por torneira e ralo (Figura 10), com objetivo de serem reservas de água potável, pois muitas comunidades não têm acesso à água sem resíduos e sem infestação de mosquitos. Eles possuem capacidade de 100 a 3.000 litros. O

tamanho mais popular é de 2.000 litros, que custa 750 Baht, e mantém a água suficiente para uma família de seis pessoas durante a estação de seca que dura seis meses. (UNEP, 2001).



Figura 10: Reservatório para água de chuva na Tailândia
(Fonte: www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp, acesso outubro de 2014)

Fendrich & Oliynik (2002) informam que na Indonésia, em Yogyakarta, é obrigatório ter infiltração da água de chuva para manter os aquíferos subterrâneos. Em Tóquio, no Japão, trata-se de uma medida para evitar enchentes e fazer a prevenção da recarga das águas subterrâneas. Na Alemanha é usada para conservar os lençóis freáticos enquanto na Holanda e na Dinamarca são usadas para a manutenção da água em lençóis freáticos.

2.5.2 No Brasil

Nos últimos anos observa-se que esta técnica está mais comum no Brasil, apesar de relatos da sua aplicação há muitos anos atrás.

Segundo Melo (2007, p.24), antes do século passado, a água pluvial já era utilizada no nordeste brasileiro. O primeiro relato de uso da água pluvial ocorreu na ilha de Fernando de Noronha, em 1943, construída pelo exército norte-americano e que abastece a população até os dias atuais.

Na região do semiárido brasileiro, são comuns longos períodos de estiagem que interferem, diretamente, na disponibilidade de água para a população que ali vive. Apesar das chuvas irregulares de vários meses sem chuva, a adoção de cisternas é uma das técnicas que tem sido adaptada para a região, com o objetivo de armazenar e usar a água de chuva na área rural para consumo humano, animal e produção agrícola. (LOPES, 2003)

Com o incentivo do governo federal já foram instaladas mais de meio milhão de cisternas na região nordeste do Brasil. A capacidade das cisternas é de 16 mil litros e atendem uma família de cinco pessoas. (SANTOS; RICCIARDI, 2013)

Segundo Anecchini (2005, p.33), por se tratar de uma região com alta deficiência de água, diversas iniciativas ocorrem para melhorar a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro: o Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA) criado em 1975 com o propósito de coletar água de chuva e armazenar a água em cisternas; parceria em 1957 entre a organização não governamental, a organização Cáritas e o governo para o “Programa de Convivência com o Semiárido”, com o objetivo de incentivar e construir cisternas para armazenar água de chuva.

Na região sul do país, de acordo com Piazza (1983 apud por Jaques, 2005), na Ilha de Santa Catarina, foram encontradas fortalezas construídas por portugueses no século XVIII. A fortaleza na Ilha de Ratonas, com cisterna que armazena a água proveniente do escoamento dos telhados tem função de abastecer a tropa e ser usada para outros fins.

No estado do Paraná a detenção de águas pluviais teve início em 1982, no estudo realizado no reservatório de detenção das águas pluviais na cidade de Planaltina do Paraná, o qual tinha capacidade máxima de 9.700 m³ e era utilizado com o objetivo de amortecer as vazões máximas de uma área de drenagem de 0,5 km². (FRIENDRICH; OLIYNIK, 2002 apud POZZEBON; GASTALDINI, 2013, p.2)

O autor Peters (2006, p.37), afirma que, até os anos 30, as residências no Brasil possuíam reservatórios de água de chuva, mas em virtude da instalação da rede de abastecimento, esta prática ficou em desuso pela comodidade fornecida pela água

encanada.

Observa-se que, atualmente, o interesse está aumentando para aproveitar a água de chuva. Diversas cidades brasileiras estão adotando esta técnica, principalmente, por terem legislações que incentivam o seu uso, algumas destas cidades são Rio de Janeiro, São Paulo, Maringá e Curitiba.

2.6 POTABILIDADE DA ÁGUA

O padrão de potabilidade da água para consumo humano deve atender aos parâmetros indicados na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

É importante estabelecer o controle sobre a água destinada ao consumo humano, pois a água é um meio de transmissão de doenças.

A portaria nº 2.914/2011 define água potável como a água que atende ao padrão de potabilidade estabelecido, que esteja em conformidade com os padrões microbiológicos, químicos, físicos e radioativos dispostos nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde.

Água não potável é aquela que não atende à Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. No artigo 53 da Portaria nº 2.914/2011 está descrito que esta norma revoga a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

No Brasil, o consumo de água potável tem diversas finalidades, sendo que os maiores consumos estão nas descargas na bacia sanitária (27%), lavagem de roupa (22%) e chuveiro (17%), considerando o consumo de 160 L/ dia x habitante de acordo com a tabela 3. (VICKERS, 2001 apud TOMAZ, 2009).

Tabela 3: Porcentagem de consumo de água potável em uma residência

Usos da água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 L/dia x hab. (litros)
Descarga de bacia sanitária	27%	43 L
Chuveiro	17%	27 L
Lavagem de roupa	22%	35 L
Vazamento em geral	14%	22 L
Lavagem de pratos	2%	3 L
Consumo nas torneiras	16%	26 L
Outros	2%	3 L
Total	100%	160 L

Fonte: (VICKERS, 2001 apud TOMAZ, 2009)

Observa-se que a substituição de água potável proporciona economia de 27% de água potável ao ser utilizada em descargas de bacia sanitária. Desta forma, a disponibilidade de água potável aumenta, pois evita que seja aplicada para fins que não necessitam que a água seja potável.

Em virtude da valorização do aproveitamento da água pluvial é necessário ter atenção aos parâmetros químicos, físicos e biológicos, que são indicativos da qualidade da água, porque se a água for destinada para o consumo humano sem o devido tratamento, pode causar problemas de saúde.

A água pluvial armazenada sem tratamento pode ser utilizada apenas para irrigação de jardins, lavagem de carros e de pisos, não devendo ser empregada para fins que exijam água potável.

2.7 LEGISLAÇÃO HÍDRICA NO BRASIL

A escassez de água é uma ameaça cada vez mais frequente. Em algumas regiões já é uma realidade. Se a forma de utilização dos corpos hídricos se mantiver e medidas alternativas não forem adotadas, em 2025, um terço da população mundial não terá acesso à água potável (ONU, 2012).

No Brasil, alguns estados e municípios, já apresentam leis e decretos voltados à gestão dos recursos hídricos, em especial, para o aproveitamento de água pluvial.

A legislação brasileira considera a água de chuva imprópria para consumo humano, restringindo-se aos usos não potáveis.

2.7.1 Legislação Federal

O Brasil não possui lei específica para o aproveitamento de águas de chuva. Cabe a cada estado e município instituírem leis sobre a captação de água pluvial.

Juridicamente, a elaboração do Decreto 24.643 de 1934 e de leis estaduais e municipais a respeito da água, percebe-se a preocupação em preservar este recurso. Contudo são necessários maiores incentivos para conciliar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade.

Atualmente, a NBR 15.527 de 2007 é adotada como padrão a ser seguido para o aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.

2.7.1.1 Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934

Em 10 de julho de 1934, o Código de Águas, foi instituído através do decreto 24.643, que garante o uso gratuito da água para suprir as necessidades básicas de manutenção da vida e o uso de águas públicas. Ele estabelece a concessão de águas públicas na agricultura, indústria e higiene, além de suprir a necessidade da utilização de água na geração de energia elétrica.

O decreto ressalta o impedimento de contaminar as águas que não são consumidas e que venham a prejudicar terceiros, sendo passível de responsabilidade criminal e pela recuperação das águas.

Através do Título V – artigo 103, este decreto considera as águas pluviais, que precipitam diretamente no prédio, pertencentes ao dono da edificação, podendo usá-la desde que não desperdice, não prejudique outros prédios e não as desvie do curso natural sem autorização do proprietário do prédio que irá recebê-la (BRASIL, 1934).

O estabelecimento deste código foi precursor de outras normas legais como, o código de águas minerais, a constituição federal, a política nacional de águas, legislações estaduais de gestão de águas e a criação da Agência Nacional de Águas (ANA). (DARONCO, 2013).

2.7.1.2 Lei 9.433 de 1997

Através da lei 9.433/97, chamada de Lei das Águas, instituiu-se a Política Nacional de Recursos Hídricos, com o objetivo de conservar os mananciais, preservar a oferta de água com qualidade e a quantidade suficiente para suprir as necessidades e prevenir os eventos críticos decorrentes da falta de água, assegurando, assim, a disponibilidade para a atual e as futuras gerações.

Destaca-se pela valorização e valorar a água ao apresentar no seu artigo 1, incisos I e II a seguinte afirmativa: “ A água é um bem de domínio público e dotado de valor econômico”. O documento contém instrumentos de gestão que merecem destaque e podem ser visualizados no quadro 3:

Quadro 3: Instrumentos de gestão apresentados na Lei 9.433/97

Plano de recursos hídricos para bacia hidrográfica. Trata-se de plano diretor cujo objetivo é compatibilizar a disponibilidade e a demanda de água de forma sustentável. Cabe ao Comitê da Bacia Hidrográfica aprovar o plano, tendo desta forma, uma gestão integrada.

Enquadramento dos corpos d'água para assegurar água de boa qualidade para fins que necessitam de água potável, com propostas preventivas para reduzir custos de despoluição da água.

Outorga de direitos de uso de recursos hídricos realizada através da concessão dada pelo poder público ao outorgado para uso da água. Os critérios foram estabelecidos pela Resolução nº 7 de 21 de julho de 2000 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Cobrança pelo uso dos recursos hídricos com o objetivo de promover a percepção do valor da água e incentivar o uso racional deste recurso pelos usuários.

Sistemas de informações para promover o auxílio na elaboração dos planos de recursos hídricos, além de disponibilizar informações e dados a respeito dos recursos hídricos do país.

Fonte: Lei 9.433/97

2.7.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

Diversos estados já elaboraram leis a respeito do uso da água pluvial, algumas delas são as seguintes:

2.7.2.1 Lei nº 4.248 de 16 de dezembro de 2003

Esta institui o Programa de Captação de Água Pluviais no Estado do Rio de Janeiro. A finalidade é oferecer aos habitantes das cidades do Estado do Rio de Janeiro a educação e o treinamento tendo em vista a captação de águas pluviais e permitindo que as pessoas se conscientizem da importância do ciclo das águas. (ALERJ, 2003)

Os quatro artigos da lei não fornecem maiores informações ou orientações a respeito da educação e treinamento citados.

2.7.2.2 Lei nº 4.393 de 16 de setembro de 2004

No Estado do Rio de Janeiro a lei estadual 4.393/2004 torna obrigatória a instalação de dispositivo para captação de água de chuva em empreendimentos residenciais com mais de 50 famílias e comerciais com mais de 50m² de área construída. A água deve ser usada para fins não potáveis como lavagem de prédios, lavagem de veículos entre outros. Além disso, a tubulação deve ser separada de água potável. (RIO DE JANEIRO, 2004).

2.7.3 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

2.7.3.1 Lei 13.276 de 4 de janeiro de 2002 da cidade São Paulo

Esta lei torna obrigatória a instalação de reservatório para armazenar água pluvial em coberturas e pavimentos localizados em lotes ou edificações com área impermeabilizada maior que 500m². Também dispõe sobre o cálculo da capacidade do reservatório para acumular as águas pluviais.

2.7.3.2 Lei 6.345 de 2003 da cidade Maringá

A lei municipal 6.345 de 2003 de Maringá no Paraná, institui o Programa de Reaproveitamento de Águas de Maringá com o objetivo de reduzir a demanda de água no município e aumentar a quantidade de água disponível para a população. Para isso, orienta que seja instalado sistema de armazenagem de água pluvial.

2.7.3.3 Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003 de Curitiba

Na cidade de Curitiba, no Paraná, a Lei 10.785, de 18 de setembro de 2003, é voltada para conservação e uso racional da água a partir do Programa de Conservação e Uso Racional da Água das Edificações (PURA), dentre as ações está a utilização de fontes alternativas através da captação, armazenamento e utilização da água proveniente das chuvas.

No artigo sete desta lei está descrito que a captação será na cobertura das edificações e direcionada para um reservatório. O uso é restrito, em atividades que não necessitem de água tratada, como rega de jardins e hortas, lavagem de roupas e veículos, vidros, calçadas e pisos (CURITIBA, 2003).

2.7.3.4 Decreto nº 23.940/2004 da Cidade Rio de Janeiro

O decreto tem por objetivo ajudar na prevenção de inundações na cidade do Rio de Janeiro, através do acúmulo de água pluvial em reservatórios, onde não é necessário o uso de água potável.

Os empreendimentos, com área impermeabilizada superior a 500m², são obrigados a coletar e armazenar a água de chuva em reservatórios para propiciar a retenção temporária e, posterior escoamento para a rede de drenagem ou ser aproveitada para lavagem de veículos, rega de jardins e lavagem de calçadas.

2.7.3.5 Lei 2.439 de 2004 da Cidade Pato Branco

No município de Pato Branco, no estado do Paraná, através da lei 2.349 de 2004 foi criado o Programa de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações Públicas.

O objetivo é incentivar o uso racional da água e fontes alternativas para a captação de água, como a utilização de água de chuvas nas novas edificações e contribuir na conscientização sobre a importância da conservação da água.

O descumprimento da lei implica na negativa de concessão do alvará de construção para as novas edificações.

Segundo a lei, estas orientações devem ser adotada para os novos empreendimentos que possuam as seguintes características: edificações residenciais com área superior a 200m², edificações comerciais com área acima de 100m², edificações industriais com qualquer área, edificações públicas e educacionais com qualquer área.

2.7.3.6 Lei 14.018 de 28 de junho de 2005 da cidade São Paulo

A prefeitura da cidade São Paulo, através da lei 14.018 de 28 de junho de 2005, instituiu o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações, com o objetivo de instituir medidas de incentivo à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas novas edificações.

2.7.4 NORMA ABNT NBR 15.527:2007

Em 2007 foi publicada a norma técnica NBR 15.527: Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.

Esta norma foi elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e propõe, após tratamento adequado, o uso não potável da água de chuva em descargas sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de veículos e pisos.

Nesta norma são apresentados os métodos de cálculos para dimensionamento de

reservatórios: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

A NBR 15.527/07 dispõe de informações sobre as calhas, os condutores, as instalações prediais, os padrões da qualidade da água, o bombeamento, a manutenção, a população que utiliza a água e a demanda definida pelo projetista. O projeto também deve atender às normas ABNT NBR 5.626/98 (Instalação predial de água fria) e ABNT NBR 10.844/89 (Instalações prediais de águas pluviais).

Para o uso de reservatórios é indicado seguir as recomendações da NBR 12.217/94 (Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público).

O projeto deve contemplar: o extravasor, o dispositivo de esgotamento, a cobertura, a inspeção, a ventilação e a segurança. Para evitar a suspensão de sólidos e o arraste de material flutuante recomenda-se fazer a retirada da água a 15 cm da superfície. Também é indicado o uso de dispositivos separados para água potável e água não potável para evitar a contaminação cruzada.

Ainda, segundo a norma, os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos, devem ser utilizados os parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis.

2.7.5 Legislação Internacional

A prática do aproveitamento de água de chuva é bem difundida em diversos países. Segundo WHO/UNICEF (2012), 1,3% da população mundial utiliza água pluvial para fins domésticos. Para 2,4% da população rural dos países em desenvolvimento esta é a principal fonte de água que está sendo utilizada, em muitos casos, para consumo humano.

Diversos países já utilizam a água de chuva, como a Alemanha, os Estados Unidos, a Austrália e o Japão. As orientações e os procedimentos de implantação, dimensionamento, conservação e manutenção são disponibilizadas em forma de guias e manuais para incentivar a ser uma prática comum de abastecimento de

água.

2.7.5.1 Estados Unidos da América

Na cidade Austin, no Texas, foi desenvolvido um programa de incentivo para que os cidadãos instalem em suas propriedades, coletores e reservatórios de água de chuva. O estado também oferece benefícios fiscais, como isenção de impostos, para os sistemas de captação de água de chuva. Estima-se que mais de 6.000 reservatórios já tenham sido instalados. (THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING, 2005).

Além disso, foi desenvolvido “The Texas Manual on Rainwater Harvesting” - um manual de orientação sobre informações necessárias para aproveitar a água pluvial em residências e comércios de pequena escala.

2.7.5.2 Alemanha

A Alemanha é um dos países pioneiros na instalação de tecnologias para captação de água de chuva como alternativa para conter enchentes decorrentes da impermeabilização do solo e construções que reduzem a infiltração da água no solo.

A água pluvial é usada para fins não potáveis para auxiliar na gestão sustentável dos recursos hídricos e como alternativa para conservar as águas subterrâneas, prevenir as enchentes, recarregar os aquíferos, reduzir os custos com a manutenção, ampliar o sistema de drenagem e prevenir a escassez. (DIN 1989-1)

Neste país a norma DIN 1989 é destinada às instalações nas residências, nos estabelecimentos comerciais, nas indústrias e nas instituições públicas para uso não potável. Ela contém especificações para o planejamento, a instalação, a operação e a manutenção do sistema de uso de água de chuva.

Segundo TOMAZ (2003 apud YOSCHINO, 2012, p. 29), na cidade Hamburgo era concedido gratuitamente cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 no ano de 2003, para os cidadãos que aproveitassem a água de chuva.

A preservação dos recursos naturais, através da adoção de fontes alternativas, possibilita a construção de novos paradigmas de valorização dos recursos hídricos para assegurar a disponibilidade da água em condições adequadas de consumo.

2.7.5.3 Japão

A utilização da água de chuva no Japão é bastante difundida e nos últimos anos tem sido intensificada, principalmente, após o terremoto ocorrido em março de 2011. Os objetivos são: ter uma fonte alternativa de água disponível para beber, evitar inundações urbanas e ter água para usos em casos de emergência como, por exemplo, desastres naturais. (JAPAN FOR SUSTAINABILITY, 2003)

Em muitas cidades do Japão, a água da chuva coletada é armazenada em reservatórios individuais ou comunitários chamados de Tensuison. Os reservatórios comunitários possuem bombas manuais e torneiras para facilitar o acesso à água. Quando há acúmulo de água de chuva, o excedente é desviado para canais de infiltração para recarregar aquíferos, diminuindo as enchentes nas cidades que possuem grande parte das superfícies impermeabilizadas. (FENDRICH & OLIYNIK, 2002)

A cidade de Tóquio apresenta maior avanço e estudo sobre a prática de aproveitamento de água pluvial. Os esforços são contínuos para promover a captação e o armazenamento da água de chuva.

Os estádios de Tokyo, Nagoya e Fukuoka existem áreas de captação de água de chuva de 16.000, 25.900 e 35.000 m², armazenando a água em reservatórios de 1.000, 1.800 e 1.500 m³ para usar em descargas de vasos sanitários e rega de jardins. (ZAIKEN et al., 1999)

Em Tóquio, foi criado o Museu de Águas Pluviais, sendo a primeira instalação deste tipo no mundo com o objetivo de mitigar informações sobre aproveitamento de água de chuva. (JAPAN FOR SUSTAINABILITY, 2003)

As medidas de gestão adotadas em Tóquio fazem parte do pacote "Save Water

Policy”, a fim de contribuir com a redução de consumo de água. O governo para também promove a conscientização infantil através do programa “People for Rainwater”, para crianças em idade escolar. (NAFISAH & MATSUSHITA, 2009)

2.7.5.4 Portugal

Em Portugal, não há atualmente uma legislação voltada para a regulamentação de água pluvial em usos urbanos não potáveis. (OLIVEIRA, p. 01, 2008)

Com o objetivo de promover o uso eficiente de água, foi criado o Programa Nacional para Uso Eficiente da Água (PNUEA), como instrumento de política ambiental para melhorar a utilização da água, para reduzir a escassez hídrica e melhorar as condições ambientais nos meios hídricos. (PNUEA, 2012)

Dentre as medidas, quatro são destinadas para o aproveitamento de água pluvial no setor urbano. A tabela 4 apresenta essas medidas.

Tabela 4: Medidas para aproveitamento da água pluvial em usos urbanos não potáveis

Nº.	Designação da medida	Descrição sumária da medida
Medida 08	Reutilização ou uso de água de qualidade inferior.	Utilização da água usada nos sistemas prediais para fins adequados.
Medida 38	Utilização de água da chuva em jardins e similares.	Alimentação de sistemas de rega por água da chuva.
Medida 45	Utilização de água da chuva em lagos e espelhos de água.	Utilização de água da chuva para suprir necessidades de reposição de água.
Medida 48	Utilização de água da chuva em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio.	Utilização de água da chuva para suprir necessidades de rega.

Fonte: PNUEA, p.32, 2012

2.8 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL

Os parâmetros de qualidade da água são definidos pelo CONAMA através da Resolução nº 357/05, da Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Os principais parâmetros de qualidade da água que devem ser analisados são os seguintes:

2.8.1 PARÂMETROS FÍSICOS

2.8.1.1 Cor

As alterações podem ser de origem natural pela decomposição de matéria orgânica (vegetação), algas, ferro e manganês; ou de origem antropogênica por resíduos industriais e esgotos domésticos. De acordo com a portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido de intensidade (VMP) de cor é de 15 U_h para consumo humano, descrito no anexo X desta portaria.

2.8.1.2 Sabor e Odor

Este indicador pode sofrer modificações de origens naturais (material em decomposição, fungos, bactérias, gases dissolvidos, entre outros) ou de origens artificiais (resíduos industriais e esgotos domésticos). O padrão de potabilidade determina que a água seja inodora. A portaria, através do seu anexo X, padroniza como valor máximo permitido de intensidade VMP, o valor 6 para intensidade máxima de percepção.

2.8.1.3 Temperatura

A temperatura pode influenciar as propriedades da água como, por exemplo, a viscosidade, a densidade e o oxigênio dissolvido. Também interfere na manutenção da vida aquática. A origem pode ser natural (energia solar) ou origem artificial

(despejos industriais e águas de resfriamento de equipamentos). A temperatura deve ser adequada para proporcionar as condições necessárias para ocorrerem reações bioquímicas de remoção dos poluentes.

2.8.1.4 Turbidez

Este parâmetro representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água decorrente de partículas em suspensão na água que lhe causa a aparência de turbidez. O valor Máximo permitido é de 5 Ut.

2.8.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

2.8.2.1 Alcalinidade

É a medida de capacidade da água de neutralizar os ácidos e que influencia no tratamento da água. Em elevadas concentrações confere sabor amargo à água.

2.8.2.2 Dureza

Está relacionado com a presença de íons de determinados minerais dissolvidos na água. Causa sabor desagradável e efeito laxativo; reduz a formação de espuma de sabão e causa incrustação nas tubulações de água quente. A classificação é a seguinte (tabela 5) e valor máximo permitido de dureza total é 500mg/L.

Tabela 5: Classificação de dureza da água para água potável

Grau de dureza da água	mg/ L CaCO ₃
Água mole	< 50 mg/L CaCO ₃
Dureza moderada	Entre 50 e 150 mg/L CaCO ₃
Água dura	Entre 150 e 300 mg/L CaCO ₃
Água muito dura	> 300 mg/L CaCO ₃

Fonte: Adaptado de Telles et al, 2013, p. 243

2.8.2.3 pH

É um potencial hidrogeniônico indicador de água alcalina, ácida ou neutra. O pH pode ser baixo (pH inferior a 7) que indica se a água é ácida aumentando a probabilidade de corrosão; neutra (pH igual a 7); pH alto (pH superior a 7) que promove incrustações nas tubulações. O pH mais adequado é entre os valores 6 e 9 para manutenção da vida aquática.

