



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Carlos Eduardo da Silva Ramos

Matheus Paulo Moraes


**Estudo do aproveitamento de águas pluviais para o Campus UERJ -
Maracanã**

Rio de Janeiro

2014

Carlos Eduardo da Silva Ramos
Matheus Paulo Moraes

Estudo do aproveitamento de águas pluviais para o Campus UERJ - Maracanã



Projeto de graduação de curso apresentado ao corpo docente do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente (DESMA) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Civil. Ênfase em Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr.

Rio de Janeiro
2014

Carlos Eduardo da Silva Ramos
Matheus Paulo Moraes

Estudo do aproveitamento de águas pluviais para o Campus UERJ – Maracanã

Projeto de graduação de curso apresentado ao corpo docente do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente (DESMA) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Civil. Ênfase em Sanitária.

Aprovado em 22 de agosto de 2014.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr. (orientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Adacto Benedicto Ottoni
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dra. Luciene Pimentel da Silva
Faculdade de Engenharia – UERJ

Rio de Janeiro
2014

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho as nossas famílias, base de tudo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a vida e ter me possibilitado chegar até aqui.

Aos meus pais, Carlos (*in memoriam*) e Terezinha, pelo amor, pela paciência e pelo suporte financeiro ao longo dessa caminhada.

Ao meu orientador, prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr, por ter acreditado na minha capacidade e aceitado ser meu orientador mesmo diante do prazo apertado para a defesa.

Ao Tribunal Regional Federal da 2ª Região, na pessoa dos meus supervisores Ernst e Helande, pela oportunidade de estágio e pela paciência e compreensão todas as vezes que precisei chegar atrasado ou me ausentar do meu trabalho.

Ao meu companheiro de projeto, Matheus, pelo empenho em fazer com que este projeto se tornasse realidade.

Aos meus amigos da sanitária, que estiveram ao meu lado nos dois últimos períodos de faculdade: Allexser Bernacchi, Beatriz D'Elia, Jessica Santos, Jessica Luzardo, Katarine Bay, Marina Berger, Marlon Alvarez, Monique Motta, Rayane Huguenin, Ricardo "Flash" Magalhães e Samira Herculano.

Aos amigos que construí ao longo dessa caminhada que se iniciou em 2006.1 e que espero levar para o resto da vida, especialmente aos seguintes: André Cruz, Carolina Micaéles, Caroline Alves, Cora Costa, Daiana Amaro, Daiana Borges, Débora Fernandes, Elisângela Almeida, Eloah Pimentel, Felipe Sá, Flávia Santos, Glauco Bressan, Juliana Ferraz, Keylla Letícia, Leonardo Silva, Lucas Amaya, Luís Guilherme Aragão, Nicolau Rocha, Rafael "Rosinha" Amorim, Roberto Assimos e Vitor Mello.

Ao prof. Jorge Valério e aos funcionários da Prefeitura dos *Campi*, Denise Freire e Cláudia Nascimento, pela ajuda na obtenção das faturas da CEDAE e das plantas do campus.

Enfim, a todos que foram citados aqui e aos tantos outros que não couberam neste pequeno espaço eu deixo o meu muito obrigado.

Carlos Eduardo da Silva Ramos

Aos meus pais, Alberto e Marilza, pelo amor, pela paciência e pelo suporte financeiro no decorrer dos anos.

Ao meu orientador, prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr, por ter acreditado na minha capacidade e aceitado ser meu orientador mesmo diante do prazo apertado para a defesa.

Ao meu companheiro de projeto, Carlos Eduardo, pela dedicação e empenho em tornar realidade este projeto.

Aos meus amigos e colegas, do departamento de sanitária e do curso de engenharia civil em geral, que estiveram ao meu lado e me ajudaram em diversos momentos ao longo de minha graduação.

Ao prof. Jorge Valério e aos funcionários da Prefeitura dos Campi, Denise Freire e Cláudia Nascimento, pela ajuda na obtenção das faturas da CEDAE e das plantas do campus.