2.8.2.4 Cloretos

O cloreto é um anion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas, geralmente derivado da dissolução de minerais; também tem origem antropogênica dos esgotos domésticos ou industriais; fornecem sabor salgado à água e possui propriedades laxativas. O valor máximo permitido, segundo a Portaria 2.914/11, para água potável é 250 mg/L.

2.8.2.5 Ferro e Manganês

Estão presentes principalmente em águas subterrâneas decorrente da dissolução de compostos dos solos e despejos industriais. Provocam alteração da cor, do odor e do sabor da água. O valor máximo permitido de ferro na água potável é 0,3 mg/L e do manganês 0,1 mg/L.

2.8.2.6 Nitrogênio

O nitrogênio pode estar disponível de diversas formas: amônia, nitrito, nitrato e nitrogênio orgânico. As principais fontes são o esgoto sanitário, os fertilizantes e os efluentes industriais. É um componente que em excesso pode levar a eutrofização.

O valor máximo permitido de nitrato (como N) na água potável é 10 mg/L, de amônia (como NH_3) é 1,5 mg/L e do nitrito (como N) 1 mg/L.

2.8.2.7 Fósforo

O fósforo pode estar sob diversas formas: ortofosfato, polifosfato, e fósforo orgânico.

As principais fontes são a decomposição de matéria orgânica, os esgotos domésticos, os despejos industriais, os fertilizantes e os detergentes. É um elemento importante para o crescimento de vegetais e algas, mas em altas concentrações pode levar à eutrofização.

2.8.2.8 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido ou OD é importante para os organismos aeróbios sendo um dos principais indicadores de qualidade de água. A água, poluída por esgotos domésticos e despejos industriais, apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois ele é consumido pelo processo de decomposição da matéria orgânica interferindo na qualidade da água.

2.8.2.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através da ação de bactérias aeróbias. É determinada através de análise laboratorial, a partir da observação do oxigênio consumido em amostras à temperatura de 20°C durante cinco dias. Altas concentrações na água representam a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água podendo provocar a morte de peixes.

2.8.2.10 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por um agente químico. Os valores normalmente são maiores que os da DBO. Através de análise laboratorial, a DQO é determinada tendo o resultado em um prazo menor que da DBO. É um dos principais indicadores para os estudos de caracterização de esgotos sanitários e efluentes industriais. É mais útil quando utilizada em conjunto com a DBO para observar a biodegradação dos efluentes.

2.8.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

2.8.3.1 Coliformes

Os coliformes são bactérias utilizadas como indicadores de qualidade da água. Apesar da maioria não ser patogênica quando estão presentes na água sinalizam uma possível contaminação por esgoto. Estão divididos em coliformes totais e coliformes fecais ou termotolerantes.

Os coliformes totais são bactérias gram-negativos, aeróbio ou anaeróbios facultativos tendo como exemplos os gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. Os coliformes fecais ou termotolerantes estão presentes no trato intestinal. A principal bactéria deste grupo utilizada como indicador de qualidade da água é a *Escherichia coli*, por ser encontrada nas fezes humanas e de animais homeotérmicos. (Tabela 6)

Tabela 6: Padrão microbiológico da água para consumo humano

Tipo de água		Parâmetro		VMP ⁽¹⁾	
Água para consumo		<i>Escherichia coli</i> ⁽²⁾		Ausência em 100 mL	
Água Tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais ⁽³⁾		Ausência em 100 mL	
	No sistema de distribuição (reservatórios de rede)	<i>Escherichia coli</i>		Ausência em 100 mL	
		Coliformes totais ⁽⁴⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar Resultado positivo.
			Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.		

Fonte: Portaria n.º 2.914/11 do Ministério da Saúde

Sendo:

- (1) Valor máximo permitido.
- (2) Indicador de contaminação fecal.
- (3) Indicador de eficiência de tratamento.
- (4) Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Considerando a água de chuva como uma alternativa para aumentar a disponibilidade de água e uma das alternativas para auxiliar a enfrentar a dificuldade de obtenção de água em áreas urbanas, recomenda-se que estes estudos devem ser realizados no sentido de verificar a qualidade da água quanto aos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

2.9 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL PARA USOS NÃO POTÁVEIS

Na norma NBR 15.527/07 (ABNT, 2007) está descrito que os padrões de água pluvial para usos não potáveis devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos, a NBR 15.527/07, recomenda que sejam utilizados os valores para os parâmetros descritos na tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos <5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua aplicação)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: ABNT, 2007

NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção, além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e a aplicação de ozônio.

^a No caso de serem utilizados composto de cloro para desinfecção.

^b uT é a unidade de turbidez.

^c uH é a unidade Hazen.

A norma NBR 15.527/07 descreve que as aplicações das águas de chuva são para fins não potáveis e, após tratamento adequado, podem ser usadas para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.

A desinfecção fica a critério do projetista que pode utilizar derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado clorado. (ABNT, 2007, p.8)

É recomendado que seja realizado o processo de tratamento e desinfecção da água se a aplicação do seu uso for para irrigação de agriculturas.

A Resolução CONAMA n^o 357/05 possui os parâmetros definidos de acordo com a classe de uso da água, portanto, é um documento recomendado para consulta sobre os padrões da qualidade da água, uma vez que a NBR 15.527/07 destaca apenas alguns dos parâmetros de indicadores da qualidade da água.

A Resolução CONAMA n^o 357/05 classifica as águas doces, salobras e salinas segundo seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. O enquadramento deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, à saúde e o bem-estar humano e ao equilíbrio ecológico aquático.

Segundo a Resolução CONAMA n^o 357/05, para a água doce existem cinco classificações com o objetivo de orientar sobre o destino da água de acordo com o uso e a qualidade da água. (Tabela 8).

Tabela 8: Classificação da água doce de acordo com o uso

Classe	Uso da água
Especial	Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
I	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 274/00; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de película; Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
II	Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 274/00; Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aqüicultura e atividade de pesca.
III	Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais.
IV	Navegação; Harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005

2.10 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Existem diversos sistemas de aproveitamento de água pluvial que podem ser escolhidos de acordo com a finalidade do sistema.

Para realizar o aproveitamento de água de chuva é necessário instalar um sistema relativamente simples formado pelas etapas de captar, filtrar, armazenar e distribuir a água de chuva coletada. (FENDRICH, 2009 apud GIACCHINI, 2010, p. 35)

As normas NBR 5626 - Instalação predial de água fria e NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais fornecem orientações a respeito da instalação de sistemas de água fria para fins não potáveis.

Segundo Fendrich (2009 apud GIACCHINI, 2010, p. 35), a tecnologia para o uso da

água de chuva nas edificações é a soma das técnicas descritas no quadro 4.

Quadro 4: Técnicas para o uso de água pluvial nas edificações

Coletar a água que precipita no telhado.

Eliminar a água do início da chuva (descarte inicial).

Unidades de sedimentação, filtragem, tratamento e melhoria da qualidade da água.

Armazenar água da chuva em reservatórios.

Abastecer os locais de uso.

Drenar o excesso da água de chuva, em caso de chuvas intensas.

Completar a falta de água em caso de estiagem prolongada.

Fonte: Adaptado de (Giacchini, 2010, p. 35)

O sistema de captação e armazenamento consiste de área de contribuição, dispositivo de descarte/desvio da primeira água de chuva, de calhas, de condutores, de grades, de filtros, de bomba e de reservatório. (Figura 11).

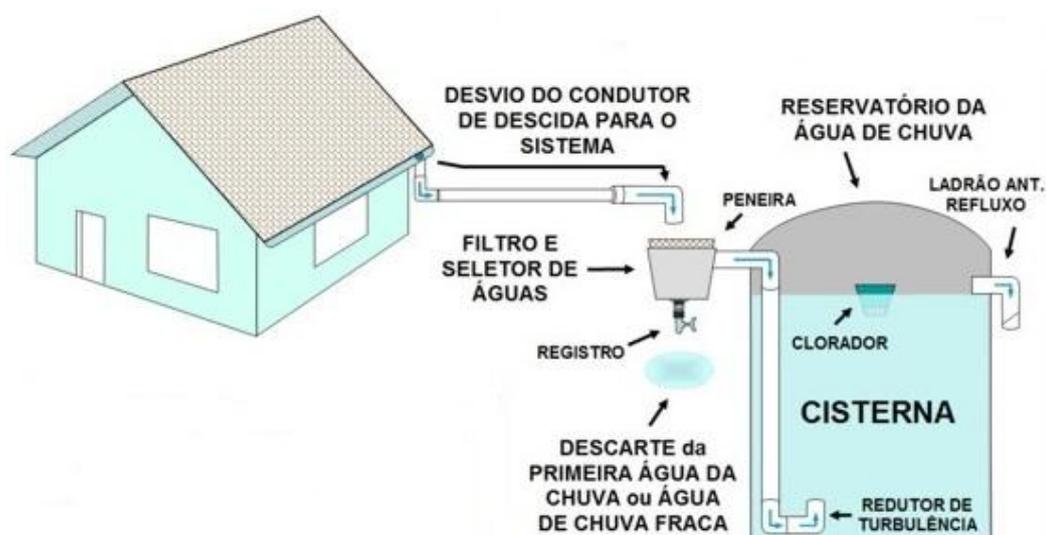


Figura 11: Sistema de aproveitamento de água pluvial
(Fonte: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva1p.jpg>, acesso em agosto de 2014)

Cabe ressaltar que a água pluvial captada deve ser usada para fins não potáveis, conforme a orientação da NBR 15.527/2007.

Os autores Simioni et al. (2004), afirmam que o aproveitamento de água pluvial apresenta baixo impacto ambiental, complementa o sistema de abastecimento de

água convencional. A água possui qualidade aceitável para finalidades não tão nobres a que se destina a água potável, além de constituir reserva de água em casos de emergência.

Para manter a qualidade da água, este sistema, assim como o sistema de água potável precisa periodicamente de limpeza e de manutenção. As tubulações do sistema de água pluvial devem ser independentes do sistema de água fria, com pontos de acesso restritos e identificados com símbolos, cores e com a frase “ÁGUA NÃO POTÁVEL”. (ABNT, 1998)

Para garantir a qualidade da água pluvial há necessidade de realizar a caracterização prévia para uso potável e não potável, a fim de verificar se a água está em conformidade com os limites definidos em normas, pois em algumas regiões, podem ocorrer a acidificação da água de chuva e a contaminação pelo contato direto com o sistema de captação, comprometendo a qualidade. (Santos, 2002; Silva; Tamaki; Gonçalves, 2006; Rebello, 2004; May, 2004 apud SALLA et al., 2013).

Este sistema requer um estudo de viabilidade, uma vez que, implica custos de investimentos consideráveis e períodos de retorno. O tamanho do reservatório é o item que mais onera a implantação do sistema. (CHILTON et al., 2000)

2.11 DISPOSITIVOS PARA O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Para obtenção e armazenamento de água de chuva, para uso posterior, é necessário um sistema de captação de água de chuva, composto por diversos elementos próprios para captação e reservatório para armazenagem, são eles:

2.11.1 Área de captação

É a área onde a água é captada e dirigida a um ponto para fazer o escoamento até

desaguar no local de armazenamento. A superfície impermeável mais comum para obter água pluvial é o telhado das residências e dos edifícios, normalmente inclinado em projeção horizontal, conforme a NBR 10.844 - Instalações prediais de águas pluviais.

Segundo a norma NBR 10.844/1989, a área de contribuição é a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação. (ABNT, 1989)

A norma para aproveitamento de água pluvial, NBR 15.527/2007, descreve a área de captação como a “Área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada”. (ABNT,2007).

O autor Tomaz (2007, p.3), cita a norma 15.527/07 para definir a área de captação da seguinte forma: “a área de captação como a área em metros quadrados projetada na horizontal da superfície onde a água é captada. No dimensionamento de reservatórios usados para acumular água pluvial deve-se utilizar a projeção horizontal da área”.

Perdomo et al. (2005), afirmam que as superfícies de captação horizontais são mais indicadas para coletar água, pois conseguem captar maior quantidade de água pluvial.

De acordo com Lee et al. (2000), para a coleta da água pode ser usado o telhado ou a superfície no solo. A coleta que utiliza o telhado como fonte de captação é mais empregada por produzir água de melhor qualidade do que coletada a partir de superfícies do solo.

2.11.2 Calhas

Calhas são peças que recolhem a água de coberturas, terraços e similares e a conduzem a um ponto de destino. Devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. (ABNT, 1989)

As calhas devem atender aos requisitos exigidos pela NBR 15.527/2207 que são os seguintes: atender à NBR 10.844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais; observar o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica; instalar dispositivos para remoção de detritos, como grades e telas que atendam à NBR 12.213/1992 - Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.

Elas podem ser utilizadas em caso de descarte da água de chuva inicial, preferencialmente, automático.

O dimensionamento deve ser feito pelo projetista e, se não houver dados, o descarte recomendado precisa ser de 2mm da precipitação inicial. (Figura 12)



Figura 12: Calha

(Fonte: http://www.tigre.com.br/enciclopedia/artigo/79/linha_aquapluv_style_tigre_190535, acesso em outubro de 2014)

Para o cálculo da vazão da calha a NBR 10.844/1989 indica a equação 1:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min)

I = Intensidade pluviométrica (mm/h)

A = Área de contribuição (m²)

O período de retorno varia de acordo com as características da área:

T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

A fórmula de Manning-Strickler (equação 2) ou outra fórmula equivalente deve ser utilizada para o dimensionamento das calhas. (ABNT, 1989)

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min)

S = Área da seção molhada (m²)

n = Coeficiente de rugosidade (Tabela)

R = Raio hidráulico (m)

$P_H = \frac{P}{S}$ perímetro molhado (m)

i = Declividade da calha (m/m)

K = 60.000

2.11.3 Grades

As grades são indicadas para evitar que galhos e folhas sejam carreados para o reservatório causando a contaminação da água em virtude da deterioração dos mesmos ou que ocorra o entupimento dos condutores. São instaladas sobre as calhas de telhados. (Figura 13).

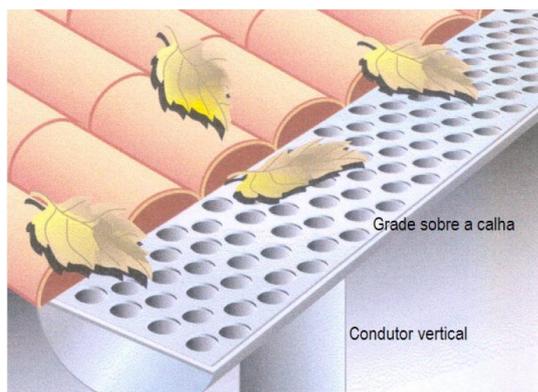


Figura 13: Grade para remoção de material grosseiro

(Fonte: <http://dc317.4shared.com/doc/wHQLrmt9/preview.html>, acesso outubro de 2014)

Os dispositivos para remoção de detritos devem ser instalados de acordo a NBR 12.213/92- Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. (ABNT, 2007).

O filtro é instalado no condutor de descida para evitar que impurezas e materiais grosseiros acumulados na grade sejam transportados até o reservatório e/ou evite os entupimentos. (Figura 14)



Figura 14: Filtro de água de chuva

(Fonte: <http://www.ecorain.com.br/filfolhas.html>, acesso outubro de 2014)

2.11.4 Dispositivo para eliminação da primeira água de chuva (First-flush)

Trata-se de um dispositivo indicado para desviar a primeira água de chuva do sistema de água pluvial. A finalidade é evitar o armazenamento de água contendo poluentes e dejetos de animais como, os pássaros, visto que a primeira água de chuva lava a superfície de captação. (Figura 15)

Seu uso não é obrigatório, porque depende do destino da água de chuva (TELLES, p. 446, 2013). É recomendado que seja automático e na falta de dados locais. A NBR 15.527/2007 recomenda que sejam descartados 2 mm da água de chuva inicial. (ABNT, 2007)

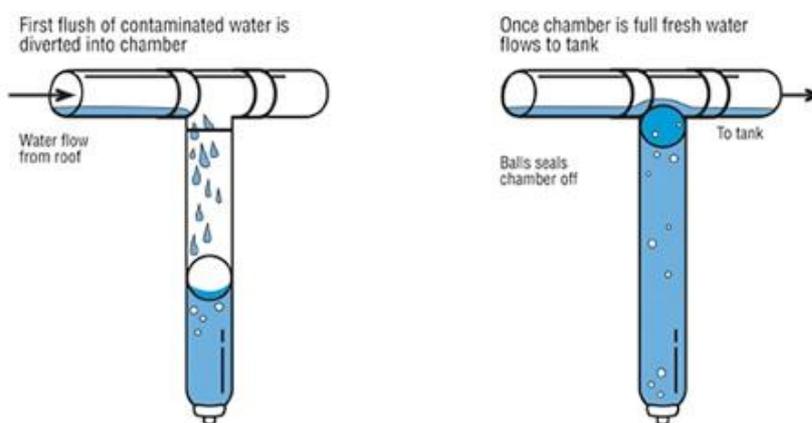


Figura 15: First Flush

(Fonte: http://www.aquabarrel.com/product_downspout_filters_first_flush_inline.php, acesso outubro de 2014)

2.11.5 Condutores

Os condutores horizontais e verticais são elementos que conduzem a água até o reservatório e, do mesmo modo que as calhas, devem atender à NBR 10.844/1989.

2.11.5.1 Condutores verticais

A NBR 10.844/1989 indica que devem ser projetados em uma só prumada. Se for necessário realizar desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°. Podem ser instalados externa ou internamente no edifício. O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais é de 70 mm.

Para o dimensionamento dos condutores verticais devem-se utilizar os seguintes dados:

Q = vazão do projeto (L/mm)

H = altura da lâmina d'água da calha (mm)

L = comprimento do condutor vertical (m)

2.11.5.2 Condutores horizontais

Os condutores horizontais fazem parte do sistema de transporte da água de chuva até o reservatório.

Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

Segundo a norma 10.844/89, para o dimensionamento dos condutores de seção circular, o escoamento com lâmina de altura a 2/3 do diâmetro interno. As vazões para os tubos de vários materiais e inclinações usa-se os valores da tabela 9.

Tabela 9: Capacidade de condutores horizontais (vazões em L/min.)

Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$				
	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT, 1989

2.11.6 Reservatório

É o dispositivo destinado ao armazenamento da água de chuva (Figura 16).

Nos sistema de captação, os reservatórios são os componentes que apresentam

maior custo, pois os demais componentes do sistema de aproveitamento pluvial devem ser considerados no sistema de drenagem de águas superficiais. Neste caso, não é considerado o sistema de tratamento, por ser particular ao sistema de aproveitamento de água pluvial. (GHISI; BRESSAN; MARTINI, 2007).



Figura 16: Reservatório de água de chuva

(Fonte: <http://www.aqualimp.com>, acesso em outubro de 2014)

A NBR 15.527/2007 recomenda que no projeto do reservatório sejam considerados: o extravasor (dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança); e que a água deve ser protegida da incidência de luz solar e do calor; o reservatório, quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada.

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 (*first flush*), sendo calculado pela equação 3:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

V = Volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P = Precipitação média anual, mensal ou diária;

A = Área de coleta;

C = Coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta_{\text{fator de captação}}$ = Eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e no desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

A limpeza e desinfecção devem ser realizadas, no mínimo, uma vez ao ano, com solução de hipoclorito de sódio, segundo a NBR 5.626/98 - Instalação predial de água fria. O volume não aproveitável da água de chuva pode 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. Fica a critério da autoridade local competente se o esgotamento pode ser feito por gravidade ou por bombeamento.

A água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam entrar no reservatório através da tubulação de extravasão. O reservatório deve atender à NBR 12.217/94 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. O material pode ser polietileno, fibra de vidro, concreto armado, PVC e aço inox. O reservatório pode ser instalado enterrado, semienterrado, apoiado ou elevado. (TELLES, 2013).

Segundo Telles (p. 448, 2013), é importante analisar o histórico de precipitação do local e da região por, no mínimo, um período de 10 anos para fazer o dimensionamento adequado.

A NBR 15.527/2007 indica métodos para o dimensionamento do reservatório e cabe ao projetista adotar o método que melhor atenda às suas necessidades.

2.12 Métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial

A norma técnica NBR 15.527/2007 recomenda seis métodos que utilizam diferentes fatores e conseqüentemente distintos valores.

Sendo assim, o dimensionamento pode variar de acordo com a região, com o índice pluviométrico e/ou com a demanda a ser atendida, ou seja, para um sistema eficiente deve-se avaliar qual o método que atende melhor as necessidades desejadas.

2.11.1 Método de Rippl

Este método também é chamado de diagrama de massa. Foi desenvolvido no final do século XIX sendo muito utilizado no estudo da hidrologia e adaptado para o aproveitamento de água pluvial.

Campos (2012, p.27) afirma que “No Brasil, o exemplo mais conhecido e utilizado pelos projetistas é o Método de Rippl, também constante na normalização técnica”.

É uma ferramenta que normalmente superdimensiona o reservatório e seu uso é mais indicado para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas. As séries históricas mensais ou diárias podem ser usadas (TOMAZ, 2012, p. 109-4).

Alguns autores criticam este método por ele ser indicado para regularização de vazão em rios, resultando em altos volumes para os reservatórios, fazendo com que diversos pesquisadores busquem outros métodos (GHISI *et al*, 2009 apud CAMPOS, 2012, p. 28). Este método é mais adequado para os reservatórios que devem estar constantemente cheios, como os reservatórios públicos (FENDRICH & SANTOS 2008 apud CAMPOS, 2012, p. 28).

O autor Tomaz (2012, p. 109-4), afirma que este método supõe que o reservatório no início esteja cheio e a retirada de água seja constante. Não leva em consideração a evaporação da água, mas pode ser estimada quando à exposição do Sol.

Podem ser usadas séries históricas mensais (mais comuns) ou diárias. Costuma ser adotado por ser fácil de aplicá-lo. No entanto, é criticado por ser indicado para grandes reservatórios resultando em superdimensionamento do volume de água armazenado.

Campos (2004, p.89) afirma que o dimensionamento não deve ser feito baseado nos valores mínimos e máximos porque pode resultar em dimensionamento incorreto.

Quanto menor o intervalo dos dados pluviométricos, maior será precisão no dimensionamento, por abranger maior número de dados incluindo os intervalos de estiagem. (CAMPOS, 2004, p.75)

Pelo conceito do método, os dados diários são suficientes, mas em casos onde estes dados não estão disponíveis, podem-se utilizar dados mensais (CAMPOS, 2004, p. 75).

Para o dimensionamento através deste método realizam-se os cálculos do volume água pluvial no reservatório no tempo t, em (L) e do volume de água pluvial no reservatório, em (L), através das equações (4) e (5):

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad \text{Eq. (5)}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad \text{Eq. (6)}$$

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

Onde:

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

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

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t de água pluvial, em (L);

V é o volume do reservatório, em (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial (C = 0,80), segundo NBR 15.527/07;

P é a precipitação média no tempo t, em (mm) e

A é a área de captação da água de chuva, em (m²).

2.11.2 Método de Simulação

Também chamado de método de análise de simulação de um reservatório com capacidade suposta. A norma 15.527/07 orienta que a evaporação da água não seja levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito. (ABNT, 2007).

A norma 15.527/07 ainda descreve que os dados da precipitação são utilizados para simular o volume do reservatório. Aplica-se, para um determinado mês, a equação da continuidade a um reservatório finito. (ABNT, 2007).

Duas hipóteses devem ser consideradas: o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representativos para as condições futuras. (ABNT, 2007)

O período utilizado é um mês.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Eq. (7)}$$

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

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

Onde:

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

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

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

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

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

2.11.3 Método Azevedo Neto

É um método brasileiro de caráter empírico desenvolvido em 1991 para abastecer pequenas comunidades com população inferior a 5.000 habitantes. (RUPP, GHISI, 2011, p. 53). A obtenção do volume do reservatório se dá através da equação que relaciona a precipitação anual com o número de meses com pouca chuva ou seca. (ABNT, 2007)

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

P é a precipitação média anual (mm);

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

A é a área de coleta (m²);

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

2.12.4 Método Prático Alemão

Este método é empírico onde se toma o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. (ABNT, 2007)

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo entre (V e D)} \times 0,06 \text{ (6\%)} \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

V = volume anual de precipitação aproveitável (L);

D = demanda anual de água não potável (L).

2.12.5 Método Prático Inglês

Baseia-se na precipitação média anual (mm). Trata-se de um método em que o volume do reservatório é obtido através da seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

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

2.12.6 Método Prático Australiano

Neste método considera-se a precipitação mensal. A norma 15.527/07 considera que 2mm são perdidos por evaporação e pela água que molha as superfícies. (ABNT, 2007)

De acordo com a norma 15.527/07 (ABNT, 2007), o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \text{Eq. (11)}$$

Onde:

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

P é a precipitação média mensal, em milímetros;

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

A é a área de coleta, em metros quadrados;

Q é o volume mensal produzindo pela chuva, em metros cúbicos.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Eq. (12)}$$

Onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t ;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t , em metros cúbicos;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t , em metros cúbicos;

D_t é a demanda mensal, em metros cúbicos;

Nota: para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será em metros cúbicos.

3. ESTUDO DE CASO - HOSPITAL FEDERAL DO ANDARAÍ

3.1 INTRODUÇÃO

Para o aproveitamento pluvial é necessário um sistema que envolva a captação da água, a filtração, o armazenamento e a distribuição da água de chuva armazenada. Assim como o reservatório de água potável precisa de manutenção e limpeza, o mesmo é recomendado para a cisterna de água pluvial.

Este sistema é composto por uma série de elementos adequados para captação e armazenamento da água de chuva, onde os principais são: a área de captação projetada na horizontal da superfície para coleta da água; as grades para impedir que folhas e galhos sejam transportados até o reservatório; as calhas que permitem recolher a água captada; o “*first-flush*” para descartar a água da primeira chuva; os condutores que conduzem a água recolhida até o reservatório final; e o reservatório, elemento de maior custo de todo o sistema de aproveitamento de água pluvial, responsável pelo armazenamento da água captada.

Para o dimensionamento do volume do reservatório a NBR 15.527/07 (ABNT, 2007) recomenda os métodos Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e o Prático Australiano.

Segundo Tomaz (2012), ainda não foi determinado um método que forneça o melhor dimensionamento de reservatórios e por isso alguns métodos de hidrologia foram adaptados como métodos de aproveitamento de água de chuva.

Enquanto o dimensionamento de cisternas devem ser considerados para o aproveitamento de água pluvial: o regime de precipitação do local, a capacidade de armazenamento do local de instalação e a área de coleta que seja suficiente para recolher a água de chuva.

3.2 HOSPITAL FEDERAL DO ANDARAÍ

O hospital foi inaugurado em 1955 como Hospital dos Marítimos para atender Instituto de Assistência Social aos Marítimos, a partir de 1968 foi nomeado como

Hospital do Andaraí. Atualmente é composto por cinco edifícios que abrigam diversas especialidades, desde ambulatorial até alta complexidade, dentre elas o tratamento de queimaduras, tornando o hospital referência no Rio de Janeiro para este tipo de atendimento (Figura 17).



Figura 17: Hospital Federal do Andaraí
(Fonte: COSTA, 2007, acesso em agosto de 2013)

Esta pesquisa foi realizada através de visitas técnicas onde foram levantados dados para avaliação da necessidade da unidade hospitalar. A partir de vistoria in loco e anamnese com equipe técnica do hospital foi possível definir a conduta e o escopo adequado das atividades previstas pelo Projeto Básico, para o Hospital Federal Andaraí, unidade UPI (Unidade de Pacientes Internos).

Complementar às visitas técnicas, realizaram entrevistas com funcionários dos hospitais para obter informações a respeito da demanda por água e assim dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial.

A etapa de entrevista forneceu informações importantes para caracterizar as atividades internas que mais utilizam água e destas foram identificadas as atividades

que precisam de água não potável. Desta forma, foi possível prever o consumo de água para posterior dimensionamento do sistema de fornecimento de água pluvial.

O Hospital Federal do Andaraí está situado na Rua Leopoldo, 280 – Andaraí - Rio de Janeiro – RJ. A unidade UPI é o prédio principal e sua cobertura foi utilizada para os estudos de aproveitamento de água pluvial. (Figura 18).



Figura 18: Localização do Hospital Federal do Andaraí
(Fonte: Google earth, acesso em julho de 2015)

Através da avaliação das plantas arquitetônicas de cada pavimento dos blocos do hospital, identificando os setores ali instalados, foram registrados os pontos de consumo de água de cada ambiente para posterior dimensionamento do consumo de água pluvial. Adicionalmente, o levantamento através da vistoria local, também permitiu obter informações mais precisas para a previsão do consumo de água de chuva.

O Hospital Federal do Andaraí apresenta grande área construída, distribuída por vários blocos. Esta proposta foi formulada para a unidade UPI que abriga diferentes setores, em 12 pavimentos, térreo e 2 subsolos, que prestam variados serviços e atividades, fazendo com que a demanda por água seja significativa. Na figura 19 é

apresentada a planta do telhado para coleta de água pluvial.

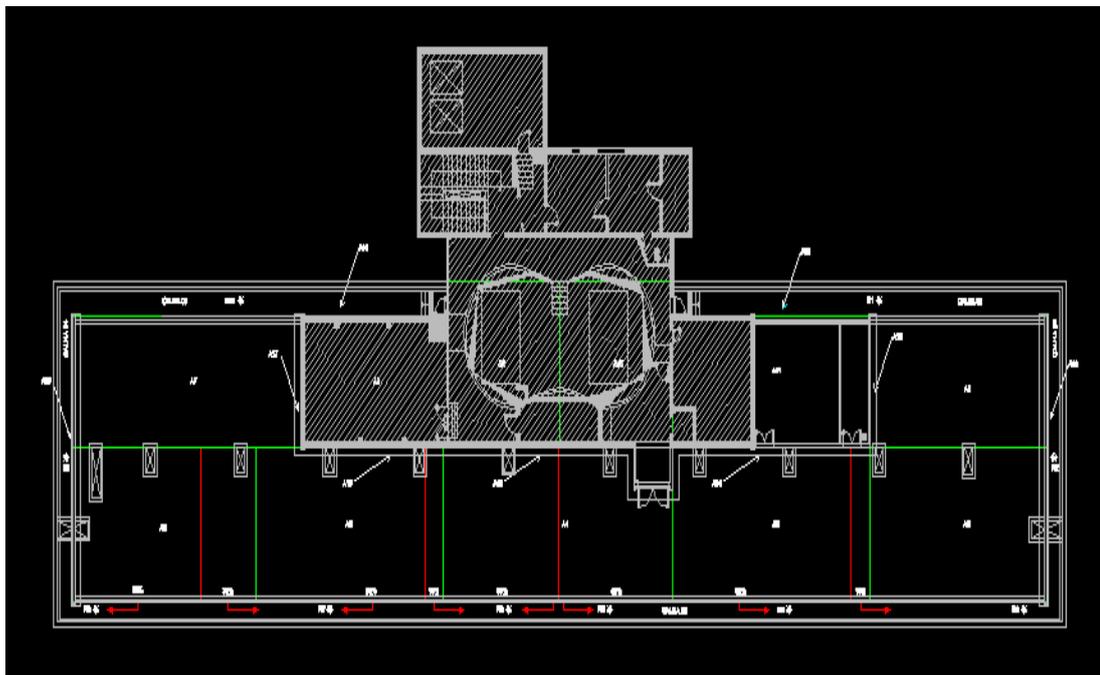


Figura 19: Planta do telhado do prédio UPI
Fonte: Professora Elaine Garrido Vazquez

3.3 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA

O Estado do Rio de Janeiro, o qual se encontra a cidade Rio de Janeiro, está localizado na região Sudeste do país. Possui 1.200,278 km² de extensão territorial (IBGE, 2010), situada a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21", tendo como limites, ao Norte, outros municípios do Estado; ao Sul, pelo oceano Atlântico; Baía de Sepetiba a oeste e a Baía da Guanabara a oeste.

A cidade do Rio de Janeiro faz parte do bioma Mata Atlântica, geograficamente é caracterizada por relevo acidentado onde suas planícies estão entre montanhas com destaque para os três maciços: Pedra Branca, Gericinó e Tijuca. (Figura 20)

O clima predominante tropical quente e úmido com temperatura média anual 23,8°C (INMET, 2009). As chuvas concentram-se entre os meses dezembro a março, com maior índice pluviométrico no mês janeiro. E o menor índice entre junho e setembro. (CÂMARA et al, 2009, pg. 137)

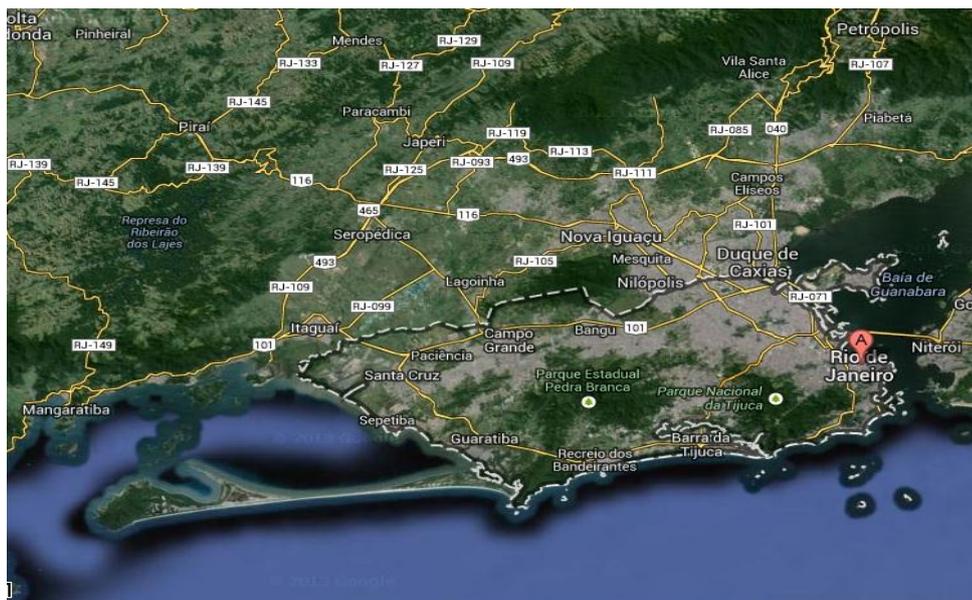


Figura 20: Localização da Cidade Rio de Janeiro (Fonte: Google maps, acesso em julho de 2014)

3.4 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA CIDADE RIO DE JANEIRO

As informações pluviométricas são decorrentes das análises dos dados obtidos das medições coletadas das 33 estações telepluviométrica automática do Sistema Alerta Rio.

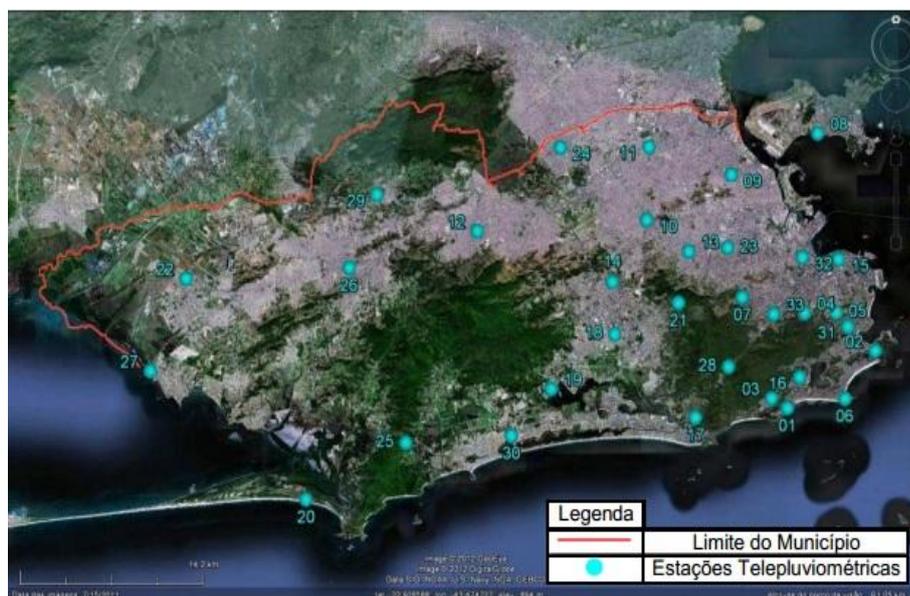


Figura 21: Localização das 33 estações pluviométricas da cidade Rio de Janeiro (Fonte: Sistema Alerta Rio, acesso em julho de 2014)

As estações pluviométricas são distribuídas ao longo da cidade, que realizam as medições e enviam os dados em intervalos de 15 minutos para uma estação Central. (Figura 21).

Próximo ao hospital, em torno de 2,1km, encontra-se a estação meteorológica Grajaú (estação pluviométrica número 7), localizada no Grajaú Country Clube - Rua Professor Valadares, 262 – Andaraí - Rio de Janeiro - RJ. (Figura 22)

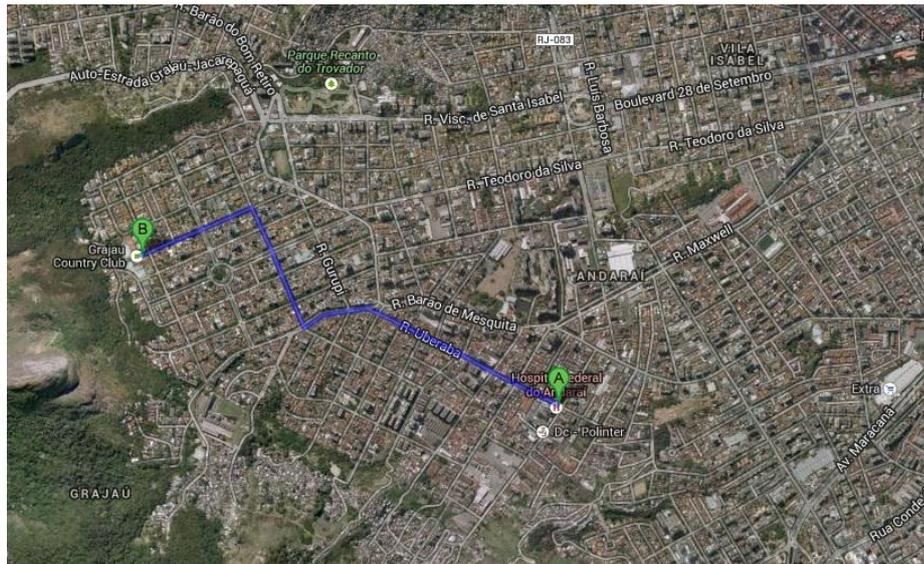


Figura 22: Distância entre a estação Grajaú e o Hospital Federal do Andaraí (Fonte: Google Earth, acesso em julho de 2014)

Os dados pluviométricos utilizados (Anexos A ao N, tabela 10, figuras 23, 24 e 25) são da estação pluviométrica Grajaú, localizada próximo ao Hospital Federal do Andaraí.

Tabela 10: Precipitações da estação pluviométrica Grajaú de 2001 a 2014

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	MÉDIA ANUAL (mm)
2001	95,00	72,80	147,20	62,40	88,40	49,40	77,40	2,40	61,00	72,20	130,60	277,00	1135,80	94,65
2002	114,00	127,60	69,00	81,80	102,00	40,40	21,80	23,00	97,00	18,00	174,60	163,60	1032,80	86,07
2003	205,40	4,00	268,00	100,60	60,80	27,00	54,40	92,00	69,00	194,40	195,20	82,40	1353,20	112,77
2004	147,20	121,80	77,20	151,80	48,00	40,00	133,60	29,00	4,20	51,60	181,60	156,80	1142,80	95,23
2005	195,80	44,00	214,20	278,20	85,80	43,80	90,80	4,20	123,40	178,80	145,00	189,40	1593,40	132,78
2006	237,00	135,60	59,20	100,00	73,60	58,60	22,20	37,00	93,00	97,00	131,60	119,00	1163,80	96,98
2007	87,20	97,60	8,60	84,40	132,00	41,00	69,60	4,00	17,80	193,00	107,80	164,00	1007,00	83,92
2008	123,00	138,00	174,00	111,40	49,60	33,40	28,60	85,20	72,40	64,60	146,80	138,40	1165,40	97,12
2009	224,60	134,20	129,80	291,20	44,80	64,60	84,40	44,20	89,20	170,40	120,60	403,60	1801,60	150,13
2010	258,60	73,80	330,40	422,20	87,20	51,20	60,40	19,80	31,80	115,20	61,20	226,80	1738,60	144,88
2011	127,60	40,20	136,00	297,80	116,60	52,00	10,20	18,00	56,40	118,60	94,60	156,80	1224,80	102,07
2012	176,80	19,00	87,20	96,40	78,20	87,60	38,80	13,80	125,40	60,80	80,20	30,00	894,20	74,52
2013	383,40	100,40	283,60	74,00	95,00	31,60	85,60	24,60	66,00	78,40	122,20	260,80	1605,60	133,80
2014	114,60	63,20	107,00	132,20	21,80	69,20	69,00	33,80	31,60	31,00	54,20	61,40	789,00	65,75
MÉDIA MENSAL (mm)	177,87	83,73	149,39	163,17	77,41	49,27	60,49	30,79	67,01	103,14	124,73	173,57	1260,57	

(Fonte: Adaptado de Fundação GEO-Rio, acesso em abril 2015)

Observa-se baixa precipitação no mês de agosto dos anos de 2001 a 2014 com média mensal de 30,79 mm.

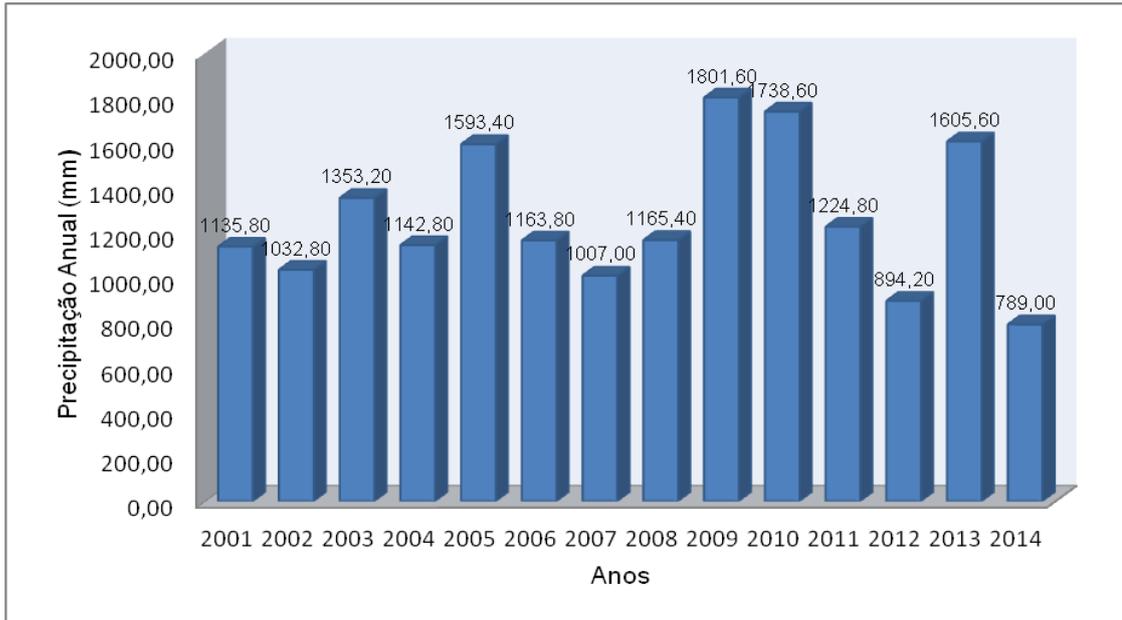


Figura 23: Precipitação anual da estação pluviométrica Grajaú de 2001 a 2014 (mm)
(Fonte: Adaptado de Fundação GEO-Rio, acesso em abril 2015)

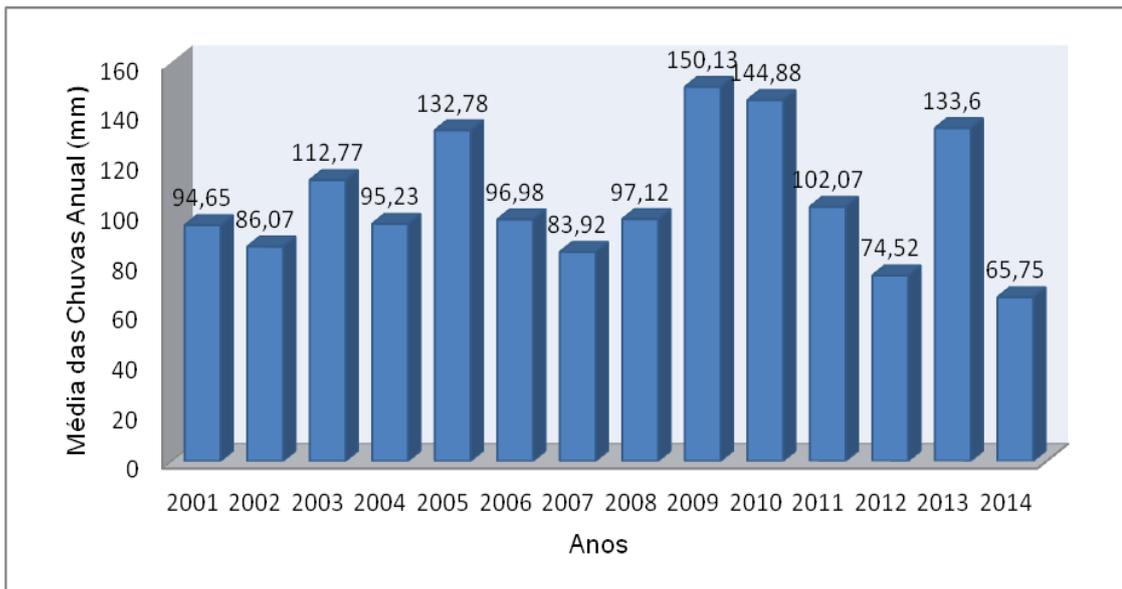


Figura 24: Precipitação média de 2001 a 2014 da estação pluviométrica Grajaú (mm)
(Fonte: Adaptado de Fundação GEO-Rio, acesso em abril 2015)

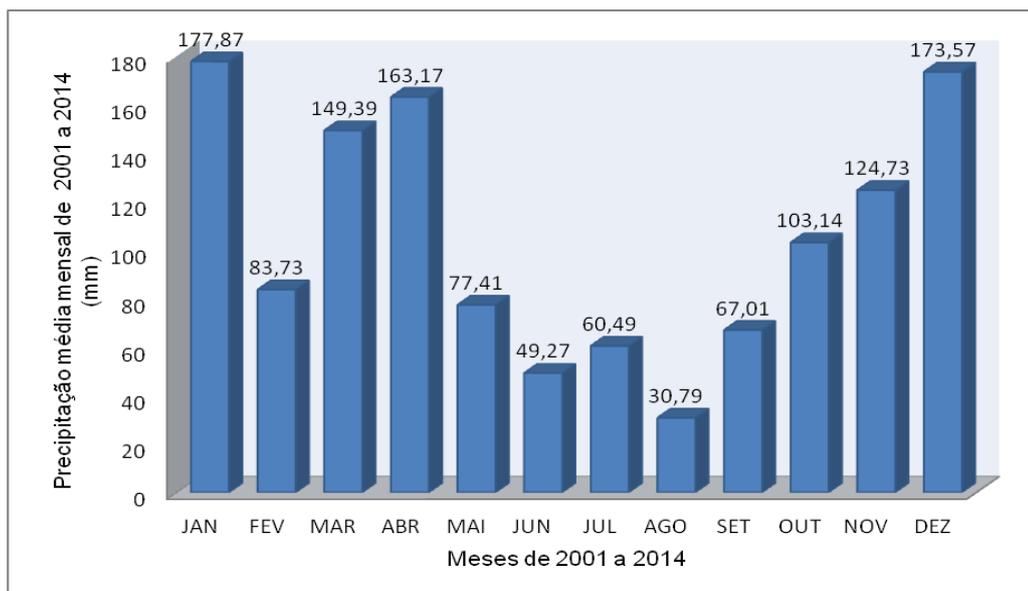


Figura 25: Precipitação média mensal de 2001 a 2014 da estação Grajaú (mm)
(Fonte: Adaptado de Fundação GEO-Rio, acesso em abril 2015)

De acordo com estes dados, observa-se que o aproveitamento de água pluvial é viável devido ao significativo índice pluviométrico anual na região e em períodos de estiagem podem ser supridos com reservatório de água pluvial.