A Deus, por ter me dado forças ao longo desta caminhada.

Matheus Paulo Moraes

Minha determinação, minha dedicação e o desejo que tenho de ser o número 1, essa é a minha força.

Ayrton Senna

Mil cairão ao teu lado, e dez mil a tua direita, mas tu não serás atingido.

Salmos: 91:7

RESUMO

RAMOS, C. E. S, MORAES, M. P. Estudo do aproveitamento de águas pluviais para o Campus UERJ - Maracanã. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

A água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida. Cerca de $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra é ocupada por água, entretanto, apenas 3% deste total são de água doce, dos quais apenas 20% encontram-se disponíveis para o uso humano. Além disto, a distribuição desigual da água pelas diferentes regiões do planeta faz que haja escassez deste recurso em diversos países.

O aumento populacional e o uso indiscriminado dos recursos hídricos colocam em perigo as reservas disponíveis de água doce do planeta, ocorre então a necessidade de uma maior conscientização ambiental no uso da água para este recurso não se torne escasso no futuro.

Uma saída para aliviar o uso das nossas reservas de água potável é a captação e o aproveitamento da água da chuva. Seu uso para atividades não potáveis além de diminuir a utilização dos recursos hídricos para este fim, também ajuda a combater inundações nas grandes cidades que, em sua maioria, possuem grande superfície impermeabilizada.

Neste trabalho é apresentado um estudo de caso para a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva no Campus Francisco Negrão de Lima, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Na execução do estudo, fez-se uma revisão bibliográfica sobre a disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro, o uso de águas pluviais: no Brasil e no mundo, em escolas e universidades e a normatização para a captação e o aproveitamento das águas pluviais. Foram analisadas as áreas de cobertura disponíveis como locais de captação de água de chuva, assim como os dados da população habitante do campus e o consumo médio diário per capita. Para validação dos dados de consumo de água foram utilizadas faturas da CEDAE, cujo resultado é satisfatório.

Os resultados apresentam uma variação do volume do reservatório, com 550m³ obtido pelo Método da Simulação e 73m³ pelo Método de Ripple. Para o Método da Simulação é possível obter 100% de economia de água em substituição à água potável para regas de áreas de jardim.

Assim, com o presente estudo constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na UERJ mostrou-se tecnicamente viável, pois há precipitação suficiente para atender às necessidades determinadas.

Palavras-chaves: Aproveitamento de água de chuva, Recursos hídricos, Consumo sustentável.

ABSTRACT

RAMOS, E. C. S., MORAES, M. P. Study of rainwater harvesting for Campus UERJ - Maracanã. Graduation Project (Undergraduate Civil Engineering), Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, 2014.

Water is essential to life and an indispensable natural resource. About $\frac{3}{4}$ of the earth's surface is occupied by water; however, only 3% of this is fresh water, which only 20% is available for human use. Moreover, because of the uneven distribution of water throughout the various regions of the planet, the shortage of this resource exists in many countries.

The increase of population and the indiscriminate use of water resources endanger the available reserves of fresh water on the planet. Therefore, the necessity of an awareness of water is required because this resource can not become scarce in the future.

An exit to relieve the use of our potable water supplies is the capture and use of rainwater. Its use for non-potable activities not only reduces the use of water resources for this purpose, but also helps to fight riverbanks and floods in major cities, which most of them have impermeable surface.

In this academic work, a study is presented in order to observe the availability of implementing a system to capture and use rainwater in the Francisco Negrão de Lima Campus, which is located at Rio de Janeiro State University.

In carrying out the study, it has made a literature review over the availability of water resources in Brazil and in the State of Rio de Janeiro; the use of rainwater: in Brazil and around the world, in schools and universities, and the normalization to capture and utilize the rainwater. Not only areas were analyzed available as local catchment of rainwater, but also from the local campus population and the average daily consumption per capita. To validate the data of consumption of water were used CEDAE invoices, which the results are satisfactory.