3.5 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL

A norma NBR 15.527/07 sugere alguns métodos de dimensionamento e neste trabalho, os métodos citados pela norma, serão adotados com fins comparativos para apresentar o comportamento de cada um e avaliar qual é a melhor alternativa para armazenar água pluvial, ou seja, propor o dimensionamento do reservatório de água pluvial para o Hospital Federal Andaraí atendendo a norma 15.527/07.

Existem outros métodos para dimensionamento, porém não são regulamentados pela NBR 15.527/07.

O dimensionamento do reservatório foi estimado para fins não potáveis como rega de jardins, lavagem de pisos externos e automóveis.

Tomaz (2008, p.3-8), diz que o consumo mensal de água potável para uso externo deve ser utilizado para as seguintes finalidades (Tabela 11):

Tabela 11: Estimativa de quantidade de água necessária para uso externo no HFA

Uso externo	Consumo mensal em litros
Rega de gramado ou jardim	12.000 L ^a
Lavagem de carro	3.600 L ^b
Mangueira de jardim	1.000 L ^c
Limpeza de piso externo	16.000 L ^d
Soma total do uso externo	32.600 L/mês

Fonte: Adaptado de Tomaz (2008)

Onde:

^a = Área de jardim de 500m² com gasto de 2L/dia/m² com frequência de lavagem de doze vezes por mês.

^b = Lavagem de seis carros quatro vezes por mês com gasto de 150L por lavagem.

^c = Mangueira de jardim usada 20 dias por mês, com gasto de 50L/dia.

^d = Limpeza de piso externo com área de 500m² duas vezes por semana com frequência de lavagem de oito vezes por mês com gasto de 2L/m²/dia.

3.5.1 Coeficiente de Runoff

Conforme o autor Tomaz (2008, p.5-3), para o cálculo de água pluvial, o volume aproveitado não é o mesmo que precipitado, sendo necessário usar o coeficiente Runoff. O melhor valor considerado por Tomaz (2008) é o C=0,80.

Os diferentes coeficientes podem ser visualizados na tabela 12:

Tabela 12: Coeficientes Runoff

Material	Coeficiente Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2008)

3.5.2 Dimensionamento dos reservatórios de água pluvial

Os métodos adotados nesta pesquisa são os métodos sugeridos pela NBR 15.527/07: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Inglês, Prático Alemão e Australiano.

3.5.2.1 Cálculo do volume pelo método Rippl

Neste método são utilizados os volumes de chuva acumulados e a demanda local acumulada no período de doze meses.

Segundo a NBR 15.527/07, neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. (ABNT, 2007).

Neste trabalho, foram utilizadas séries históricas de precipitação média mensal de água de chuva no período de janeiro a dezembro entre os anos de 2001 a 2014 da estação pluviométrica Grajaú.

Para o dimensionamento, através deste método, calculou o volume água pluvial no reservatório através das equações (4) e (5):

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \text{eq. (4)}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad \text{eq. (5)}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad \text{eq. (6)}$$

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

Onde:

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

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

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t de água pluvial, em (L);

V é o volume do reservatório, em (L);

C é o coeficiente de escoamento superficial (C = 0,80), segundo NBR 15.527/07;

P é a precipitação média no tempo t, em (mm) e

A é a área de captação da água de chuva, em (m²).

Para utilizar este método é preciso que a condição $\Sigma D_{(t)} < \Sigma Q_{(t)}$ seja atendida, ou seja, que o somatório da demanda de água no tempo t deve ser menor que o volume de chuva no tempo t.

Neste trabalho esta condição foi atendida porque o $\Sigma D_{(t)} = 391,20 \text{ m}^3$ e o $\Sigma Q_{(t)} = 1008,46 \text{ m}^3$, conforme tabela 13.

Para uma melhor demonstração, observe a tabela 13, com os dados utilizados para o cálculo do reservatório pelo Método Rippl para demanda constante.

Tabela 13: Cálculos pelo método de Rippl entre os anos 2001 e 2014

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda por água potável (m3)	Área de captação (m2)	Volume de chuva (m3)	Demanda de chuva (m3)	Diferença acumulada (m3)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	177,87	32,60	1000,00	142,30	-109,70	
Fevereiro	83,73	32,60	1000,00	66,98	-34,38	
Março	149,39	32,60	1000,00	119,51	-86,91	
Abril	163,17	32,60	1000,00	130,54	-97,94	
Mai	77,41	32,60	1000,00	61,93	-29,33	
Junho	49,27	32,60	1000,00	39,42	-6,82	
Julho	60,49	32,60	1000,00	48,39	-15,79	
Agosto	30,79	32,60	1000,00	24,63	7,97	7,97
Setembro	67,01	32,60	1000,00	53,61	-21,01	-13,04
Outubro	103,14	32,60	1000,00	82,51	-49,91	-62,95
Novembro	124,73	32,60	1000,00	99,78	-67,18	-130,13
Dezembro	173,57	32,60	1000,00	138,86	-106,26	-236,39
Total	1260,57	391,20		1008,46		

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

Onde:

Coluna 1 – Meses: Corresponde aos meses do ano (Janeiro a Dezembro dos anos de 2001 a 2014);

Coluna 2 - Chuva média (mm): Precipitação média mensal de 2001 a 2014;

Coluna 3 - Demanda por água potável (m^3): Demanda mensal por água potável. A demanda de $17,40m^3/mês$ foi adotada com base na tabela 10 (Estimativa de quantidade de água necessária para uso externo);

Coluna 4 - Área de captação (m^2): Área de captação de água de chuva no objeto de estudo;

Coluna 5 - Volume de chuva (m^3): Volume potencial de água de chuva (m^3) em que o resultado é obtido através de chuva média x área de captação (m^2) x coeficiente de Runoff (0,80) /1000 ou $Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A/1000$.

Coluna 6 - Demanda chuva (m^3): É obtido através da diferença entre a coluna 3 e a coluna 5, onde sinal negativo representa o excesso de água e o sinal positivo representa déficit de água;

Coluna 7 - Diferença acumulada (m^3): diferença acumulada da coluna 6, referente aos valores positivos. O reservatório foi considerado cheio no início. Não são considerados os valores negativos da coluna 6, pois estes indicam que há água de chuva em excesso enquanto valores positivos indicam falta de chuva. A soma é iniciada a partir do primeiro valor positivo. O volume do reservatório é o valor máximo encontrado na coluna 7.

Sendo a condição de $V = \sum S_{(t)}$, somente para valores $S_{(t)} > 0$. Neste estudo esta condição é atendida, pois o volume de chuva de $1008,46 m^3$ é superior à demanda de $391,20 m^3$.

Observa-se volume de água de chuva disponível superior ao volume necessário para atender à demanda na maior parte dos meses de 2001 a 2014. Com base neste método o volume de água pluvial para o reservatório é 7,97 m³.

3.5.2.2 Cálculo do volume pelo método de Simulação

Neste método a evaporação não é levada em conta. O reservatório é considerado cheio no início. Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo "t" e os dados históricos são representativos para as condições futuras. (ABNT, 2007)

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Eq. (07)}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad \text{Eq. (09)}$$

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

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t (m³);

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t – 1 (m³);

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t (m³);

$D_{(t)}$ é o consumo ou demanda no tempo t (m³);

V é o volume do reservatório fixado (m³);

C é o coeficiente de escoamento superficial (C= 0,80);

P é a precipitação média no tempo t, em (mm);

A é a área de captação da água de chuva, em (m²).

Os cálculos para o dimensionamento do reservatório através do método simulação estão apresentados na tabela 14.

Tabela 14: Cálculos pelo método de Simulação entre os anos 2001 e 2014

Meses	Vol. de chuva média mensal	Demanda mensal constante	Área de captação	Vol. de chuva	Vol. do reserv. fixado	Vol. do reserv. fixado no tempo t-1	Vol. do reserv. fixado no tempo t	OVF	Reposição de água externa
	P (mm)	D _(t) (m ³)	A (m ²)	Q _(t) (m ³)	V (m ³)	S _{t-1} (m ³)	S _(t) (m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	177,87	32,60	1000,00	142,30	40,00	0,00	109,70	69,70	0
Fevereiro	83,73	32,60	1000,00	66,98	40,00	109,70	109,70	104,08	0
Março	149,39	32,60	1000,00	119,51	40,00	144,08	144,08	190,99	0
Abril	163,17	32,60	1000,00	130,54	40,00	242,02	242,02	299,96	0
Maiο	77,41	32,60	1000,00	61,93	40,00	271,35	271,35	260,68	0
Junho	49,27	32,60	1000,00	39,42	40,00	278,17	278,17	244,99	0
Julho	60,49	32,60	1000,00	48,39	40,00	293,96	293,96	269,75	0
Agosto	30,79	32,60	1000,00	24,63	40,00	285,99	285,99	238,02	0
Setembro	67,01	32,60	1000,00	53,61	40,00	307,00	307,00	288,01	0
Outubro	103,14	32,60	1000,00	82,51	40,00	356,91	356,91	366,82	0
Novembro	124,73	32,60	1000,00	99,78	40,00	424,09	424,09	451,27	0
Dezembro	173,57	32,60	1000,00	138,86	40,00	530,35	530,35	596,6	0
Total	1260,57	391,20		1008,46				3380,88	0

Fonte: Adaptado de Tomaz (2007)

Onde, segundo Tomaz (2007):

Coluna 1: Constan os meses do ano de 2013 de janeiro a dezembro.

Coluna 2: São as chuvas médias mensais.

Coluna 3: É o consumo mensal de 32,60 m³ de água não potável.

Coluna 4: É a área de captação da chuva que é de 1000 m² projetada na horizontal.

Coluna 5: O volume de água de chuva é obtido da seguinte maneira:

Coluna 5 = coluna 2 x coluna 4 x 0,80 / 1000 para o resultado sair em metros cúbicos. Para perdas de água por evaporação, perdas de água na autolimpeza utiliza-se o coeficiente 0,80.

Coluna 6: Volume do reservatório que é fixado. O volume para este tipo de problema é arbitrado e depois verificado o overflow e a reposição de água, até se escolher um volume adequado. Para este trabalho foi fixado em 40 m² para o reservatório.

Coluna 7: É o volume do reservatório no início da contagem do tempo. Supomos que no início do ano o reservatório está vazio e que, portanto a primeira linha da coluna 7 referente ao mês de janeiro será igual a zero. Os demais valores são obtidos usando a função $S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t$

Coluna 8: Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Obtém-se a coluna 8 através da função do Excel:

Coluna 8 = SE (coluna5 + coluna7 – coluna3 > coluna 6; coluna 7; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3)

Coluna 9: É relativa ao overflow, isto é, quando a água transborda do reservatório. Obtém-se da seguinte função do EXCEL:

Coluna 9 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6 ; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6 ; 0)

Coluna 10: É a coluna da reposição da água. Suprimento de água de outra fonte, que pode vir do serviço público de abastecimento ou de caminhão tanque ou de outra procedência.

Coluna 10= SE (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3 < 0; - (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3) ; 0)

Para utilizar este método fixou-se o valor do volume do reservatório em 40m³, por ser o valor superior à demanda, neste caso, 32,60m³.

Segundo o estudo, o volume de 40m³ para reservatório de água pluvial atende à demanda sem a necessidade de reposição por outra fonte.

Verifica-se a ocorrência de overflow (coluna 9), ou seja, ocorreu excesso de água. Por este motivo, os valores da reposição de água de outra fonte (coluna 10) são iguais a zero e, por tanto, não é preciso utilizar outra fonte de abastecimento para o reservatório de água pluvial.

Sendo assim, através deste método o reservatório do reservatório é de 40m³.

3.5.2.3 Cálculo do volume pelo método da Azevedo Neto

Dornelles; Tassi e Goldenfun (2010) consideram o número de meses com pouca ou nenhuma chuva, os meses que apresentam precipitação média inferior a 100 mm.

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção (m²);

T é o valor do número de meses de pouca chuva ou seca (mês ou meses);

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

Para utilizar este método adotou-se o ano 2013. Na tabela 15 observa-se a distribuição de precipitação ao longo do ano e os meses de poucas chuvas, considerando precipitação inferior a 100 mm.

Tabela 15: Precipitação média na estação pluviométrica Grajaú - Ano 2013

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Precipitação média anual (mm)
Janeiro	383,40	133,80
Fevereiro	100,40	
Março	283,60	
Abril	74,00	
Mai	95,00	
Junho	31,60	
Julho	85,60	
Agosto	24,60	
Setembro	66,00	
Outubro	78,40	
Novembro	122,20	
Dezembro	260,80	
Total	1605,60	

(Fonte: Adaptado de Fundação GEO-Rio, acesso em julho de 2014)

Neste caso são considerados sete meses com poucas chuvas, isto é, precipitação média inferior a 100 mm entre os anos de 2013.

Sendo assim:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Eq. (08)}$$

$$V = 0,042 \times 133,80 \times 1000,00 \times 7$$

$$V = 39.337,2 \text{ L ou } 39,33 \text{ m}^3$$

Sendo assim, o dimensionamento do reservatório é 39,33 m³.

3.5.2.4 Cálculo do volume pelo método Prático Alemão

É um método empírico onde o volume do reservatório de água pluvial será o valor do reservatório entre 6% do volume anual de consumo e 6% do volume de água pluvial aproveitável. (ABNT, 2007).

Sendo assim: $V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06$ (6 %)

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V; D) \times 0,06 \quad \text{Eq. (09)}$$

Onde:

V_{adotado} é o valor numérico do volume de água do reservatório (L).

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável (L);

Os anos adotados para este método vão de 2001 a 2014 com precipitação média anual de 1260,57 mm e demanda anual de 391,20 m³ ou 391.200,00 L. Para o cálculo do volume de água de chuva aproveitável foi utilizada a equação 03 indicada na NBR 15.527/07: $V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$, tendo como resultado o volume de 21.0525,27 litros.

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad \text{Eq. (03)}$$

Onde:

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

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

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

utilizado. Segundo Tomaz (2003) estabelecido em 0,85.

O ano adotado para o cálculo do dimensionamento é 2013. O volume de precipitação anual no de 2013 pode ser visualizado na tabela 16.

Tabela 16: Precipitação média na estação pluviométrica Grajaú - Ano 2013

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Precipitação média anual (mm)
Janeiro	383,40	133,80
Fevereiro	100,40	
Março	283,60	
Abril	74,00	
Mai	95,00	
Junho	31,60	
Julho	85,60	
Agosto	24,60	
Setembro	66,00	
Outubro	78,40	
Novembro	122,20	
Dezembro	260,80	
Total	1605,60	

(Fonte: Adaptado de Fundação GEO-Rio, acesso em julho de 2014)

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

$$V = 133,80 \times 1000,00 \times 0,80 \times 0,85$$

$$V = 90.984,00 \text{ L}$$

Este método é expresso da seguinte forma:

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

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo entre } (90.984,00; 391.200,00) \times 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo entre } (5.459,04; 23.472,00).$$

Desta forma, o volume para o reservatório de água de chuva é 5,45 m³.

3.5.2.5 Cálculo do volume pelo método Prático Inglês

Para o cálculo do volume do reservatório através deste método é utilizada a equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde:

P é a precipitação média anual (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

O ano adotado para este método é 2013 com precipitação média anual de 133,80 mm.

$$V = 0,05 \times P \times A$$

$$V = 0,05 \times 133,80 \times 1000,00$$

$$V = 6690,00 \text{ L ou } 6,69 \text{ m}^3$$

Desta forma, o volume para o reservatório de água de chuva é 6,69 m³.

3.5.2.6 Cálculo do volume pelo método Prático Australiano

Neste método volume de chuva é obtido através da equação indicada pela NBR 15.527/07:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \text{Eq. (11)}$$

Onde:

C = Coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P = Precipitação média mensal (mm);

I = Interceptação de água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A = Área de coleta (m^2)

Q = Volume mensal produzido pela chuva (m^3)

A NBR 15.527/07 (ABNT, 2007) recomenda que o cálculo do volume do reservatório ser realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório. E o primeiro mês deve-se considerar o reservatório vazio.

O volume do reservatório é definido pela equação 12.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \text{Eq. (12)}$$

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

NOTA: Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio: Quando $(V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D) < 0$, então $V_{(t)} = 0$

Na tabela 17, os valores dos cálculos estão apresentados para o método australiano com base nos anos de 2001 a 2014 e nos dados de precipitação da estação pluviométrica Grajaú.

Tabela 17: Cálculos pelo método Australiano entre os anos 2001 e 2014

Meses	Chuva média mensal	Área de captação	Coefficiente Runnof	I	Volume de chuva ^a	Demanda de água	V _(t) ^b	V _(t-1) ^c
	(mm)	(m ²)	C	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Janeiro	177,87	1000,00	0,80	2	140,70	32,60	108,10	0,00
Fevereiro	83,73	1000,00	0,80	2	65,38	32,60	65,56	32,78
Março	149,39	1000,00	0,80	2	117,91	32,60	203,40	118,09
Abril	163,17	1000,00	0,80	2	128,94	32,60	310,77	214,43
Mai	77,41	1000,00	0,80	2	60,33	32,60	269,89	242,16
Junho	49,27	1000,00	0,80	2	37,82	32,60	252,60	247,38
Julho	60,49	1000,00	0,80	2	46,79	32,60	275,76	261,57
Agosto	30,79	1000,00	0,80	2	23,03	32,60	242,43	252,00
Setembro	67,01	1000,00	0,80	2	52,01	32,60	290,82	271,41
Outubro	103,14	1000,00	0,80	2	80,91	32,60	368,03	319,72
Novembro	124,73	1000,00	0,80	2	98,18	32,60	450,88	385,30
Dezembro	173,57	1000,00	0,80	2	137,26	32,60	594,62	489,96
Total	1260,57				989,26			

Fonte: Adaptado de TOMAZ (2007)

$$^a = Q = A \times C \times (P - I)/1000$$

$$^b = V_t = V_{(t-1)} + Q_t - D_t$$

^c= Considera o reservatório está vazio no início; a partir de fevereiro aplicou-se a equação: $V_{(t-1)} = Q_t + V_{(t-1)} - D_t$

Para o cálculo de falha, tem-se a equação 13 indicada pela NBR 15.527/07:

$$P_r = \frac{N_r}{N} \tag{Eq.(13)}$$

E da confiança: $C=1-P_r$

Onde:

P_r = Probabilidade de falha;

N_r = Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, $V_t = 0$;

N = Número de meses considerado, geralmente 12 meses;

C = Confiança

A Norma NBR 15527/2007 (ABNT, 2007) recomenda que os valores de confiança estejam entre 90% e 99% (10% a 1% de falhas).

$$P_r = \frac{Nr}{N} : P_r = \frac{1}{168} : P_r = 0,005$$

$$C=1-P_r : C = 0,99 \text{ ou } 99\%$$

Conforme a tabela 17, houve mês inicial que apresentou reservatório vazio (coluna 8), tendo como valor de confiança 99% e a apresentando como maior volume do reservatório de aproveitamento de água de chuva o valor de 594,62 m³.

3.6 Análise

Esta pesquisa foi realizada em uma das edificações que compõe o Hospital Federal do Andaraí, o edifício UPI (Unidade de Pacientes Internos), onde a área de coleta está localizada, o telhado, com área de cobertura de 1000 m².

A quantidade de água necessária para atender a demanda de água para fins não potáveis foi baseada nos dados estimados de quantidade de água necessária para uso externo (Tabela 11).

A quantidade de água consumida em descargas sanitárias não foi considerada, por ser tratar de um ambiente hospitalar, que deve evitar expor os seus pacientes aos possíveis agentes contaminantes.

Os valores obtidos nos cálculos para os seis métodos indicados na NBR 15.527/07 estão descritos na tabela 18.

Tabela 18: Volumes dos reservatórios obtidos através dos métodos

Métodos de dimensionamento	Volumes dos reservatórios (m ³)
Rippl	7,97
Simulação	40,00
Azevedo Neto	39,33
Prático Alemão	5,45
Prático Inglês	6,69
Australiano	594,62

Após a análise dos dados, a partir do cálculo pelo método Australiano, observa-se que o volume do reservatório apresenta volume significativo comparado à demanda para consumo fins não potáveis do objeto de estudo.

Este método conduz ao superdimensionamento e perfil antieconômico do reservatório que impossibilita adotá-lo por apresentar alto custo.

Os métodos Rippl, práticos Inglês e Alemão fornecem valores inferiores à demanda de água necessária para suprir o consumo de água para uso externo. Para utilizar estes métodos é necessário ter uma fonte de suprimento de água externa para suprir a demanda por causa da ineficiência do sistema e, ainda, possuem perfil antieconômico do reservatório por ser preciso fonte de água auxiliar.

Os métodos Simulação e Azevedo Neto apresentam volumes superiores à demanda por água pluvial para uso externo. São os métodos mais indicados quando não se deseja ter altos custos com a implantação do sistema pluvial e atender à demanda de água pluvial para fins não potáveis.

Neste trabalho, observa-se que há métodos que superdimensionam o reservatório enquanto outros apresentam volumes mais conservadores, bem abaixo do necessário para que o reservatório seja eficiente para atender o objetivo proposto (Tabela 19).