The results show a variation of the volume of the reservoir, with 550m³ obtained by the Simulation Method and 73m³ by the Ripple Method. For the

Simulation method, it is possible to obtain 100% water savings in replacement of potable water for irrigation of garden areas.

Thus, because of there is enough to attend certain requirements precipitation, the present study has found that the implementation of a system for harnessing rainwater at UERJ was proved technically feasible.

Keywords: Rainwater Use, Water resources, Sustainable consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição das regiões climáticas pelo território	24
Figura 2: Precipitação acumulada mensal e anual pelo território	24
Figura 3: Regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro	25
Figura 4: Distribuição anual de chuvas no Rio de Janeiro	26
Figura 5: Usos múltiplos da água	27
Figura 6: Chultuns, cisternas em encostas	33
Figura 7: Hidrograma área urbanizada vs. não urbanizada	37
Figura 8: Mapa dos reservatórios da Grande Tijuca	38
Figura 9: Instalação de tela para impedir acúmulo de folhas na calha	54
Figura 10: Esquema de funcionamento do filtro	55
Figura 11: Esquema do sistema de filtragem da água	55
Figura 12: Exemplo 1 de dispositivo de descarte da primeira chuva	56
Figura 13: Exemplo 2 de dispositivo de descarte da primeira chuva	56
Figura 14: Cisternas em polietileno para armazenamento de água de chuva	58
Figura 15: Cisterna em placa de cimento pré-moldado	58
Figura 16: Localização do Rio de Janeiro na Região Sudeste	59
Figura 17: Localização do bairro Maracanã no Rio de Janeiro	60
Figura 18: Bacia do Canal do Mangue antes do processo de urbanização	61
Figura 19: Bacia do Canal do Mangue nos dias atuais	61
Figura 20: Localização da UERJ na região da Grande Tijuca	62
Figura 21: Localização da estação pluviométrica Tijuca	64
Figura 22: Cobertura do Reitor Haroldo Lisboa da Cunha destacada	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição de água doce no Brasil	21
Gráfico 2: Medidas convencionais para conservação de água	28
Gráfico 3: Retirada total de água em m ³ /s por bacias hidrográficas brasileiras	43
Gráfico 4: Precipitações médias mensais de 2005 a 2013 na estação Tijuca	67
Gráfico 5: Precipitações médias anuais na estação Tijuca	67
Gráfico 6: Variação do volume do reservatório no tempo - reservatório de 400m ³ ...	79
Gráfico 7: Variação do volume do reservatório no tempo - reservatório de 450m ³ ...	79
Gráfico 8: Variação do volume do reservatório no tempo - reservatório de 500m ³ ...	80
Gráfico 9: Variação do volume do reservatório no tempo – reservatório de 550m ³ ..	80
Gráfico 10: Variação do volume do reservatório no tempo – reservatório de 600m ³	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição da população pelo território brasileiro	22
Tabela 2: Qualidade da água de acordo com local de coleta	30
Tabela 3: Exigências mínimas para atividades realizadas com água não potável ...	31
Tabela 4: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis	32
Tabela 5: Parâmetros para estimativas da demanda residencial de água	44
Tabela 6: Parâmetros para estimativas da demanda residencial	44
Tabela 7: Vazões dos aparelhos existentes.....	45
Tabela 8: Coeficiente de <i>runoff</i> para alguns tipos de coberturas	53
Tabela 9: Precipitações médias mensais e média anual 2005-2013	66
Tabela 10: Quantidade mensal de água captada	68
Tabela 11: População campus Francisco Negrão de Lima.....	69
Tabela 12: Consumo de água do campus Francisco Negrão de Lima	70
Tabela 13: Consumo diário total por aparelho e usuários.....	71
Tabela 14: Consumo mensal total por aparelho e usuários	71
Tabela 15: Percentual de água potável substituída por água de chuva para uso em irrigação.....	72
Tabela 16: Dimensionamento do reservatório pelo método de Ripple	73
Tabela 17: Dimensionamento do reservatório pelo método prático australiano	77
Tabela 18: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação.....	82
Tabela 19: Volume encontrado nos reservatório para cada método utilizado	83