Tabela 19: Análise dos métodos de dimensionamento para reservatório de água pluvial para o Hospital Federal do Andaraí

Métodos	Volumes dos reservatórios (m ³)	Resultado	Análise
Rippl	7,97	Valor inferior	Não recomendado Fonte de adicional de suprimento
Simulação	40,00	Atende à demanda	Recomendado
Azevedo Neto	39,33	Atende à demanda	Recomendado
Prático Alemão	5,45	Valor inferior	Não recomendado Fonte de adicional de suprimento
Prático Inglês	6,69	Valor inferior	Não recomendado Fonte de adicional de suprimento
Australiano	594,62	Superdimensionamento Antieconômico Alto custo desnecessário	Não recomendado Volume muito superior à demanda

A região onde se encontra o hospital apresenta índices pluviométricos significativos que podem estar reabastecendo o reservatório com maior frequência, ao contrário de regiões com baixo índice pluviométrico, que se faz necessário superdimensionar o reservatório para coletar o maior volume de água pluvial para utilizá-la em períodos mais secos.

O tamanho do reservatório a ser adotado fica a critério do projetista que pode optar por reservatórios menores, com custos mais baixos, com menor quantidade de água disponível, mas que superam a quantidade de água necessária para uso externo.

Neste estudo propõe-se adotar o método Azevedo Neto ou o método Simulação por apresentarem valores mais próximos da demanda do objeto de estudo e dentro do volume capaz de atender à reserva mínima em meses de pouca chuva como, os meses de agosto de 2001 a 2014 com precipitação média mensal de 30,79 mm.

Ressalta-se que os fatores de manutenibilidade e sustentabilidade foram considerados ao indicar este método, tendo em vista a eficiência e o aspecto financeiro, pois o método Azevedo Neto, para este objeto de estudo, requer menor custo de manutenção, reparo, reposição e limpeza por fornecer o volume próximo à necessidade do hospital.

Deste modo, por maior racionalização do ciclo de vida do sistema, é importante que a manutenção, uso e operação sejam economicamente viáveis e simples de operar para facilitar adaptação ao uso de água pluvial. A integração com a sustentabilidade, através do uso racional da água é outro aspecto a ser considerado para garantir o bom desempenho e atender aos seus usuários.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de água de chuva é um processo realizado há muito tempo, com registros de armazenamento anteriores a 3.000 anos a.C., mas à medida houve disponibilidade de água, através do sistema público de abastecimento de água, esta técnica foi abandonada por questões de comodidade e disponibilidade constante de água potável.

Atualmente, esta solução sustentável tem despertado interesse por ser uma medida alternativa de disponibilidade de água, conservação de água e contribuinte da minimização de enchentes em áreas com a superfície do solo impermeabilizada.

Alguns países já adotam esta prática como, por exemplo, Alemanha, Estados Unidos da América, Japão e Portugal. No Brasil algumas cidades já incentivam o seu uso com destaque para as cidades de Curitiba, Maringá, São Paulo e Rio de Janeiro.

Com o crescimento dos centros urbanos e conseqüentemente maior impermeabilização do solo, existe a dificuldade de infiltração da chuva no solo refletindo na deficiência da recarga de águas subterrâneas; há o aumento das chances de inundação das cidades por causa do transbordamento de rios, lagos e galerias de águas pluviais; tem-se maior demanda por água potável obrigando o sistema de abastecimento aumentar a sua capacidade de fornecimento de água trazendo maiores custos de operação e fornecimento.

Outro ponto importante a ser considerado é a água de chuva como recurso limitado ao ser analisado à dependência pela área de captação, pelo índice pluviométrico (períodos de chuva e de seca), capacidade de armazenamento e consumo diário. Por tanto, faz-se necessário utilizar o método que maximiza a eficiência do sistema.

Observa-se que para o sistema ser eficiente é necessário que o reservatório seja capaz de armazenar maior quantidade de água, em períodos de maior índice pluviométrico, para que se tenha água disponível em momentos de menor volume de chuva para assim, não deixar de ser útil em caso de baixa pluviosidade.

Em relação à região onde está localizado o Hospital Federal do Andaraí, apesar de alguns anos apresentarem índices pluviométricos mais baixos em relação à média dos demais anos, compreendidos entre 2001 e 2014, os perfis são de chuvas bem distribuídos ao longo dos anos sendo capaz de atender à demanda de água pluvial.

No Brasil a norma técnica NBR 15.527/07 é referência para o aproveitamento de água de chuva que sugere métodos de aproveitamento de água pluvial.

Os métodos indicados por esta norma apresentam resultados bastante diferenciados podendo causar dificuldade para o projetista optar por qual dimensionamento atende melhor às suas necessidades.

Os métodos Azevedo Neto e Simulação apresentam valores que garantem o abastecimento de água ao longo do ano, pois ultrapassam o volume de por água. O método Azevedo Neto resulta no valor mais próximo para suprir o volume necessário para uso externo.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, a dificuldade em dimensionar o reservatório, através destes métodos, foi decorrente dos valores significativamente variados comprometendo a escolha por um método mais adequado.

Estes métodos indicados pela NBR 15.527/07 apresentam diferenças entre si quanto às variáveis adotadas, ocasionando dificuldade em aplicar as equações e analisar os resultados. Muitos dos métodos indicados são internacionais e desenvolvidos para uma realidade diferente do Brasil.

O método Rippl tem por objetivo regularizar a vazão sendo, dentre os métodos destacados pela NBR 15527/07, o mais citado e normalmente indicado por fornecer o volume superior à demanda. Neste trabalho este perfil não foi observado; o valor encontrado é um dos menores para o dimensionamento do reservatório de água pluvial.

Os métodos empíricos são também encontrados na NBR 15.527/07, como o Azevedo Neto que tem como parâmetros a precipitação média anual e o número de meses com pouca chuva ou seca; os métodos Práticos Inglês e Alemão consideram

a precipitação média anual.

O método de Simulação fornece o valor de volume para o dimensionamento pré-definido, desta forma é um método que não fornece diretamente o volume de água pluvial necessária para o reservatório. Cabe ao projetista prever volumes para verificar aquele que garanta o atendimento à demanda.

O método Simulação é um dos métodos mais indicados para o dimensionamento dos reservatórios, por apresentar resultados mais próximos à demanda de água pluvial.

Enquanto o método Australiano utiliza média pluviométrica e introduz a variável de confiança, que deve estar entre 90 a 99%, para ser aplicado eficientemente.

Para o objeto de estudo os métodos Prático Alemão, Inglês e Rippl se destacam por apresentarem o valor muito abaixo da demanda e dos demais métodos, inviabilizando a sua adoção, por ser um reservatório de dimensões pequenas incapaz de armazenar água pluvial suficiente para uso no hospital dificultando atender ao volume desejado.

O método Australiano resulta em valor acima do necessário pelo superdimensionamento do reservatório tornando o projeto antieconômico e com alto custo desnecessário.

Esta diferença de valores se deve ao fato da adoção de parâmetros desiguais adotados em cada método, ou seja, não há conformidade entre os dados que se pretende utilizar como dados iniciais para calcular os volumes dos reservatórios, logo o questionamento sobre qual método utilizar pode vir a comprometer a escolha do projetista e resultar em hipo ou hiperdimensionamento do sistema.

Outros fatores de grande importância também são influenciados pelo método tais como os custos com materiais, principalmente, o reservatório, por ser o item mais oneroso do sistema e, a mão de obra necessária para construção do sistema de aproveitamento de água pluvial.

É importante destacar que o resumo excessivo dos métodos na NBR 15.527/07 como, por exemplo, ausência da citação das unidades de medida nos métodos Rippl, Simulação e Prático Alemão, pode dificultar a utilização de tais métodos.

Percebe-se a necessidade de ser feita revisão na NBR 15.527/07 para padronizar os parâmetros, incluir unidades de medida e incluir métodos mais adequados para a realidade brasileira. Considerando que este país possui extensão continental, isto é, a necessidade de uma região do país pode não ser igual a outra, pois os perfis climáticos, por exemplo, e entre outras particularidades são distintos.

Sugere-se que futuras revisões sejam realizadas na NBR 15.527/07 para que atualizações, que se referem aos complementos de definições, de nomenclaturas e métodos mais relacionados com a realidade brasileira, por exemplo, possam facilitar o entendimento e a adoção desta forma alternativa de obtenção de água para uso não potáveis.

O aproveitamento de água de chuva em edificações urbanas é uma alternativa para economia de água que contribui para minimizar enchente, em áreas urbanas, causadas pela impermeabilização da superfície do solo, além de diminuir gastos com a conta de água.

Verifica-se que para atender à demanda de água para fins não potáveis, a água pluvial é uma alternativa que economiza recursos, além de contribuir para uso consciente de água potável.

No entanto, os métodos apresentados pela NBR 15.527/07 para aproveitamento de água pluvial mostram-se bastantes variados para o cálculo do dimensionamento dos reservatórios dificultando a aplicabilidade do sistema de água pluvial, pois pode ocorrer um superdimensionamento acarretando altos custos de implantação, *pay back* longo ou o reservatório ser subutilizado por não atender à demanda do usuário.

Desta forma, é interessante avaliar o estudo de outros métodos haja vista que alguns dos métodos recomendados pela NBR 15.527/07 não foram desenvolvidos para a realidade do Brasil. São métodos aproveitados de outros países que

possuem características pluviométricas, localização geográfica de diferentes do Brasil.

O método Rippl é um aplicado em hidrologia promovendo superdimensionamento de reservatórios por contaminações microbiológicas ou químicas.

Recomenda-se também a manutenção periódica dos componentes do sistema a fim de evitar o comprometimento do uso de água.

Esta pesquisa conclui que o método Azevedo Neto e o método Simulação, dentre os demais métodos indicados pela NBR 15.527/07 é o mais indicado para ser adotado no objeto de estudo. No entanto, o projetista pode comparar com outros métodos brasileiros que já foram testados, mas não que constam na NBR 15.527/07, com a finalidade de avaliar aquele que apresenta a melhor capacidade de atender à demanda anual, adequado à área de construção com menores custos do reservatório e da construção de todo o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Observa-se que apesar do alto consumo, os hospitais apresentam potencial para poupar recursos naturais e implementar soluções ecológicas e devido à sua importância possuem capacidade de encorajar e acelerar a demanda do mercado por soluções ecoeficientes.

Espera-se que este trabalho contribua para a implantação do sistema de água pluvial no Hospital Federal do Andaraí e incentive outros projetos para a utilização desta alternativa de disponibilidade de água em áreas urbanas e, conseqüentemente, diminuição da demanda de água fornecida pelo sistema de abastecimento de água potável. Como consequência tem-se a redução nos custos de obtenção de água potável, aumento de reserva de água para usos não potáveis e contribuição para redução de enchentes na região em que o Hospital Federal do Andaraí está localizado.

Sugere-se que futuras revisões sejam realizadas na NBR 15.527/07 para que atualizações, que se referem aos complementos de definições, de nomenclaturas e métodos mais relacionados com a realidade brasileira, por exemplo, possam facilitar

o entendimento e a adoção desta forma alternativa de obtenção de água para uso não potáveis.

REFERÊNCIAS

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Vitória: 2005, p. 150. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental). Disponível em: <http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-20Karla%20Ponzo.PRN_.pdf>. Acesso em: 06 set 2014.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - ALERJ. **Lei nº 4248, de 16 de dezembro de 2003**. Rio de Janeiro: 2003. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/69d90307244602bb032567e800668618/bdddcca28fecc22f83256dda005097af?OpenDocument>>. Acesso em 24 abr 2014.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - ALERJ. **Lei nº 4393, de 16 de setembro de 2004**. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Rio de Janeiro: 2004. Disponível em: <<http://www.alerj.rj.gov.br/processo2.htm> >. Acesso em 24 abr 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Informe 2012. Brasília: Ed. Especial, 215 p, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Fatos e tendências: água**. Brasília: 36 p, 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: 21 jun 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Atlas Brasil** - Abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília: 2010. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf> >. Acesso em: 21 jun 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2011. Brasília: 112 p, 2011. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/Downloads/2011/1%20-%20RELAT%C3%93RIO%20DE%20CONJUNTURA%20-%20INFORME/Conjuntura_2011.pdf >. Acesso em: 21 jun 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10.844**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5626**:

Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15.527**: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007. 11 p.

BERTOLO, E. de J. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. 2006. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade do Porto, Porto, 2006. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/17elisabete.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2014.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 24.643, de julho de 1934**. Decreta o Código das Águas. Rio de Janeiro, 10 de jul. 1934. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm>. Acesso em 27 set. 2014.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2005. 23 p. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: abril 2015.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Saneamento para todos** - Gestão de águas pluviais urbanas. 4º volume. Brasília, 2006. 197 p.

CÂMARA et al. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. Brasília: v. 42:137-140, mar-abr. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v42n2/v42n2a08>>. Acesso em 14 maio 2014.

CAMPOS, M.A.S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. Dissertação mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2004. Disponível em:<http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=223>. Acesso em jan 2015.

CAMPOS, G.M. *et al.* **Projeto piloto de captação e utilização de águas pluviais**. Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng., Ponta Grossa, 14 (3): 229-240, dez. 2008.

CAMPOS, M.A.S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de *particles swarm optimization***. Tese doutorado. UNICAMP, 2012. Disponível em: < www.bibliotecadigital.unicamp.br >. Acesso em maio 2014.

CARDOSO, D.C. **Aproveitamento de águas pluviais em habitações de interesse**

social- caso: “Minha Casa Minha Vida”. Feira de Santana: Universidade de Feira de Santana, 2010. Trabalho de conclusão de curso. Disponível em: <<http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/DANIEL%20C%3%94RREA%20CARDOSO.pdf>>. Acesso em: 22 jan 2014.

CHILTON, J.C.; MAIDMENT, G.G.; MARRIOTT, D., FRANCIS, A.; TOBIAS, G. **Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof.** Urban Water, v.1, p. 345–354, 2000.

COSTA, R. G. **Healthcare in Brazil.** Preserving the modern architectural legacy. Docomomo Journal: 2007, v.10, 20 - 23.

CURITIBA. **Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003.** Cria no município o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Câmara Municipal de Curitiba. Curitiba, 18 set, 2003.

DARONCO, G. C. **Evolução Histórica da Legislação Brasileira no Tratamento dos Recursos Hídricos:** das primeiras legislações até a Constituição Federal de 1988. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH: ABRH, 2013.

DIN 1989-1:2002-04: **Rainwater harvesting systems** - Part 1: Planning, installation, operation and maintenance.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** Tese doutorado. UFRS. Porto Alegre: 2012.

DORNELLES, Fernando; TASSI, Rutinéia; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. **Revista brasileira de recursos hídricos**, Porto Alegre, v. 15, n.2, p. 59-68, abr./Jun. 2010.

FARRENY, R; PINZO-MORALES, T.; GUIBALOLA, A.; TAYA, C.; RIERADEVALL, J.; GABARREL, X. **Roof selection for Rainwater harvesting:** Quantity and quality assessments in Spain. Water Research, p. 3245-3254, 2011.

FEITOSA, F.A.C *et al.* **Hidrogeologia conceitos e aplicações.** 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM; LABHID-UFPE, 2008. 812 p.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais:** 100 Maneiras Práticas. Curitiba: Chain, 2002.

FENDRICH, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais: 100 Maneiras Práticas**. 2. ed. Curitiba: Roberto Fendrich, 2009.

GIACCHINI, M. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010, 145 p. Dissertação (Mestrado Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/dissertacao_margolaine_giacchini.versaofinal.pdf>. Acesso em set. 2014.

GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. **Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil**. Building and Environments, v. 42, p. 1654-1666, 2007.

GNADLINGER, J. **Rainwater Harvesting for Household and Agricultural Use in Rural Areas**. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 16 maio 2014.

GRASSI, M. T. **As águas do planeta Terra**. UNICAMP, 2001. Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/~mariaacm/ST114/aguas.pdf>>. Acesso em jul. 2014.

ILHA, M. S. de, O.; NUNES, S. da; SALERMO, L. S. Programa de conservação de água em hospitais: estudo de caso do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 91-97, jan./mar. 2006.

ILHA, M. S. O.; REIS, R. P. A. **O ciclo insustentável da água nas cidades: como reverter?**. Hydro (São Paulo), v. 52, p. 48-51, 2011.

IBGE. **Rio de Janeiro**. Cidades. Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/232LG>>. Acesso em: 14 maio 2014.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990: Temperatura Média Compensada (°C)**. Brasília: 2009. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Temperatura-Media-Compensada_NCB_1961-1990.xls>. Acesso em 14 maio 2014.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. **Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm): 1961-1990**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Precipitacao-Acumulada_NCB_1961-1990.xls>. Acesso em 14 maio 2014.

JAPAN FOR SUSTAINABILITY. **Promoting Rainwater Utilizations.**: JFS Newsletter, n.6, 2003. Disponível em: <http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id027756.html>. Acesso em: 01 maio 2015.

JAQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** 2005. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102214/221552.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 out. 2014.

LEE, K. T.; LEE, C.; YANG, M.; YU, C. **Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems.** Journal of Agricultural Engineering Research, v. 3, n. 77, p. 343-348, 2000.

LOPES, P. R. C. **Alternativas de manejo de solo e água para o semi-árido brasileiro.** 2003. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/agronegocio/17.shtml>>. Acesso em: 09 OUT. 2014.

MATOS, C; SANTOS, C.; PEREIRA, S.; BENTES, I; IMTEAZ, M. **Rainwater storage tank sizing:** Case study of a commercial building. Gulf Organisation for Research and Development (GORD), p.109-118, 2014.

NAFISAH, A. R; MATSUSHITA, J. **Comparison of Relevant Aspects in Rainwater Harvesting Practice between Two Metropolises: Tokyo & Selangor.** In: 14th International Rainwater Catchment Systems Conference, 2009, Kuala Lumpur. Proceedings of the 14th International Rainwater Catchment Systems Conference, 2009.

PNUEA: **Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água** - Implementação 2012-2020. Lisboa: 2012, Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT). Disponível em: <http://www.apambiente.pt/_zdata/CONSULTA_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA_2012-2020_JU_NHO.pdf>. Acesso em: 02 maio 2015.

RAINWATER HARVESTING. **Rainwater harvesting in Singapore.** Urban Technology, 2014. Disponível em: <<http://www.rainwaterharvesting.org/international/singapore.htm>>. Acesso em: 03 out. 2014.

RUPP, R.F; MUNARIM, U; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.** Ambiente Construído, vol.11 nº 4. Porto Alegre. Oct/dec, p.47-64. 2011.

SALLA, M. R.; LOPES, G. B.; PEREIRA, C.E.; NETO, J.da C.; PINHEIRO, A. M. **Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, abr./jun. 2013.

MELO, L. R da. C. **Variação da qualidade da água de chuva no início da precipitação**. 2007, 103 p. Dissertação (mestrado). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: < <http://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/btdtd/LucianoRCM.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

NETO, P. de S. G. **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva**: Elaboração de dois projetos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil. 2012. 177 f. Projeto de Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro / Escola Politécnica / Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2012.

RÊGO, F.M. **Qualidade higiênico- sanitária das águas utilizadas em unidades de alimentação e nutrição hospitalares da rede pública do Distrito Federal**. 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) - Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3218/1/dissertacao_FABRICIO%20MENDES%20REGO.pdf>. Acesso em: 09 out. 2014.

RIGHETTO, A. M. (Coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p. Projeto PROSAB.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei n.º 4393**, de 16 de setembro de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Rio de Janeiro: 2004.

ROSSA, S. R. L. G. S. **Contribuições para um uso mais eficiente da água no ciclo urbano: Poupança de água e reutilização de águas cinzentas**. 2006. 177 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. Disponível em: < http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12752/2/Texto%20integral.pdf?origin=publication_detail>. Acesso em: 09 out. 2014.

SANTOS, D.C dos; FROEHNER, S. **Qualidade da água pluvial e da água cinza nas edificações**: Estudo comparativo. X Simpósio de Sistemas Prediais. São Carlos: ago. 2007.

SIMIONI, W.; GHISI, E. GÓMEZ, L.A. **Potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de águas pluviais em postos de combustíveis:** Estudos de caso. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo-SP, Anais...,2004.

TELLES, D. D. (Org.). **Ciclo ambiental da água:** da chuva à gestão. São Paulo: Blucher, 2013.

TELLES, D. D; COSTA, R.P. (Coord.). **Reúso da água:** conceitos, teorias e práticas. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

TEXAS (State). **Texas manual on Rainwater harvesting.** 3th ed. Austin: 2005. Disponível em <http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/rainwaterharvestingmanual_3rdedition.pdf >. Acesso em 23 de jul de 2014.

TOMAZ, P. **Economia de água.** São Paulo: 2001. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf >. Acesso em 24 jul 2014.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis:** Diretrizes básicas para um projeto. 6o Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva. Belo Horizonte: 2007. Disponível em: <http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em 25 de jun de 2014.

TOMAZ, P. **Dimensionamento de reservatórios de água de chuva.** São Paulo: 2012.

OLIVEIRA, C. L. de. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro.** 2007. 157p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/index.php/component/docman/cat_view/1-mestrado/85-2007?Itemid= >. Acesso em: 23 jul. 2014.

OLIVEIRA, F. T. A. **Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental** - Simulador para avaliação da viabilidade. 2008. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137852291/dissertacao.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Fatos sobre água e saneamento.** 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/agua.pdf> >. Acesso em: 10 set

2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **A ONU e a água**. 2013a. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>>. Acesso em: 25 jul 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Water Scarcity**. 2013b. Disponível em: <[http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/A_4%20template%20\(water%20scarcity\).pdf](http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/A_4%20template%20(water%20scarcity).pdf)>. Acesso em: 04 fev 2014.

PERDOMO, C.C.; OLIVEIRA, P.A.V.; KUNZ, A. **Seminário sobre Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva**. UnC Concórdia, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional de Concórdia, Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/200307990/Cisternas-para-Armazenamento-de-Agua-de-Chuva-Embrapa#scribd>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

POZZEBON, P. H. B. ; GASTALDINI, M. do, C. **Dimensionamento e simulação do comportamento de um reservatório para aproveitamento de água da chuva para uso não potável em Santa Maria – RS**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20, 2013, Bento Gonçalves. **Anais**. Bento Gonçalves: ABRH, 2013 p.1-8.

SANTOS, J. A. dos; RICCIARDI, T. D. **Estudo sobre o potencial de aproveitamento de água de chuva na faculdade de engenharia mecânica (FEM)**. Revista Ciências do Ambiente On-Line, Campinas, v.9, n.1, p.1-7, 2013. Disponível em:<<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/index.php/be310/article/viewFile/347/273>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

UNESCO. **WWAP** (World Water Assessment Programme). The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris: 2012.

UNEP. Division of Technology, Industry and Economics. **Examples of Rainwater Harvesting and Utilisation Around the World**. 2001. Disponível em: <<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp>>. Acesso em: 06 out. 2014.

VELOSO, N. da S. L.; MENDES, R.L.R. **Aproveitamento da água da chuva na Amazônia: experiências nas ilhas de Belém/PA**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos: Porto Alegre, v. 19, n1, p. 229-242, jan/mar 2014.

VENÂNCIO, H. **Minha casa sustentável**: Guia para uma construção residencial

responsável. 2 ed. Vila Velha: 2011. 227p.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 12 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

VIEIRA, J. **Coleta e estratégia simplificada de tratamento de água de chuva para fins não potáveis com ênfase no uso industrial**. Monografia. UNESP. Rio Claro: 2008.

WHO/UNICEF. **Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation**. Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012 update. New York: UNICEF and World Health Organization. Disponível em: <http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP-report-2012-en.pdf>. Acesso em 27 jun 2014.

YOSHINO, G. H. **O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária professor José da Silveira Netto** – Belém/PA. Dissertação de mestrado. Pará: 2012, p.123.

ZAIZEN, M. et al. **The collection of rainwater from dome stadiums in Japan**. Urban Water, v. 4, n. 1, p. 355-359, 1999.

ANEXOS

ANEXO A - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2001 (mm)

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
01 - Vidigal	19,0	38,6	75,0	84,6	136,2	95,4	134,6	8,4	57,0	58,0	64,4	215
02 - Urca	30,0	93,2	84,0	3,6	111,0	67,6	101,8	8,2	41,0	63,2	84,0	244
03 - São Conrado	27,0	35,4	105,4	65,2	ND	54,4	206,6	7,2	70,6	70,2	74,0	277
04 - Tijuca	70,0	43,4	113,8	38,0	119,4	79,2	95,4	8,0	63,0	68,6	104,4	401
05 - Santa Tereza	40,0	44,8	87,2	14,0	123,0	93,2	91,6	16,0	55,6	73,2	78,8	343
06 - Copacabana	33,0	44,6	86,4	91,6	118,0	66,8	94,0	6,6	36,2	63,2	73,0	212
07 - Grajaú	95,0	72,8	147,2	62,4	88,4	49,4	77,4	2,4	61,0	72,2	130,6	277
08 - I. Governador	34,0	63,8	206,2	15,8	68,4	18,6	66,2	3,6	24,4	54,4	109,6	324
09 - Penha	45,0	52,2	126,0	34,6	60,8	10,8	48,4	2,0	12,6	43,6	120,0	295
10 - Madureira	56,0	41,4	138,4	32,4	64,0	20,6	50,6	11,6	21,4	87,0	113,0	306
11 - Irajá	92,0	85,0	135,0	34,4	49,0	17,6	42,2	2,2	20,4	75,2	115,4	280
12 - Bangu	97,0	84,4	137,6	48,4	53,8	48,4	44,0	12,2	28,0	101,8	119,2	254
13 - Piedade	79,0	27,0	149,4	34,4	68,8	34,6	82,6	2,6	35,2	75,6	120,0	265
14 - Tanque	47,0	45,0	ND	30,8	72,6	39,8	54,0	22,2	31,8	77,2	95,0	321
15 - Saúde	43,0	45,8	100,2	28,0	89,2	57,0	52,8	3,6	43,6	68,8	134,0	321
16 - Jd. Botânico	50,0	39,4	87,4	46,4	119,6	81,6	173,0	7,6	69,4	75,2	81,4	274
17 - Itanhangá	67,0	45,6	157,8	51,8	151,8	125,4	132,4	2,8	41,0	88,2	69,4	269
18 - Cid. de Deus	36,0	34,4	105,8	42,6	86,6	57,2	84,8	10,6	35,8	76,2	74,8	272
19 - Riocentro	33,0	49,8	90,6	41,0	135,6	53,4	128,8	12,8	36,4	78,6	96,2	235
20 - Guaratiba	70,0	49,2	120,2	82,0	89,8	46,8	45,4	18,6	33,4	90,4	54,2	166
21 - Gericinó	118,0	61,8	113,4	15,6	80,2	35,4	53,0	9,6	40,4	120,6	83,8	272
22 - Santa Cruz	53,0	108,0	118,6	130,6	96,8	42,6	76,8	16,8	37,2	106,0	87,4	268
23 - Cachambi	136,0	49,6	197,0	35,0	59,2	23,4	54,2	1,6	26,4	66,0	121,4	279
24 - Anchieta	120,0	95,0	182,2	41,6	ND	23,8	39,8	11,2	20,6	114,6	127,4	260
25 - Grota Funda	36,0	50,2	128,2	48,0	121,2	82,8	158,2	8,6	57,8	86,6	64,2	287
26 - Campo Grande	66,0	71,8	118,2	15,2	89,2	32,2	65,2	12,8	30,4	109,6	88,4	247
27 - Sepetiba	47,0	109,6	97,6	151,6	96,2	55,2	98,4	10,0	38,2	91,2	62,0	111
28 - Sumaré	87,0	49,2	99,6	55,6	192,6	143,6	259,6	7,8	136,2	96,6	146,2	418
29 - Mendanha	152,0	119,0	145,6	25,4	132,4	65,8	146,4	14,2	64,4	105,0	163,8	309
30 - Itauna (Barra)	61,0	19,4	66,4	37,8	90,8	39,8	86,6	7,2	24,6	70,8	74,0	N
31 - Laranjeiras	46,0	63,6	96,4	4,6	124,6	96,0	123,0	12,8	59,8	69,0	83,0	303
32 - São Cristóvão	21,0	47,0	109,4	41,6	86,6	54,2	47,6	2,0	34,4	54,4	111,0	237

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2001 da Fundação GEO-RIO

ANEXO B - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2002 (mm)

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
01 - Vidigal	43.8	201.8	34.8	13.8	148.2	120.2	40.4	21.0	189.8	36.2	262.2	127.0	1239.2
02 - Urca	57.6	116.2	26.0	6.2	142.2	95.6	23.6	20.8	125.0	32.6	182.8	172.0	1000.6
03 - Rocinha	55.6	217.4	43.0	10.6	173.6	103.2	58.2	26.0	224.6	82.8	285.8	235.4	1516.2
04 - Tijuca	71.0	131.8	48.8	32.4	103.4	84.8	24.8	27.8	135.2	67.4	270.6	321.2	1319.2
05 - Santa Tereza	64.4	120.6	37.2	8.2	122.2	40.4	29.0	21.8	127.6	53.4	203.6	208.2	1036.6
06 - Copacabana	47.8	166.6	42.2	3.0	135.4	37.6	32.6	21.2	132.2	31.2	172.2	100.8	922.8
07 - Grajaú	114.0	127.6	69.0	81.8	102.0	22.4	21.8	23.0	97.0	18.0	174.6	163.6	1014.8
08 - I. Governador	137.6	144.6	58.8	10.2	107.6	37.2	23.0	23.8	71.8	23.4	117.8	182.6	938.3
09 - Penha	93.6	127.4	27.6	18.0	95.4	19.6	17.8	18.2	61.0	14.4	97.4	137.2	727.5
10 - Madureira	63.0	164.4	46.2	27.8	91.4	51.4	24.6	18.0	62.8	21.0	100.4	139.0	810.0
11 - Irajá	86.6	146.6	40.4	2.6	89.2	24.0	18.2	14.8	52.4	29.0	111.6	120.2	735.6
12 - Banqu	76.6	188.6	62.4	26.8	90.6	77.6	26.8	27.4	72.4	21.2	105.4	88.0	863.8
13 - Piedade	77.4	134.2	37.0	32.2	100.8	25.4	22.0	20.8	104.4	11.8	113.2	184.0	863.2
14 - Tanque	59.4	146.6	48.4	29.4	95.4	77.6	22.8	21.2	91.0	27.0	131.4	136.8	887.0
15 - Saúde	59.0	130.2	42.2	3.4	98.6	25.4	19.4	19.0	80.0	26.6	172.2	242.8	918.8
16 - Jd. Botânico	54.2	164.2	44.6	18.8	148.8	117.6	38.0	21.8	194.2	54.8	250.4	179.4	1286.8
17 - Itanhangá	50.4	188.2	50.4	83.8	159.4	90.6	48.6	41.8	147.4	39.8	174.0	302.0	1376.4
18 - Cid. de Deus	54.4	188.8	35.0	5.8	96.4	55.4	28.0	25.6	128.2	32.6	155.2	119.0	924.4
19 - Riocentro	58.8	182.2	58.2	23.4	116.2	83.8	33.6	33.6	130.8	40.4	122.2	89.6	972.8
20 - Guaratiba	44.4	129.2	48.4	30.2	123.8	30.4	23.6	35.2	65.2	26.2	98.8	98.0	753.4
21 - Gericinó	64.2	119.2	59.8	63.0	128.6	23.8	33.2	34.8	87.6	60.8	111.2	101.2	887.4
22 - Santa Cruz	71.6	159.4	58.6	20.8	144.4	46.8	20.4	16.8	97.2	65.8	150.6	148.6	1001.0
23 - Cachambi	91.0	127.8	39.8	37.6	109.4	17.2	20.6	18.4	56.6	11.0	154.8	175.8	860.0
24 - Anchieta	67.8	178.0	63.8	7.4	108.6	14.0	20.6	17.4	62.6	24.6	109.8	119.4	794.0
25 - Grota Funda	52.4	126.6	19.8	34.0	201.0	77.6	34.4	34.2	175.8	79.0	188.8	158.4	1182.0
26 - Campo Grande	49.6	116.4	45.4	21.2	63.8	27.8	26.2	29.8	96.2	58.6	111.8	80.6	727.4
27 - Sepetiba	60.4	205.2	103.8	16.6	144.4	58.8	25.6	47.0	84.4	67.2	125.2	136.4	1075.0
28 - Sumaré	92.0	165.6	64.6	64.6	182.2	135.6	69.6	36.0	244.2	138.8	344.8	544.0	2082.0
29 - Mendanha	121.8	200.0	113.6	65.0	123.8	28.2	56.8	39.2	165.0	69.4	180.2	194.6	1357.6
30 - Itauna (Barra)	67.6	144.2	44.4	9.2	125.6	82.2	32.2	27.6	125.0	33.0	117.2	84.4	892.6
31 - Laranjeiras	65.2	113.8	48.0	5.2	137.2	129.4	23.8	21.6	159.6	55.4	216.2	227.2	1202.6
32 - São Cristóvão	60.6	112.0	24.6	24.6	106.6	44.8	18.2	16.4	62.0	9.8	114.0	58.0	651.5

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2002 da Fundação GEO-RIO

ANEXO C - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2003 (mm)

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
01 - Vidigal	382,6	1,4	201,7	92,4	91,8	34,2	60,0	243,4	129,2	160,6	170,0	93,0	1660,3
02 - Urca	353,4	1,6	268,2	102,2	79,8	12,6	38,8	190,8	91,2	187,2	228,8	70,0	1624,6
03 - Rocinha	438,6	1,8	220,6	112,6	86,2	39,8	78,8	328,8	142,0	224,8	269,2	140,8	2084
04 - Tijuca	243,4	1,4	252,4	110,2	78,2	35,4	36,8	227,8	97,2	264,4	368,4	148,6	1864,2
05 - Santa Tereza	235,4	2,4	197,2	100,6	65	ND	37,8	196,2	114,0	241,4	286,2	106,2	ND
06 - Copacabana	432,2	2,4	190,6	88	79	14,4	36,4	171,2	86,8	168,8	159,4	69,8	1489
07 - Grajaú	205,4	4,0	268,0	100,6	60,8	27,0	54,4	92,0	69,0	194,4	195,2	82,4	1353,2
08 - I. Governador	319,4	7,4	147,4	72,4	46,8	3,6	9,6	149,0	43,8	161,8	263,4	68,0	1292,6
09 - Penha	228,4	4,2	175,2	54	32,4	2,0	6,0	86,4	51,2	147,4	212,6	72,4	1072,2
10 - Madureira	264,8	14,2	231,8	61,6	48,6	10,2	14,6	81,8	53,8	163,4	146,6	73,0	1164,4
11 - Itrajá	247,0	9,6	184,2	40,8	32,4	1,2	8,8	72,2	28,4	159,2	223,2	63,2	1070,2
12 - Bangu	387,0	2,2	210,4	63,4	28,6	16,2	8,8	67,0	55,6	186,2	180,8	80,6	1286,8
13 - Piedade	322,2	15,6	264,8	68,2	58,2	5,4	32,6	93,0	83,4	187,2	166,0	97,8	1394,4
14 - Tanque	249,4	10,8	256,0	78	62,8	24,6	20,8	115,6	47,0	181,4	156,2	69,4	1272
15 - Saúde	258,8	2,4	235,2	99,8	45	31,0	17,6	137,4	81,4	166,0	207,8	94,6	1377
16 - Jd. Botânico	413,4	3,0	197,2	127,2	79	36,0	68,8	270,2	110,6	217,4	199,8	107,0	1829,6
17 - Itanhangá	482,2	2,2	327,8	127	95	32,2	58,8	238,2	132,0	216,8	168,4	127,0	2007,6
18 - Cid. de Deus	340,0	4,4	337,6	119,4	83,8	14,6	33,4	180,8	86,8	216,4	177,4	101,0	1695,6
19 - Riocentro	471,8	1,0	308,0	132,2	64,6	27,2	33,8	249,6	116,4	171,0	191,6	85,6	1852,8
20 - Guaratiba	251,8	1,4	273,0	89	54,8	27,4	17,2	84,2	50,2	193,2	90,6	ND	ND
21 - Genicó	212,8	4,8	158,0	42,4	46,4	7,0	26,4	112,8	55,2	185,0	264,4	127,4	1242,6
22 - Santa Cruz	328,2	17,0	332,4	39,2	62,2	3,8	14,0	118,4	67,0	174,4	178,2	96,8	1431,6
23 - Cachambi	322,6	4,2	288,6	73,6	50,6	3,8	28,2	99,2	67,8	197,6	166,0	104,4	1406,6
24 - Anchieta	361,4	1,6	184,4	37,6	42,2	4,2	10,6	75,8	42,0	175,8	159,6	84,0	1179,2
25 - Grota Funda	546,6	16,8	319,8	109,4	101	20,6	60,4	234,0	97,2	236,0	207,8	122,6	2072,2
26 - Campo Grande	349,0	8,8	264,4	33,6	53,8	12,2	22,8	112,4	75,2	180,6	204,0	108,6	1425,4
27 - Sepetiba	256,6	13,2	364,6	ND	47,4	10,4	13,2	114,8	61,8	191,4	122,2	66,8	ND
28 - Sumaré	388,4	1,8	278,6	129,6	111	49,0	106,6	434,6	188,8	345,2	487,8	273,8	2795,2
29 - Mendanha	332,8	50,0	307,6	77	70,2	24,6	56,2	186,4	158,0	183,2	311,6	ND	ND
30 - Itauna (Barra)	465,8	0,8	267,4	91	81,2	13,6	31,4	174,6	72,8	154,8	136,8	70,6	1560,8
31 - Laranjeiras	342,2	2,2	235,4	124,8	65,6	34,4	54,2	203,6	117,6	208,2	297,8	102,2	1788,2
32 - Cidade Nova/ São Cristóvão	250,2	2,4	225,6	88,4	48,8	23,4	20,6	97,2	75,2	157,4	195,6	74,8	1259,6

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2003 da Fundação GEO-RIO

ANEXO D - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2004 (mm)

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
01 - Vidigal	129,8	146,2	77,2	171,8	129,4	39,4	249,0	39,2	22,6	59,0	185	105,0	1353,6
02 - Urca	107,8	153,0	63,6	96,6	87,4	27,0	163,0	25,0	14,8	53,0	164,8	119,0	1075
03 - Rocinha	174,8	169,6	78,6	250,8	182,2	46,2	353,6	55,6	60,6	91,4	312,8	132,0	1908,2
04 - Tijuca	257,2	161,6	113,0	139,6	59,4	26,2	238,4	24,0	59,2	58,0	215,2	153,0	1504,8
05 - Santa Tereza	171,0	162,2	97,4	124,2	67,0	24,2	151,6	26,2	41,4	35,8	180,2	132,6	1213,8
06 - Copacabana	91,4	151,4	62,0	191,8	86,0	26,2	203,0	27,4	20,2	53,2	144,6	107,8	1165
07 - Grajaú	147,2	121,8	77,2	151,8	48,0	40,0	133,6	29,0	4,2	51,6	181,6	156,8	1142,8
08 - I. Governador	187,4	192,6	66,0	124,0	58,4	29,8	87,6	17,4	12,4	60,0	146,4	132,2	1114,2
09 - Penha	134,4	108,2	39,6	94,2	49,0	20,0	94,0	10,2	12,2	30,8	120,2	104,8	817,6
10 - Madureira	138,6	100,4	62,6	150,6	40,6	27,8	99,2	13,0	2,4	58,6	131,4	110,8	936
11 - Irajá	153,2	105,6	43,8	127,0	53,0	23,8	107,8	16,8	12,0	69,4	122,8	137,6	972,8
12 - Bangu	187,0	145,2	68,8	125,8	53,4	39,0	92,4	15,6	14,0	70,2	127,8	110,4	1049,6
13 - Piedade	150,4	120,2	52,4	209,2	46,8	36,0	105,0	26,8	8,2	65,4	140,4	122,8	1083,6
14 - Tanque	132,8	147,6	47,0	93,0	46,4	39,4	114,8	16,4	7,2	58,2	168,2	116,0	987
15 - Saúde	120,8	140,6	68,4	87,4	42,0	22,2	153,4	13,2	14,6	64,0	155	132,8	1014,4
16 - Jd. Botânico	151,4	157,8	74,6	183,0	123,8	37,4	281,6	46,6	38,2	70,0	234,2	120,2	1518,8
17 - Itanhangá	131,6	196,0	64,6	159,0	120,8	46,0	298,4	28,0	75,0	87,4	200	150,0	1556,8
18 - Cid. de Deus	172,4	167,0	45,4	105,6	61,6	35,2	127,0	23,4	10,8	67,2	139,4	92,6	1047,6
19 - Riocentro	157,8	185,4	65,0	104,2	89,6	51,8	168,2	19,6	19,8	91,4	175,8	90,0	1218,6
20 - Guaratiba	94,4	180,2	22,4	121,0	116,2	42,2	145,4	6,8	15,0	49,6	103,4	84,0	980,6
21 - Gericinó	188,8	192,0	75,8	190,6	51,2	59,0	102,0	18,8	15,0	104,4	157,8	142,0	1297,4
22 - Santa Cruz	161,8	180,0	101,4	158,6	79,2	62,6	109,8	6,2	23,6	110,4	145,4	132,4	1271,4
23 - Cachambi	169,0	111,0	54,0	111,6	47,0	28,2	89,6	23,4	9,2	61,6	83	127,8	915,4
24 - Anchieta	184,0	128,4	36,0	223,8	57,2	29,0	123,4	14,8	13,2	59,8	169	122,0	1160,6
25 - Grot. Funda	230,8	214,0	29,2	123,4	127,0	65,6	228,0	24,0	41,6	69,8	99,8	114,8	1368
26 - Campo Grande	157,8	ND	63,8	164,6	46,6	47,2	92,4	14,4	8,4	93,2	104,2	106,6	ND
27 - Sepetiba	123,6	202,6	130,6	171,0	91,6	36,2	147,0	8,0	16,6	83,0	174,2	100,4	1284,8
28 - Sumaré	347,2	186,6	95,6	258,6	120,6	44,2	481,2	84,0	148,0	113,8	295,2	184,2	2359,2
29 - Mendanha	237,4	219,8	70,6	245,8	71,8	72,4	142,4	52,4	67,0	153,4	152,8	174,6	1660,4
30 - Itauna (Barra)	118,6	189,8	39,4	89,4	106,0	42,0	152,2	15,2	17,6	71,0	156,6	69,2	1067
31 - Laranjeiras	147,4	165,8	109,0	126,4	98,2	31,6	205,4	42,4	39,2	60,2	221,2	149,2	1396
32 - São Cristóvão	ND	137,0	58,8	67,6	38,8	25,0	112,4	12,0	8,6	45,4	142,2	124,6	ND

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2004 da Fundação GEO-RIO

ANEXO E - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2005 (mm)

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
01 - Vidigal	231,2	70,8	201	254,8	157,6	44,4	159,8	45,4	258,8	204	167,4	173,6	1968,8
02 - Urca	145,8	72,2	159,2	195,2	82,4	38,4	128,2	38,4	186,8	142,6	162,4	173,2	1524,8
03 - Rocinha	287,4	80,8	261	283,2	147,6	43,6	195,6	71,6	442,2	248,4	222,8	252,2	2536,4
04 - Tijuca	193	106,2	193,2	260,0	86	ND	138,6	14,6	238,6	182,8	179,6	286,4	ND
05 - Santa Tereza	170,6	88,6	192	200,8	76,6	57,8	124	22	240,8	160,2	200,4	224	1757,8
06 - Copacabana	179,4	80,8	134,4	237,8	107	43,8	130	28,8	171,2	158,2	134,8	166,4	1572,6
07 - Grajaú	195,8	44	214,2	278,2	85,8	43,8	90,8	4,2	123,4	178,8	145	189,4	1593,4
08 - I. Governador	265,8	88,6	112,8	116,6	51,8	30,0	67,6	5,4	49,6	42	151,6	150,6	1132,4
09 - Penha	165	62,2	121,6	131,0	41,6	21,2	50	5,4	42,0	37,2	129,8	96,4	903,4
10 - Madureira	176	78	181,6	99,2	50,8	22,0	86	6,4	69,8	69	168,2	161	1168
11 - Irajá	248,4	75,6	111,8	55,6	29,4	15,0	37	5,6	48,4	56	94,2	93,6	870,6
12 - Bangu	146,6	108,2	212	109,0	70,6	24,6	63,4	2	89,4	75,6	95,4	154,6	1151,4
13 - Piedade	226,4	90,8	209	170,6	54,8	23,8	82,8	10,2	108,6	116,8	152,2	171,6	1417,6
14 - Tanque	204,6	69,2	184,2	180,2	70,8	36,6	91,6	5,6	101,2	103,2	123,2	169,8	1340,2
15 - Saúde	189,6	162,4	133	122,2	66,4	50,0	61	7	134,0	89,8	147,4	174	1336,8
16 - Jd. Botânico	205,8	75,4	190,4	251,6	108,2	35,0	172,6	55,6	348,6	207,8	187	214,2	2052,2
17 - Itanhangá	237	74,4	252	256,6	134,2	41,6	166	23	368,8	248,2	191,4	228,6	2221,8
18 - Cid. de Deus	154,6	67	204,4	174,8	43,4	48,2	102,8	14,4	104,2	129,8	122,6	167,8	1334
19 - Riocentro	167,4	77,6	238,4	54,6	ND	41,6	172	23	301,4	204,4	149,6	153,4	ND
20 - Guaratiba	138,2	82,8	201,6	108,0	70,6	13,8	105,2	5,6	97,0	142,6	90,4	105,6	1161,4
21 - Gericinó	205,8	84,2	143	99,6	84,8	20,8	86,8	5,6	99,4	54,8	131	178,2	1194
22 - Santa Cruz	163,6	40,2	182	135,8	77,4	32,8	127,8	8,8	112,2	81,6	143,8	202	1308
23 - Cachambi	193,8	76,6	220,6	179,4	58,6	23,0	69,6	3,4	86,0	110,6	170,4	142,8	1334,8
24 - Anchieta	236,8	69,4	215,2	117,6	60,4	29,2	65	9,2	84,0	70	148,8	150,2	1255,8
25 - Grota Funda	192,2	90,8	266,4	151,6	135	32,8	145,8	14,2	297,8	153,2	165,8	204,4	1850
26 - Campo Grande	133,4	89	179,8	184,0	82,8	24,2	74,4	6,4	87,0	47	103,2	141	1152,2
27 - Sepetiba	166,8	61	191,8	139,8	81,6	43,2	117,2	10	89,4	149,8	175,2	156,2	1382
28 - Sumaré	313,4	126	243,8	358,8	130,4	98,8	236	45	610,0	267,8	270,4	376,6	3077
29 - Mendanha	253	97,8	165	112,0	110,6	43,4	131	13,2	212,6	101,4	188,4	287,6	1716
30 - Itauna (Barra)	119,2	76	214,4	133,6	102,4	32,0	105,4	14,6	134,6	102,8	137,2	134,8	1307
31 - Laranjeiras	186,2	92,8	191,8	207,6	99,4	47,8	151,8	34,4	294,6	166,8	182,4	221,4	1877
32 - São Cristóvão	210,4	94,8	154,4	184,8	55,4	41,0	62,2	8,6	79,8	126,4	128,4	134,4	1280,6