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
Justificativa e problemática.....	18
Objetivo geral	19
Objetivos específicos	20
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
1.1. Disponibilidade de recursos hídricos	21
1.1.1. Recursos hídricos no Brasil	21
1.1.2. Recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro	25
1.1.3. Conservação de água no meio urbano	26
1.2. Aproveitamento de águas pluviais	29
1.2.1. Qualidade da água pluvial	29
1.2.2. Aproveitamento de água pluvial no mundo	33
1.2.3. Aproveitamento de água pluvial no Brasil	35
1.2.4. Retenção de águas pluviais para controle de inundações	36
1.2.5. Normatização para captação de águas pluviais	39
1.3. Aproveitamento de águas pluviais em escolas e universidades	41
1.3.1. Casos de utilização de água de chuva em escolas e universidades	41
1.3.2. Estudo das vazões de consumo em escolas e universidades	42
1.4. Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais	45
1.4.1. Cálculo do volume de chuva aproveitável	45
1.4.2. Parâmetros para dimensionamento do reservatório	46
1.4.3. Componentes básicos do sistema.....	52
2. METODOLOGIA.....	59
2.1. Localização e caracterização da área de estudo	59
2.1.1. Localização da área de estudo.....	59

2.1.2. Caracterização da área de estudo	61
2.2. Cálculo da área de coleta de água pluvial	63
2.3. Levantamento dos dados pluviométricos	63
2.4. Determinação da vazão de consumo de água	64
2.5. Dimensionamento do reservatório de água pluvial	64
3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS: Estudo de caso da Universidade do Estado do Rio de Janeiro	65
3.1. Definição das áreas de captação.....	65
3.2. Análise da precipitação pluviométrica local	65
3.3. Cálculo da quantidade de chuva aproveitada	68
3.4. Vazões de consumo de água na UERJ	68
3.5. Dimensionamento dos reservatórios	73
3.5.1. Pelo Método de Ripple	73
3.5.2. Pelo Método de Azevedo Netto	74
3.5.3. Pelo Método Prático Alemão	74
3.5.4. Pelo Método Prático Inglês.....	75
3.5.5. Pelo Método Prático Australiano	75
3.5.6. Pelo Método da Simulação.....	78
3.6. Dimensões e localização do reservatório.....	83
CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS.....	86

INTRODUÇÃO

Justificativa e problemática

O avanço da tecnologia trouxe melhorias e proporcionou uma evolução da condição de vida humana, entretanto, muitas vezes essa evolução vem associada ao uso indiscriminado, por parte das últimas gerações, dos requisitos fundamentais para a manutenção da vida neste planeta. Como condição à existência de vida humana, há necessidade de disponibilidade de um ambiente que ofereça recursos naturais suficientes para atender à demanda do homem.

Se o homem deseja sobreviver neste contexto, é imprescindível que ele se insira no ciclo de interações do planeta sem promover desequilíbrios irreversíveis, que venham a alterar este estado. A intervenção que mais significativamente desequilibra a dinâmica energética é o uso indiscriminado de qualquer destes recursos.

A crescente demanda pela agricultura e pelas cidades em expansão provocará um colapso nas reservas de água doce da Terra. Segundo dados da Organização das Nações Unidas, a população mundial gira em torno de 7,2 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 9,6 bilhões de pessoas no ano de 2050 (ONU, 2013), sobrecarregando ainda mais as reservas de água doce do planeta.

Além do crescimento populacional, o Brasil sofre também com dois grandes problemas: a má distribuição da população ao longo de seu território e as inundações, decorrentes da impermeabilização do solo nas grandes cidades.

O Brasil é um país rico em recursos hídricos, entretanto, a população é mal distribuída. Segundo Tomaz (2011), a região Norte possui 68,5% da água de todo o país, porém apresenta a segunda menor população. Já a região Sudeste, que abriga a maior parte da população brasileira, possui apenas 6,0% da água doce do país.

A migração do homem do campo para a cidade em busca de oportunidades iniciou um processo desordenado de urbanização. Segundo Barbosa (2006), os impactos causados pela urbanização em um ambiente natural podem ser constatados a partir da análise do ciclo hidrológico. As águas da chuva são dispersadas através da evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial. Barbosa diz ainda que com o crescimento dos centros urbanos, todos estes

processos são reduzidos drasticamente, o que faz aumentar o escoamento superficial, encurtando o seu tempo de concentração, causando graves reflexos nos cursos de drenagem natural, provocando erosão, assoreamento e inundações. As inundações aumentam sua frequência e intensidade devido à impermeabilização do solo.

Os efeitos da má gestão, do uso indiscriminado e da poluição das águas afetam diretamente o equilíbrio natural e embalados pelo crescimento desordenado da população, provocam efeitos devastadores ao meio ambiente. Segundo Miranda (2009), a escassez de água no novo século induz o homem a discutir o futuro deste recurso e conseqüentemente de sua própria existência. Desta forma, nota-se a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Marinowski (2007) cita que uma alternativa que visa atender a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil.

A água da chuva coletada pode ser utilizada para irrigação na agricultura, resfriamento de equipamentos industriais, controle e extinção de incêndios, descarga de bacias sanitárias, lavagem de roupas, calçadas e automóveis. Pode-se utilizar a água de chuva para os mais variados fins, poupando assim as reservas de água potável do planeta, combatendo a escassez, mitigando o problema da distribuição irregular pelo território, minimizando inundações, alagamentos, problemas de abastecimento e preservando o meio ambiente.

Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica de implantação de um sistema para captação e aproveitamento de água de chuva no Campus Francisco Negrão de Lima, Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Objetivos específicos

- Aplicar as metodologias disponíveis de dimensionamento de reservatórios em diferentes áreas de captação, conforme NBR 15527/07;
- Propor alternativas de consumo de águas pluviais mediante áreas de captação disponíveis;
- Estimar a economia de água potável com a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Disponibilidade de recursos hídricos

1.1.1. Recursos hídricos no Brasil

O Brasil detém uma das maiores bacias hídricas do planeta, praticamente um quinto de toda a reserva global está no nosso território. Segundo Tomaz (2011), o Brasil possui 12% da água doce do mundo, porém mal distribuída no país, havendo um desequilíbrio entre a oferta e a demanda. O Gráfico 1 mostra a distribuição de água doce no Brasil.

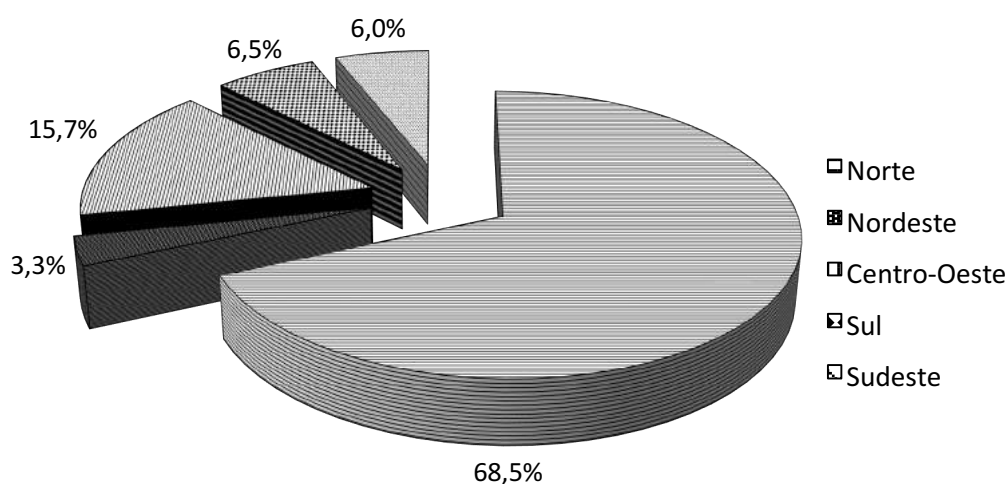


Gráfico 1: Distribuição de água doce no Brasil
Fonte: TOMAZ, 2011

Verifica-se que as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional. A exemplo disso pode-se citar a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 68,5% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira. A Tabela 1 mostra a distribuição da população ao longo do território.