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2005 da Fundação GEO-RIO

ANEXO F - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2006 (mm)

ESTAÇÕES/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1 Vidigal	153,6	141	191,8	68	203,6	109	62,4	66,2	183	128,2	129,4	68,8	1513
2 Urca	191	133,4	151,2	70,2	142,8	58	39,2	71,2	101,6	80,8	141	69,8	1250,2
3 Rocinha	197,4	118,6	214,8	105	218,6	145	72,6	88,4	258,8	202,6	186,6	87,8	1886,2
4 Tijuca	225,4	125,6	104,6	255,6	168,8	173,6	37,4	54	171,6	121,8	213	84	1735,4
5 Santa Tereza	197,4	105,8	103,8	137,4	162	127,8	50,2	68,2	166,4	139,4	195,8	68,8	1523
6 Copacabana	135,6	139,8	148,2	67	152,4	60,4	47,2	55	104,8	95,4	114	85,4	1205
7 Grajaú	237	135,6	59,2	100	73,6	58,6	22,2	37	93	97	131,6	119	1163,8
8 J. Governador	295,4	110	38,6	99	50,2	19,6	22,8	34	89,6	96,8	115,6	95,4	1067
9 Penha	257	82,2	44,4	55,4	46,8	11,6	14,4	35,6	76,4	93,2	129,8	80	926,8
10 Madureira	296	189,8	44,2	50,6	65,4	45,6	ND	46,4	60,4	105,8	176,4	85,6	ND
11 Itrajá	202,2	113,2	44,4	30,4	35,6	10	14,4	30,6	57	81,8	111,4	129,4	950,4
12 Banque	259,4	105,2	27,6	50	57,4	27,6	15,4	41	56,2	88,6	214,6	119	1062
13 Piedade	229	154,2	57,4	54,8	81,8	32,4	23,4	57,6	85,8	147	161	111,6	1196
14 Tanque	300	134,2	55	66,6	99,4	92,8	23,6	43,4	62,8	98,8	100	73	1149,2
15 Saúde	242,8	104	63,8	105,4	90,4	64,8	27	25,2	80,4	108,4	177,8	63	1153
16 Jd. Botânico	177,4	134,8	202	94,2	193,4	137,4	71,8	80	219,2	130,4	129	60,4	1630
17 Itanhangá	178,4	83,8	139	56,8	182,4	91,8	47,2	67	245	125,4	195,6	95,6	1510
18 Cid. de Deus	307,2	112	68	77	128,8	135	24,6	49,8	103	92,2	121,2	93,6	1301,4
19 RioCentro	271,6	153,4	119	80,8	158,4	220,2	47,8	54,8	133,2	84,6	156,4	110,4	1584,4
20 Guaratiba	135,6	139,8	79,6	50,2	122,2	60,6	25,2	21,2	75,6	63,6	118,6	94,6	986,8
21 Gericoão	229,2	107,2	109,4	81,2	71	23,4	22	71	68	114,8	162,2	145,2	1204,6
22 Santa Cruz	248	171,6	88,2	94,4	103,4	39,6	36,4	64,6	87	80,8	127,6	138,8	1278,4
23 Cachambi	250,2	127	45,4	56,4	82	26,4	20,2	27,8	84	98,6	151,8	142,8	1112,6
24 Anchieta	281	192,6	91,2	44,6	50,4	43	31,4	56,6	80,2	127,6	175,8	223,6	1398,2
25 Gruta Funda	257	145,8	126,6	121,6	201	88,8	44,8	53,2	108	108	178	106,4	1539,2
26 Campo	184	94,4	82,8	73	85,2	15,4	19,6	53,4	65,6	72,8	152,6	119,6	1033,4
27 Sepetiba	220,8	237,8	93,2	125,8	169,8	58,8	31	41,2	88,4	86	143,8	83,4	1360
28 Sumaré	255	196,8	196,2	317,6	344,8	363,4	104	189,4	428,8	403,8	456	170,2	3426
29 Mendonça	175,6	117,6	95,8	97,8	88	26,6	54,6	67	143,2	127,8	204,6	163,8	1362,4
30 Itauna (Batal)	225,2	123,4	121,6	64,4	126	49,2	34	42,6	101	81	108,2	116,2	1192,8
31 Laranjeiras	213	136,8	147,6	124,8	199,8	102,4	56,2	82,6	166,4	150	195,6	77,2	1652,4
32 São Cristóvão	214,2	73,2	58,2	68,6	73,6	47,6	21,4	17,2	65,4	63,8	147	58,4	908,6

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2006 da Fundação GEO-RIO

ANEXO G - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2007 (mm)

DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS EM 2007 (mm)													
ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1 Vidigal													
2 Liza	92,8	95	5,2	37	116,4	46,8	92,8	19,8	13,8	182,2	156	172,8	1009,2
3 Rocinho	99,8	104,6	6	124,8	224,2	98	183,8	84	17	165,4	340,8	350,4	1788,8
4 I. Uca	127	117,6	14,2	118,2	202	67	106	17,8	39,9	207,6	220,2	250,6	1487,8
5 Santa Teresita	108	84,2	6,4	84,2	195,4	59,6	104,4	26,4	27,8	132,4	212,2	255,6	1348,8
6 Casapalmano	85	97,6	8,6	68,6	108,8	39,6	108,8	9,6	12	148	149,8	195,6	1032
7 Grajaú	87,2	97,6	8,6	84,4	132	41	89,6	4	17,8	193	107,8	184	1007
8 L. Governador	139,2	75,8	11,4	47,6	64,2	35,4	60,2	2,8	12,8	143	125	151,2	868,4
9 Parha	109,6	68,4	10,4	61,2	48,6	41,2	26,2	11	11,4	114,8	86,6	168,6	756
10 Madureira	133,4	96,4	27	81,4	75,2	49,8	52,2	4,8	16,9	171	94,8	145	947
11 Itará	147,6	110,2	48,6	38	51	43,4	33,8	9,6	12	166,6	115,8	193,8	964,4
12 Barão	102,6	139,2	28,8	113	73,2	30,8	41,4	4,8	14,2	139	90,6	237,4	1014,8
13 Mercade	127,4	105,2	19,2	101,2	142,4	43,6	79,2	3,6	13	152	92,2	139	1018
14 Tanque	121,8	95,2	21,4	93,6	81	37,2	55	7,8	17,8	153,4	91,6	136,6	912,4
15 Soledade	101,2	108,8	5,8	48,6	97	42,4	38,8	5,8	10,9	202,4	125,8	178,2	965,2
16 Ld. Bo. Arica	92	105,6	15,4	86	195,2	59,8	140	43	13,2	189,8	234,4	236,6	1391
17 Itanhangá	102	118,2	13,6	93,4	198	83,6	134,2	76,6	16	229,4	325,2	225,8	1617
18 Co. de Deus	94,2	117	11,6	81,6	109	42,2	72,4	8,2	13,8	125	105	138,8	918,8
19 Ribicentro	96,2	115,2	14,4	98,4	148,4	53,6	118,4	27,2	17,6	120,2	151,4	246,2	1207,2
20 Guaratiba	76,6	140,6	19,4	46,2	56,8	37,8	63,2	14,4	13,8	107	121,4	153,2	850,4
21 Gericinó	152,2	152	76,6	87,4	80,8	32,4	62,6	11,4	17,8	194,6	111	235,4	1214,2
22 Santa Cruz	137,8	164,6	22,8	85,2	93,2	52,4	68,2	18	17,6	224,6	112,8	217	1215,2
23 Cocanambi	96	97,4	15,4	66	97,4	36,4	59,6	4,8	17,8	197,6	117	157	962,4
24 Anchieta	143,2	131	30	92	51,4	45,4	36,8	5,4	17,4	172,6	116,2	188,2	1028,6
25 Gróla Fundo	81	133,2	30,4	115,8	119,6	51,4	133,6	23,8	17,6	127,2	242	305,8	1381,4
26 Campo Grande	131,4	162,6	47,4	74,8	76,2	26	61,2	8,8	15,8	184,4	82	187,4	1058
27 Sacatuba	103,6	148,6	31,6	83,6	77,8	56,6	66,2	28,6	18,6	216,8	128,6	211,8	1205,4
28 Sumaré	174	123,8	11,8	110,6	336,8	127,6	243,6	101,6	79,8	308,4	488,4	543,4	2649,8
29 Maracanã	150,8	134,8	16,4	124,8	119,6	46,4	128	44,4	40,8	210,4	170,4	285,6	1472,4
30 Ituna (Barra)	76,4	102,6	12	95,4	146,4	42,4	112	15,8	16,2	97	141,6	202,2	1060
31 Laranjeiras	111,6	95,2	7	54,6	201,2	57,2	130	41,8	21,8	181,6	245,8	270,6	1418,4
32 São Cristóvão	86,6	87	4,6	41,8	79,4	36,8	36,8	3,4	14,2	192	113	163,2	860,8

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2007 da Fundação GEO-RIO

ANEXO H - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2008 (mm)

DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS EM 2008 (mm)													
ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Vidigal	179,6	79,6	226,8	167,8	80,8	82,6	31,2	85,6	171,8	99,2	176,6	109,8	1.491,4
Urca	148,6	92,6	166,4	141,0	69,2	69,0	54,4	47,2	106,8	47,6	164,6	121,6	1.229,0
Rocinha	184,8	93,4	261,0	239,2	93,6	120,2	46,8	128,8	258,0	148,4	216,0	137,0	1.927,2
Tijuca	185,6	124,8	246,6	218,6	73,6	62,0	44,8	145,8	111,8	92,0	204,8	128,4	1.638,8
Santa Tereza	167,8	113,2	245,4	198,2	84,8	57,2	39,2	106,2	117,4	78,2	222,2	116,2	1.546,0
Copacabana	170,8	74,0	195,8	168,0	69,0	72,8	16,0	64,2	117,8	72,6	168,2	107,6	1.296,8
Grajaú	123,0	138,0	174,0	111,4	49,6	33,4	28,6	85,2	72,4	64,6	146,8	138,4	1.165,4
I. Governador	166,8	141,2	263,4	101,6	41,2	57,0	34,6	45,0	73,8	62,0	217,4	126,4	1.330,4
Penha	97,2	152,4	141,8	79,2	39,8	43,4	30,8	26,0	53,8	40,8	109,0	105,8	920,0
Madureira	153,0	187,6	149,4	73,4	37,8	46,4	35,6	49,6	65,4	56,2	102,6	126,6	1.083,6
Irajá	127,4	213,2	153,2	73,8	39,2	36,8	44,6	46,6	48,0	57,2	153,4	132,8	1.126,2
Bangu	139,8	169,4	194,6	107,2	44,2	36,4	9,2	50,0	70,8	57,4	104,4	144,0	1.127,4
Piedade	100,8	147,8	159,0	84,4	39,8	35,6	65,4	39,8	50,6	51,2	111,2	133,2	1.018,8
Tanque	163,2	183,6	160,0	106,4	54,4	46,6	66,6	66,4	68,6	64,8	127,4	156,4	1.264,4
Saúde	115,2	123,0	175,0	108,8	42,0	42,4	36,2	46,2	99,2	61,0	193,2	113,4	1.155,6
Jd. Botânico	166,8	81,8	224,6	203,0	103,4	89,8	37,2	105,0	169,4	103,6	194,8	106,8	1.586,2
Itanhangá	170,4	82,0	248,6	142,0	69,2	111,6	11,4	89,6	156,2	115,2	205,6	123,4	1.525,2
Cid. de Deus	124,4	111,4	157,8	119,8	79,0	44,6	20,8	72,6	60,4	61,6	141,8	117,8	1.112,0
Riocentro	160,2	107,4	196,8	145,4	82,4	68,2	23,6	119,2	104,0	71,4	128,4	115,8	1.322,8
Guaratiba	217,2	143,4	166,6	123,6	67,8	49,2	15,6	82,0	99,4	89,2	136,0	129,6	1.319,6
Gericinó	168,2	183,8	222,0	111,0	50,2	43,0	34,0	69,6	61,8	88,2	113,8	184,6	1.330,2
Santa Cruz	162,8	206,2	215,0	145,6	62,6	54,6	10,6	77,2	65,4	76,0	117,8	140,8	1.334,6
Cachambi	119,4	126,6	167,0	102,0	44,4	35,2	57,6	44,8	65,4	51,6	134,4	145,8	1.094,2
Anchieta	173,0	247,4	145,0	105,8	33,2	43,4	6,4	46,0	44,8	57,0	132,0	133,0	1.167,0
Grota Funda	211,2	118,8	299,2	212,0	84,0	75,6	50,4	130,2	125,0	113,2	152,8	158,8	1.731,2
Campo Grande	162,4	171,8	172,4	74,2	43,0	25,8	15,4	45,2	36,0	47,8	80,6	110,8	985,4
Sepetiba	213,8	209,6	231,8	169,8	56,2	75,4	1,2	82,6	75,6	81,0	123,6	147,8	1.468,4
Sumaré	261,2	149,6	349,2	310,0	145,8	136,6	30,0	187,2	286,2	217,4	293,0	182,0	2.548,2
Mendanha	167,6	232,8	217,6	127,2	76,0	82,4	13,2	90,4	109,8	155,8	175,4	209,0	1.657,2
Itauna (Barra)	144,0	116,8	202,8	113,4	59,2	69,6	29,8	94,6	102,4	71,8	168,8	116,8	1.290,0
Laranjeiras	191,6	109,6	235,2	212,6	80,4	77,8	37,8	94,2	150,2	84,6	198,8	127,6	1.600,4
São Cristóvão	117,8	130,0	176,4	90,6	34,6	41,8	15,6	54,0	99,0	50,6	163,0	129,8	1.103,2

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2008 da Fundação GEO-RIO

ANEXO I - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2009 (mm)

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1 Vidgal	107,8	49,0	76,6	131,0	57,4	102,2	81,8	35,4	80,4	133,0	63,6	359,2	1277,4
2 Urca	140,2	59,8	93,4	100,8	34,6	76,0	109,8	35,0	94,2	161,6	69,0	307,8	1282,2
3 Rocinha	198,0	89,8	115,0	123,6	87,2	102,6	203,2	64,6	229,0	282,0	105,6	388,4	1989
4 Tijuca	272,4	122,2	94,4	237,2	55,2	73,2	109,8	58,2	132,2	225,6	129,2	462,2	1971,8
5 Santa Teresa	206,0	101,6	83,8	149,0	61,0	55,6	112,2	36,4	129,0	193,2	114,0	370,8	1612,6
6 Copacabana	121,8	52,0	80,0	153,2	50,6	84,2	104,6	29,8	110,0	159,6	68,8	374,8	1389,4
7 Grajaú	224,6	134,2	129,8	291,2	44,8	64,6	84,4	44,2	89,2	170,4	120,6	403,6	1801,6
8 I. Governador	253,0	115,8	154,6	112,8	19,8	47,2	55,8	18,6	65,2	201,6	172,2	439,6	1656,2
9 Penha	201,4	136,2	111,4	141,0	29,0	36,0	44,0	17,6	52,2	127,6	105,0	374,4	1375,8
10 Madureira	143,6	150,2	137,8	132,8	50,0	42,2	56,0	27,8	77,4	131,6	149,6	269,6	1368,6
11 Irajá	216,6	201,8	176,4	88,6	60,0	45,4	41,6	23,8	79,2	130,8	150,0	328,4	1542,6
12 Bangu	153,6	178,2	91,8	97,6	51,0	42,8	76,6	26,6	83,4	114,6	66,8	367,0	1350
13 Piedade	188,0	119,0	108,4	208,8	22,2	46,8	62,6	24,8	66,8	132,4	133,0	339,0	1451,8
14 Tanque	168,2	113,6	132,0	97,0	79,6	59,8	73,2	31,4	93,4	102,4	182,8	434,2	1567,6
15 Saúde	221,8	79,6	115,0	81,2	48,6	55,8	62,0	25,8	75,8	162,8	115,6	308,8	1352,8
16 Jd. Botânico	153,4	94,0	89,6	202,2	78,8	91,6	145,8	48,6	174,6	206,4	110,6	397,0	1792,6
17 Itanhangá	210,8	127,4	90,6	181,8	67,8	98,0	144,8	59,2	118,6	163,6	116,4	335,4	1714,4
18 Cidade de Deus	139,8	112,8	104,8	90,2	58,4	80,8	72,4	46,4	95,0	119,6	128,6	365,6	1414,4
19 Rocentro	186,0	86,8	96,4	87,4	92,4	81,6	100,2	52,2	91,8	188,0	79,6	418,4	1560,8
20 Guaratiba	148,0	69,2	111,6	168,0	34,6	69,8	93,8	46,4	64,6	108,4	149,0	319,2	1382,6
21 Gericoó	267,0	111,8	75,2	99,4	41,6	62,8	83,2	44,4	89,2	137,0	121,8	374,4	1507,8
22 Santa Cruz	229,4	119,4	105,0	113,8	48,6	56,2	75,6	43,4	86,2	132,0	114,0	317,4	1441
23 Cachambi	281,8	131,8	137,2	259,2	36,4	54,0	65,2	33,2	78,8	150,0	118,2	364,8	1710,6
24 Anchieta	202,8	188,6	176,2	110,0	81,0	41,6	48,4	21,8	80,2	116,4	159,2	350,0	1576,2
25 Grota Funda	213,2	67,2	129,4	152,2	85,0	78,0	103,2	53,8	115,2	195,6	138,0	380,2	1711
26 Campo Grande	156,0	76,6	42,6	83,2	28,6	47,2	80,0	39,6	79,2	150,8	100,6	356,2	1240,8
27 Sepetiba	299,4	107,8	112,4	202,6	43,6	71,4	86,6	36,2	81,4	140,2	85,4	362,6	1659,6
28 Sumaré	358,4	129,6	116,8	354,8	159,2	149,8	264,2	136,6	361,6	434,6	168,8	553,4	3187,8
29 Mendanha	330,4	212,0	110,8	161,4	71,2	63,0	135,6	75,6	181,4	228,0	124,8	550,0	2244,2
30 Itauna	176,0	74,8	101,4	71,2	53,0	58,8	75,2	40,0	81,6	175,4	59,2	292,8	1259,4
31 Laranjeiras	218,8	109,0	90,0	180,0	71,6	84,0	137,8	49,0	119,6	178,0	110,8	367,8	1716,4
32 São Cristóvão	213,2	75,2	102,6	134,6	90,4	57,4	64,8	23,0	54,6	112,0	89,0	220,6	1237,4

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2009 da Fundação GEO-RIO

ANEXO J - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2010 (mm)

ESTACÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL (mm)
01 - Vidigal	142,6	90,2	352,8	435,6	66,4	81,4	174,2	39,8	48	138,2	78,2	166,8	1766,2
02 - Urca	179,2	47,6	303	312	54,6	45,8	91	29	36,6	167,8	64,6	233	1527,6
03 - Rocinha	159,8	131,2	427,2	571	96,6	145,4	280,4	76	80,8	175,4	111,6	202,2	2376,8
04 - Tijuca	220,2	62,4	338,6	496,2	89,8	71,2	127	32,8	58,2	175,6	108,2	287,6	2009,6
05 - Santa Teresa	159,4	90,6	335	435	56,2	48,4	116,2	41,4	58	152	88,2	266,2	1788,6
06 - Copacabana	150,4	50,2	434,6	401	55,2	69,6	114,4	38,4	44,6	140,4	66,8	194	1715
07 - Grajaú	258,6	73,8	330,4	422,2	87,2	51,2	60,4	19,8	31,8	115,2	61,2	226,8	1706,8
08 - Ilha do Governador	181,2	58,2	366,2	320,8	67,8	32	51	2,4	22,4	108	135,6	326	1649,2
09 - Penha	241,4	70,8	237,2	323,4	54,2	28,2	40,2	4,2	27,2	74,4	41,6	208	1323,6
10 - Madureira	179	68,6	393,8	298,6	53	28,8	62,8	11,2	23,8	87,6	65,6	195,6	1444,6
11 - Irajá	248,2	73	290,2	205,6	40,4	19,4	55,6	5,8	35,4	83,8	72	239,8	1333,8
12 - Bangu	274,8	66,2	294,2	258,6	64,4	37,6	45	4,8	30,4	91,2	49,8	163,6	1350,2
13 - Piedade	247,6	79,2	308,6	295,2	37,2	29	43,6	7,0	24	83,8	45,6	182,2	1359
14 - Jacarepaguá/Tanque	133	70,6	391,8	297	64	43,6	69,4	16,8	37,4	116	64,2	192,6	1459
15 - Saúde	215,2	82,8	333	294,6	52,2	35,2	77,8	25	30,4	100,6	62	255,2	1533,6
16 - Jardim Botânico	186,6	102	403,6	521	75,8	76,8	199,8	44,6	60,8	175,4	85,6	183,8	2055
17 - Barra/Tanhangá	93,2	110,6	459,2	462,6	95,6	102,8	474,6	39,2	64	106,4	109	187,8	2241
18 - Jacarepaguá/Cidade de Deus	106,2	78,2	324,8	328,6	60,6	42,8	60,2	22,4	40,2	146	82,4	210,6	1462,8
19 - Barra/Riocentro	120,6	126,8	388,6	406,2	63,8	68	89,2	47,8	68,2	117	77,6	179,2	1684,8
20 - Guaratiba	91	200,6	287	244	62,6	32	127,8	22,6	49,8	46,6	101,2	155,4	1370,8
21 - Est. Grajaú/Jacarepaguá	-	-	-	-	30,8	56,8	87	41,2	40	159,2	82,4	252,2	-
21 - Gerencio ¹	184,6	91,4	252,6	308	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22 - Santa Cruz	98,6	172,6	251,2	275,2	52,8	39,2	55,6	15,6	55,4	82,2	94,6	165,8	1303,4
23 - Grande Méier	372,8	81,2	345	373,4	54,2	37,4	61,6	6	29,6	97,6	47,4	189,8	1666,4
24 - Anchieta	228,8	57,6	380,8	202,2	48,8	31	92,8	4	40	84,4	60,6	222,6	1413,6
25 - Grota Funda	130,2	155,4	322,2	452,8	77,4	96	144,6	52,4	61	96,8	123,6	144,8	1796,2
26 - Campo Grande	107,4	74,6	275	368,2	64,4	48,2	54,4	42	44,4	93	76,6	112,8	1316,6
27 - Sepetiba	131	182	222,4	302,4	56,2	73,4	64,6	17,6	49	88,4	131,6	179,2	1448,8
28 - Alto da Boa Vista ⁶	-	-	-	99	111	111,8	359,8	66,8	86,2	210,8	166,2	205,8	-
28 - Sumaré ²	199,6	168,4	484,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29 - Av. Brasil/Mendanha ⁷	-	-	-	271	61,6	41,2	47,4	22,8	39	85,8	75,8	178,4	-
29 - Mendanha ³	196,4	142,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 - Itaúna ⁴ / Recreio dos Bandeirantes ⁵	66,8	76,6	368,2	366,8	65,8	89,8	123,4	39,2	63	96,4	87,6	163,8	1544,4
31 - Laranjeiras	178,2	84,4	349,8	403,6	69	51,4	109,6	43,4	54,6	191,2	76,2	264,8	1821,6
32 - São Cristóvão	132,8	32,4	280	343,2	59,6	34,6	69,2	23	27,4	83	58,2	250,8	1366,8
TOTAL/mês (mm)	5615,4	3052,4	10531,6	11095,0	2049,2	1800,0	3630,6	905,0	1461,6	3770,2	2651,8	6587,2	TOTAL/ANO (mm)
Média Mensal da Rede Alerta Rio	175,5	95,4	339,7	346,7	64,0	56,3	113,5	28,3	45,7	117,8	82,9	205,9	46835,8