Regiões do Brasil	Área (Km²)	População (hab.)	Porcentagem da População (%)
Centro-Oeste	1.604.850,00	14.058.094	7,37
Nordeste	1.554.257,00	53.081.950	27,83
Norte	3.853.397,20	15.864.454	8,32
Sudeste	924.511,30	80.364.410	42,13
Sul	576.409,60	27.386.891	14,36
Total	8.513.425,10	190.755.799,00	100,00

Tabela 1: Distribuição da população pelo território brasileiro

Fonte: IBGE, 2010

Devido à má distribuição da população ao longo do território, torna-se necessário ampliar nossas buscas por novas maneiras de conservar água e diminuir os impactos sobre o meio ambiente, para que este recurso possa ser preservado de forma que no futuro não se torne escasso. O Brasil é um país onde ocorre grande incidência de chuva em boa parte do país e uma excelente forma de conservar as reservas de água potável é aproveitar a água de chuva para fins não potáveis.

No território brasileiro ocorre uma grande diversidade climática, pois o país apresenta grande extensão territorial com diferenças de relevo, altitude e dinâmica das massas de ar e das correntes marítimas, todos esses fatores influenciam no clima de uma região.

Pode-se dividir o Brasil nas seguintes regiões climáticas:

Equatorial – Presente na Amazônia, ao norte de Mato Grosso e a oeste do Maranhão, sofre ação direta das massas de ar equatorial continental e equatorial atlântica, de ar quente e úmido. Apresenta temperaturas médias elevadas (de 25 °C a 27 °C), chuvas durante todo o ano com índices próximos de 2000 mm anuais e reduzida amplitude térmica (inferior a 3 °C). (INMET, 2011)

Tropical – Clima do Brasil central, também presente na porção oriental do Maranhão, extensa parte do território do Piauí, na porção ocidental da Bahia e de Minas Gerais, além de ser encontrado também no extremo norte do país, em Roraima. Caracteriza-se por temperatura elevada (18 °C a 28 °C), com amplitude térmica de 5 °C a 7 °C, e estações bem definidas (uma chuvosa e outra seca). A estação de chuva ocorre no verão; no inverno ocorre a redução da umidade relativa em razão do período da estação seca. O índice pluviométrico é de cerca de 1500 mm anuais. (INMET, 2011)

Tropical de Altitude – É encontrado nas partes mais elevadas, acima de 800 metros, do planalto Atlântico do Sudeste. Abrange principalmente os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Está sob influência da massa de ar tropical atlântica, que provoca chuvas no período do verão. Apresenta temperatura amena, entre 18 °C e 22 °C, e amplitude térmica anual entre 7 °C e 9 °C. No inverno, as geadas ocorrem com certa frequência, em virtude da ação das frentes frias originadas do choque entre as massas tropical e polar. O índice pluviométrico é de cerca de 1500 mm anuais. (INMET, 2011)

Tropical Atlântico – Conhecido também como tropical úmido, compreende a faixa litorânea do Rio Grande do Norte ao Paraná. Sofre a ação direta da massa tropical atlântica, que, por ser quente e úmida, provoca chuvas intensas. A temperatura varia de 18 °C a 26 °C, apresenta amplitude térmica maior à medida que se avança em direção ao Sul. No Nordeste, a maior concentração de chuva ocorre no inverno, já no Sudeste, ocorre no verão. O índice pluviométrico médio é alto, de 2000 milímetros anuais. (INMET, 2011)