	Estações remanejadas e repositadas no 1º semestre de 2010
1	Estação desativada em 12/mar/2010
2	Estação desativada em 16/abr/2010
3	Estação desativada em 15/mar/2010
4	Estação desativada em 19/mar/2010
5	Estação ativada em 12/mar/2010
6	Estação ativada em 16/abr/2010
7	Estação ativada em 01/abr/2010
8	Estação ativada em 19/mar/2010

Média Total Anual*	1615,0
---------------------------	---------------

* - Somatório dos totais anuais por estação / nº de estações com todos os registros

Obs: Itaúna foi Desativada em 09/2010, reaberta e renomeada de Recreio dos Bandeirantes também em 06/2010. A base de dados pluviométricos se mantém

Fonte: Sistema Alerta Rio

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2010 da Fundação GEO-RIO

ANEXO K - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2011 (mm)

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL (mm)
01 - Vidigal	119,8	51,4	123,2	105,6	126	44,6	53,6	65,8	14,8	118,2	74,8	186,2	1084
02 - Urca	105,4	47	104,8	85,6	118	29,2	36,2	39,4	43	119,8	73,6	143,4	945,4
03 - Rocinha	124,6	40,4	150,8	148,2	123,4	67	128,6	130,4	53,6	136,6	120	158	1381,6
04 - Tijuca	103,6	87,4	149,6	357,4	171,4	39,8	46,6	36,2	57,2	138,2	33	172,6	1393
05 - Santa Teresa	93,4	34,8	124	184,6	115,8	30,2	37,4	36,8	52	114	78,4	137,8	1039,2
06 - Copacabana	105,6	34	100	80,4	114,6	36,8	33,8	40,2	9,2	123	68,2	203,8	949,6
07 - Grajaú	127,6	40,2	136	297,8	116,6	52	10,2	18	56,4	118,6	94,6	156,8	1224,8
08 - Ilha do Governador	105,6	28,2	92,2	142	87,8	23	7,8	12,8	7,6	108,8	119,2	105,8	840,8
09 - Penha	66	22,2	79,6	114,4	56,2	27,4	6,4	7,4	7,6	76,2	136,6	194,6	794,6
10 - Madureira	74,8	10,6	105,4	136	91,6	32,4	6,6	17,2	14,4	125,8	88,4	201	904,2
11 - Irajá	112,2	25,6	108	109,4	61,6	32,6	9,4	8,6	6,6	98,4	140,4	141,4	854,2
12 - Bangu	161,4	24,2	133,8	115,4	80,2	19,2	8,8	13,2	13,6	88	53	222	932,8
13 - Piedade	73	14,4	112,6	120	70,6	30,8	5,6	8,8	11,2	105,2	80,2	168,6	801
14 - Jacarepaguá/Tanque	96,4	28,4	121,8	158,2	118,2	32,2	11,2	28,6	17,2	96,2	102,8	233	1044,2
15 - Saúde	68	21,4	81,8	177,4	103	25,2	13,4	10,4	32,2	106,8	75	106,6	821,2
16 - Jardim Botânico	120,4	53	127,8	142,8	124,4	34,4	96,4	97,2	34,6	121	98,2	193,8	1244
17 - Barra/Tanhangá	117,2	25,8	139,6	134,8	163,6	39	51	69,8	67,6	129	98,2	224,4	1260
18 - Jacarepaguá/Cidade de Deus	95	37,4	114,4	136,6	99,4	23,4	23,2	31,8	12	90,4	74,4	208,8	946,8
19 - Barra/Riocentro	73,4	42,4	131,6	145,2	155,2	29,6	47,8	53,8	17,4	114,6	75,4	233	1119,4
20 - Guaratiba	111,4	28,6	170,4	91	95	30,8	14,8	27,4	32,6	133,2	82	151,8	969
21 - Est. Grajaú/Jacarepaguá	123,4	22,4	172,8	148,4	147,2	38,8	28,4	36,8	32,4	153,2	115,6	242,8	1262,2
22 - Santa Cruz	53	29,4	89,4	200,4	107,6	34,4	15	23,6	13,8	122,8	97	182,8	969,2
23 - Grande Méier	81,8	31,6	99,2	134,2	91,6	43,8	9,8	14,4	16,8	121,6	97	190	931,8
24 - Anchieta	112,8	34,4	140,4	192,8	85,2	30	11,8	5,2	7,2	96,6	105,8	165,2	987,4
25 - Grota Funda	68,2	19,8	169,6	106,8	140	31,8	60,6	55	48,6	152,8	77,8	198	1129
26 - Campo Grande	64	23,2	190,8	114	111,6	22,4	14,6	18	20,4	103,4	64	187	933,4
27 - Sepetiba	71,6	32,2	162,6	224,6	82,6	12	2,4	3,2	2,2	89,8	106,2	151,8	941,2
28 - Alto da Boa Vista	132,2	39,8	198,2	284,6	219	89,8	133,8	132,4	110	173,2	142,2	240,2	1895,4
29 - Av. Brasil/Mendanha	141,6	71	178,6	166,2	97	21,8	17	17,2	17,8	119	70	176,8	1094
30 - Recreio dos Bandeirantes	82,8	45,2	123,6	154,6	113,6	34	49,4	51,6	32	160,4	88,2	204	1139,4
31 - Laranjeiras	94,8	26,8	115,8	143,2	125,6	36,2	54,8	39	67	124,6	87	145,6	1060,4
32 - São Cristóvão	77,4	47,6	63	232,2	115,8	38	7,2	14,4	23,4	100,8	79,4	135	934,2
33 - Tijuca/Muda	-	60,4	130,2	399,6	148,2	55,4	42,2	39	75,6	138,6	92	190	-
TOTAL/mês (mm)	3158,4	1120,8	4111,4	5084,8	3629,4	1112,6	1053,6	1164,6	952,4	3780,2	2896,6	5762,6	TOTAL/ANO
Média Mensal da Rede Alerta Rio	98,7	34,0	124,6	154,1	110,0	33,7	31,9	35,3	28,9	114,6	87,8	174,6	(mm)
													33827,4
													Média Total Anual¹
													1057,1

* - Somatório dos totais anuais por estação / n° de estações com todos os registros

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2011 da Fundação GEO-RIO

ANEXO L - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2012 (mm)

Registros Pluviométricos (mm) do Sistema Alerta Rio para o ano de 2012													TOTAL ANUAL	MÉDIA ANUAL
Estações Telepluviométricas	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
Alto da Boa Vista	197,2	17,6	254,0	181,8	235,2	299,6	121,4	29,0	214,0	118,2	189,2	39,8	1.897,0	158,1
Anchieta	243,6	31,2	120,0	74,6	76,8	75,6	23,6	19,0	92,0	43,6	83,8	88,4	972,2	81,0
Av. Brasil/Mendanha	233,6	49,8	99,2	114,0	80,6	113,2	43,4	22,0	100,0	53,2	82,8	100,8	1.092,6	91,1
Bangu	179,4	56,0	84,0	80,0	71,2	78,4	28,8	8,8	93,0	66,8	60,4	130,4	937,2	78,1
Barra/Itanhanga	146,8	6,4	135,4	150,2	168,0	237,2	65,6	11,6	94,8	68,0	131,8	14,4	1.230,2	102,5
Barra/Riocentro	142,0	14,2	125,2	107,2	88,2	118,2	51,8	19,2	98,0	46,8	78,2	22,0	911,0	75,9
Campo Grande	203,4	74,0	130,2	85,4	56,6	112,2	45,0	17,4	90,6	45,8	62,6	43,0	966,2	80,5
Copacabana	162,8	3,0	32,4	131,0	114,4	189,0	59,4	16,2	99,4	54,0	95,8	22,4	979,8	81,7
Estrada Grajaú/Jacarepaguá	182,2	19,6	114,0	120,0	99,6	109,6	55,2	23,2	130,8	63,0	99,0	34,2	1.050,4	87,5
Grajaú	176,8	19,0	87,2	96,4	78,2	87,6	38,8	13,8	125,4	60,8	80,2	30,0	894,2	74,5
Grande Méier	194,4	19,4	117,6	28,8	60,6	78,4	27,0	11,4	130,8	55,0	78,4	95,6	897,4	74,8
Grota Funda	211,4	45,4	125,8	104,6	118,0	211,0	59,0	16,6	106,8	80,6	112,8	38,0	1.230,0	102,5
Guaratiba	144,8	66,0	65,0	69,2	90,6	140,2	45,8	10,8	80,0	78,6	71,0	12,4	874,4	72,9
Ilha do Governador	199,0	76,2	96,2	68,0	91,0	64,4	26,4	13,0	90,8	33,8	88,8	34,8	882,4	73,5
Irajá	233,2	45,2	70,4	68,0	61,6	60,0	20,2	8,2	84,8	35,2	81,0	93,4	861,2	71,8
Jacarepaguá/Cidade de Deus	137,8	14,4	156,2	90,0	71,8	116,4	47,8	19,6	86,8	49,6	69,8	46,6	906,8	75,6
Jacarepaguá/Tanque	159,8	16,0	161,0	84,0	70,2	95,0	33,4	10,0	102,0	52,6	87,6	52,6	924,2	77,0
Jardim Botânico	128,4	6,2	72,0	127,4	164,2	208,0	76,4	12,4	118,2	106,2	110,2	36,2	1.165,8	97,2
Laranjeiras	162,4	7,0	89,8	89,8	120,8	109,0	40,8	18,4	138,4	75,8	91,6	23,8	967,6	80,6
Madureira	191,6	28,4	85,6	69,0	70,2	74,8	26,8	10,6	103,8	50,2	63,6	47,6	822,2	68,5
Penha	155,4	62,6	99,6	46,8	75,8	41,0	5,4	9,2	63,0	30,4	62,4	78,8	730,4	60,9
Piedade	148,6	16,2	114,2	71,8	72,4	68,6	26,8	12,4	106,8	42,4	65,0	44,4	789,6	65,8
Recreio dos Bandeirantes	155,4	48,6	80,6	119,4	148,8	156,0	54,6	16,8	88,4	44,4	94,2	28,4	1.035,6	86,3
Rocinha	150,0	11,4	81,4	158,6	204,2	354,4	101,0	14,4	124,4	102,8	147,8	34,4	1.484,8	123,7
Santa Cruz	198,4	64,0	125,6	128,0	63,0	107,8	36,2	22,4	108,0	69,0	77,6	51,0	1.051,0	87,6
Santa Teresa	171,0	14,4	87,8	72,0	91,8	115,2	37,4	11,8	110,2	76,0	104,2	23,6	915,4	76,3
Saúde	202,0	24,8	82,2	68,8	78,8	65,2	17,6	11,0	72,4	49,0	83,6	31,2	786,6	65,6
Sepetiba	209,4	51,6	80,2	82,8	77,8	61,0	17,8	14,6	85,4	59,0	85,0	38,8	863,4	72,0
São Cristóvão	206,6	61,6	53,0	65,4	45,2	106,2	30,6	16,0	43,4	46,0	45,2	12,2	731,4	60,9
Tijuca	180,0	14,4	91,0	100,8	99,6	147,8	46,6	20,6	124,6	74,4	119,8	28,2	1.047,8	87,3
Tijuca/Muda	203,4	14,8	114,6	106,8	91,0	129,8	49,6	18,4	142,6	69,6	95,8	24,0	1.060,4	88,4
Urca	151,8	8,4	59,0	94,0	98,0	105,6	41,0	18,2	110,4	75,2	78,0	24,6	864,2	72,0
Vidigal	123,0	10,0	53,0	139,4	136,4	197,6	78,6	16,0	104,8	102,4	92,4	29,2	1.082,8	90,2
Médias Pluviométricas da Rede Alerta Rio	178,4	30,8	101,3	96,8	99,1	128,3	44,8	15,5	105,0	63,0	90,0	44,1	997,2	83,1

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2012 da Fundação GEO-RIO

ANEXO M - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2013 (mm)

Registros Pluviométricos (mm) do Sistema Alerta Rio para o ano de 2013													TOTAL ANUAL	MEDIA ANUAL
Estações Telepluviométricas	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
Alto da Boa Vista	578,4	95,8	447,2	147,0	307,0	83,8	358,6	111,2	213,8	163,0	256,8	306,8	3069,4	255,8
Anchieta	380,8	116,8	187,2	76,8	49,2	23,4	76,2	4,6	54,2	71,6	196,6	380,8	1618,2	134,9
Av. Brasil/Mendanha	499,0	109,4	192,0	111,2	33,6	27,4	128,6	4,4	60,6	108,0	198,6	175,8	1648,6	137,4
Bangu	444,0	71,8	190,2	61,2	46,4	16,6	67,6	7,8	42,2	59,8	137,6	166,2	1311,4	109,3
Barra/Barrinha*	-	105,2	195,8	116,0	137,8	66,6	116,6	18,8	91,0	99,6	158,2	169,8	1275,4	115,9
Barra/Riocentro	276,8	91,6	208,4	101,8	135,8	75,0	121,8	27,6	79,6	69,6	128,2	191,8	1508,0	125,7
Campo Grande	507,8	125,4	203,0	157,8	79,0	55,0	108,2	10,0	56,6	75,0	155,6	114,2	1647,6	137,3
Copacabana	192,2	47,6	125,6	50,6	119,0	42,6	90,4	17,0	72,4	93,0	124,6	144,2	1119,2	93,3
Estrada Grajaú/Jacarepaguá	404,6	79,0	267,0	118,6	83,2	50,4	123,2	15,0	89,2	68,6	133,2	211,4	1643,4	137,0
Grajaú	383,4	100,4	283,6	74,0	95,0	31,6	85,6	24,6	66,0	78,4	122,2	260,8	1605,6	133,8
Grande Méier	456,4	122,6	259,8	65,4	58,4	24,0	69,8	11,4	55,6	64,6	135,4	267,6	1591,0	132,6
Grota Funda	362,0	165,6	187,4	145,2	162,2	75,2	141,2	26,8	88,2	58,8	138,2	124,6	1675,4	139,6
Guaratiba	213,4	116,6	132,0	89,8	50,0	48,4	71,6	6,6	54,8	47,0	116,2	56,4	1002,8	83,6
Ilha do Governador	267,2	78,8	249,0	61,6	31,8	25,2	64,2	5,2	59,6	61,6	145,8	188,0	1238,0	103,2
Irajá	376,8	108,2	191,6	75,8	51,2	32,8	75,0	2,2	71,8	63,6	163,4	340,6	1553,0	129,4
Jacarepaguá/Cidade de Deus	262,2	67,4	184,6	75,6	99,4	91,2	86,8	7,4	71,4	54,2	87,8	221,8	1309,8	109,2
Jacarepaguá/Tanque	380,4	83,4	179,4	108,4	61,4	62,4	101,4	4,2	67,6	51,8	131,0	316,0	1547,4	129,0
Jardim Botânico	301,4	63,2	221,8	90,8	184,8	67,2	122,8	36,8	74,2	87,2	152,6	173,4	1576,2	131,4
Laranjeiras	243,6	76,6	196,8	61,2	143,4	36,8	109,6	21,8	66,0	92,8	129,0	191,6	1369,2	114,1
Madureira	369,4	87,0	181,2	89,6	46,6	42,6	80,0	1,6	64,4	56,6	133,4	356,2	1508,6	125,7
Penha	294,0	85,4	185,6	72,4	30,8	20,8	68,6	4,4	64,4	61,8	140,8	266,4	1295,4	108,0
Piedade	347,2	85,8	231,0	74,2	34,8	23,0	61,2	1,8	54,2	48,4	120,0	305,2	1386,8	115,6
Recreio dos Bandeirantes	344,8	109,6	205,8	87,0	120,4	67,8	107,2	17,8	82,8	61,8	129,4	142,0	1476,4	123,0
Rocinha	402,0	70,6	251,0	105,2	230,0	132,8	214,6	74,4	130,8	100,8	190,4	198,6	2101,2	175,1
Santa Cruz	481,4	186,4	281,4	142,4	93,4	46,8	134,0	2,0	55,6	71,0	152,6	107,2	1754,2	146,2
Santa Teresa	304,2	83,4	210,6	73,2	149,0	37,0	133,0	18,8	62,6	78,0	133,0	210,2	1493,0	124,4
Saúde	285,8	79,8	184,2	82,0	70,0	26,6	103,2	9,8	65,0	64,0	121,4	199,0	1290,8	107,6
Sepetiba	227,2	93,4	122,4	68,4	86,8	46,8	103,8	4,8	44,6	50,6	151,4	74,8	1075,0	89,6
São Cristóvão	292,0	78,6	214,8	93,6	61,2	20,4	88,2	9,4	44,2	31,8	90,4	143,0	1167,6	97,3
Tijuca	353,8	83,4	358,0	85,0	169,2	42,6	171,8	22,2	75,0	88,8	138,4	221,0	1809,2	150,8
Tijuca/Muda	390,0	101,2	398,0	68,6	173,0	39,4	139,2	39,8	69,0	89,0	133,2	288,0	1928,4	160,7
Urca	256,4	60,4	155,6	40,4	132,0	45,6	83,2	16,0	66,6	77,0	114,0	144,6	1191,8	99,3
Vidigal	298,0	57,0	182,4	96,8	135,8	85,2	118,2	34,2	94,2	72,8	159,6	164,6	1498,8	124,9
Médias Pluviométricas da Rede Alerta Rio	349,3	93,6	220,1	89,9	104,9	48,9	112,9	18,8	73,0	73,4	143,0	206,7	1534,4	127,9

* Ativada em janeiro de 2013

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2013 da Fundação GEO-RIO

ANEXO N - DADOS PLUVIOMÉTRICOS MENSAIS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO ANO DE 2014 (mm)

Estações Telepluviométricas	Registros Pluviométricos (mm) do Sistema Alerta Rio para o ano de 2014												TOTAL ANUAL	MÉDIA ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
Alto da Boa Vista	88,0	88,0	93,4	309,8	135,0	157,8	226,2	164,4	61,2	52,8	108,8	132,2	1617,6	134,8
Anchieta	42,8	26,2	139,2	69,2	47,6	53,4	72,2	11,4	30,4	30,6	77,2	57,2	657,4	54,8
Av. Brasil/Mendanha	53,4	40,0	155,0	114,8	39,6	55,6	58,0	35,8	30,2	28,2	86,2	97,6	794,4	66,2
Bangu	38,0	46,4	197,4	83,0	35,0	57,2	58,8	29,2	43,0	23,4	50,4	85,6	747,4	62,3
Barra/Barrinha	75,0	30,8	80,8	144,8	112,2	51,6	172,0	54,8	28,2	21,0	67,6	79,2	918,0	76,5
Barra/Riocentro	79,6	79,4	75,0	135,6	85,6	107,0	151,0	48,2	29,0	21,8	63,0	91,0	966,2	80,5
Campo Grande	75,4	64,2	111,0	85,4	30,6	50,8	56,4	48,2	37,2	13,0	47,6	74,0	693,8	57,8
Copacabana	42,4	19,8	64,0	119,8	62,2	52,8	176,6	37,4	20,4	24,0	38,6	31,8	689,8	57,5
Estrada Grajaú/Jacarepaguá	115,0	64,6	104,6	157,2	65,4	87,6	111,0	68,0	41,4	18,4	58,0	134,4	1025,6	85,5
Grajaú	114,6	63,2	107,0	132,2	21,8	69,2	69,0	33,8	31,6	31,0	54,2	61,4	789,0	65,8
Grande Méier	81,4	41,6	108,2	108,8	34,8	52,0	50,8	22,0	20,0	27,0	71,4	80,8	698,8	58,2
Grota Funda	58,8	31,8	95,6	164,0	95,6	108,2	116,8	58,0	53,6	40,6	46,4	47,0	916,4	76,4
Guaratiba	88,8	16,2	120,4	72,0	53,2	42,4	104,0	24,6	39,6	24,8	43,0	49,2	678,2	56,5
Ilha do Governador	38,6	14,8	101,4	91,8	25,6	36,4	60,4	10,6	18,8	23,2	42,8	66,4	530,8	44,2
Irajá	95,8	30,0	143,0	71,6	30,0	44,2	60,8	11,0	25,6	25,2	56,0	141,8	735,0	61,3
Jacarepaguá/Cidade de Deus	60,2	64,8	102,0	112,6	69,0	86,4	96,4	45,2	23,2	14,2	40,0	53,2	767,2	63,9
Jacarepaguá/Tanque	76,6	50,0	98,6	136,8	20,6	69,4	51,8	43,4	46,4	18,4	33,8	77,8	723,6	60,3
Jardim Botânico	54,6	37,8	81,4	148,0	83,6	68,2	197,0	86,6	28,4	25,0	42,4	34,8	887,8	74,0
Laranjeiras	33,4	13,4	87,8	139,0	48,6	85,6	115,4	62,4	20,6	20,4	68,6	27,6	722,8	60,2
Madureira	95,4	53,2	113,0	90,6	42,6	37,8	57,0	24,0	29,2	24,6	50,8	87,2	705,4	58,8
Penha	57,6	35,4	132,2	140,0	32,6	39,6	63,0	6,4	20,0	25,2	45,4	70,6	668,0	55,7
Piedade	106,0	41,4	123,8	57,6	36,2	50,0	49,2	22,0	20,6	13,6	36,2	91,4	648,0	54,0
Recreio dos Bandeirantes	49,4	51,8	71,4	121,2	77,4	77,4	132,8	52,2	38,6	17,2	53,6	37,6	780,6	65,1
Rocinha	92,0	37,2	88,2	206,8	157,2	78,0	323,4	110,4	34,6	37,0	81,4	76,8	1323,0	110,3
Santa Cruz	80,4	40,4	224,0	68,6	48,6	55,4	80,0	55,4	52,4	14,2	61,4	99,8	880,6	73,4
Santa Teresa	25,6	16,2	96,0	152,4	44,0	98,2	99,2	52,0	21,4	27,0	70,0	32,4	734,4	61,2
Saúde	38,2	11,6	85,2	94,0	20,6	50,8	62,2	19,8	29,0	31,0	52,4	45,8	540,6	45,1
Sepetiba	53,2	62,8	121,2	54,6	40,6	60,6	67,4	28,6	24,8	14,2	56,8	51,4	636,2	53,0
São Cristóvão	39,0	25,4	83,0	95,0	21,6	55,2	63,6	12,2	25,4	17,6	39,8	37,4	515,2	42,9
Tijuca	28,8	30,4	98,6	177,0	45,8	106,0	100,6	48,4	47,4	54,2	82,2	40,4	859,8	71,7
Tijuca/Muda	51,2	34,0	114,6	167,2	27,6	83,0	87,2	39,0	40,4	51,0	77,4	44,6	817,2	68,1
Urca	35,2	17,2	74,6	83,8	59,6	58,8	175,8	49,2	21,2	14,0	41,8	30,0	661,2	55,1
Vidigal	82,6	28,0	69,2	156,6	99,0	57,8	188,2	70,4	26,6	19,0	43,0	58,6	899,0	74,9
Médias Pluviométricas da Rede Alerta Rio	65,1	39,6	107,9	123,1	56,0	68,0	107,7	45,0	32,1	25,5	57,2	67,5	794,8	66,2

Fonte: Relatório Anual de Chuvas 2014 da Fundação GEO-RIO