Subtropical – Ocorre nas latitudes abaixo do trópico de Capricórnio. Está presente no sul do estado de São Paulo e na maior parte do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. É influenciado pela massa polar atlântica, possui temperatura média anual de 18 °C e amplitude térmica elevada (10 °C). As chuvas não são muito intensas, 1000 milímetros anuais, porém, ocorrem de forma bem distribuída na região. Nessa região climática do Brasil são comuns as geadas e nevadas. O verão é muito quente e a temperatura pode ultrapassar os 30 °C. O inverno, bastante frio, apresenta as temperaturas mais baixas do país, inferiores a 0 °C. (INMET, 2011)

Semiárido – Ocorre no interior do Nordeste, na região conhecida como Polígono das Secas. Corresponde a quase todo o sertão nordestino e aos vales médio e inferior do rio São Francisco. Caracteriza-se por temperaturas elevadas (média de 27 °C) e chuvas escassas e mal distribuídas, em torno de 700 milímetros anuais. Há períodos em que a massa equatorial atlântica (superúmida) chega ao litoral norte da região Nordeste e atinge o sertão, causando chuvas intensas nos meses de fevereiro, março e abril. (INMET, 2011)

A Figura 1 mostra a distribuição das regiões climáticas pelo território.



Figura 1: Distribuição das regiões climáticas pelo território
Fonte: INMET, 2011

A Figura 2 mostra a ocorrência acumulada mensal de anual de chuvas ao longo do território brasileiro.

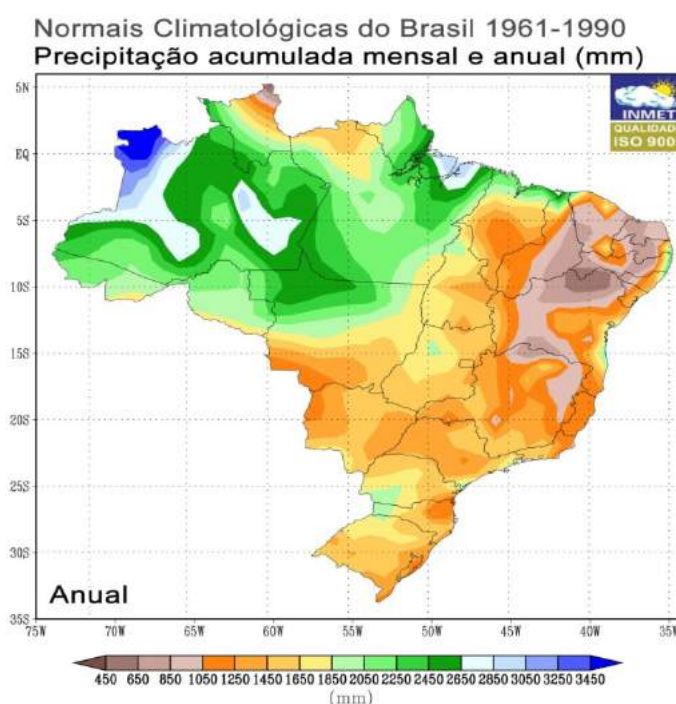


Figura 2: Precipitação acumulada mensal e anual pelo território
Fonte: INMET, 2009

1.1.2. Recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro, localizado na Região Sudeste do Brasil, possui um território com cerca de 43.780,172 km², o que corresponde a apenas 0,5% do território brasileiro. A sua população, segundo o Censo do ano de 2010 é de aproximadamente 15.989.929 habitantes (IBGE, 2010).

Segundo INEA (2013), o estado está dividido para fins de gestão em nove Regiões Hidrográficas (RH), que são as seguintes: RH I (Baía da Ilha Grande), RH II (Guandu), RH III (Médio Paraíba), RH IV (Piabanha), RH V (Baía de Guanabara), RH VI (Lagos São João), RH VII (Rio Dois Rios), RH VIII (Macaé e das Ostras) e, por fim, RH IX (Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana).

A Figura 3 apresenta um mapa com a delimitação das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

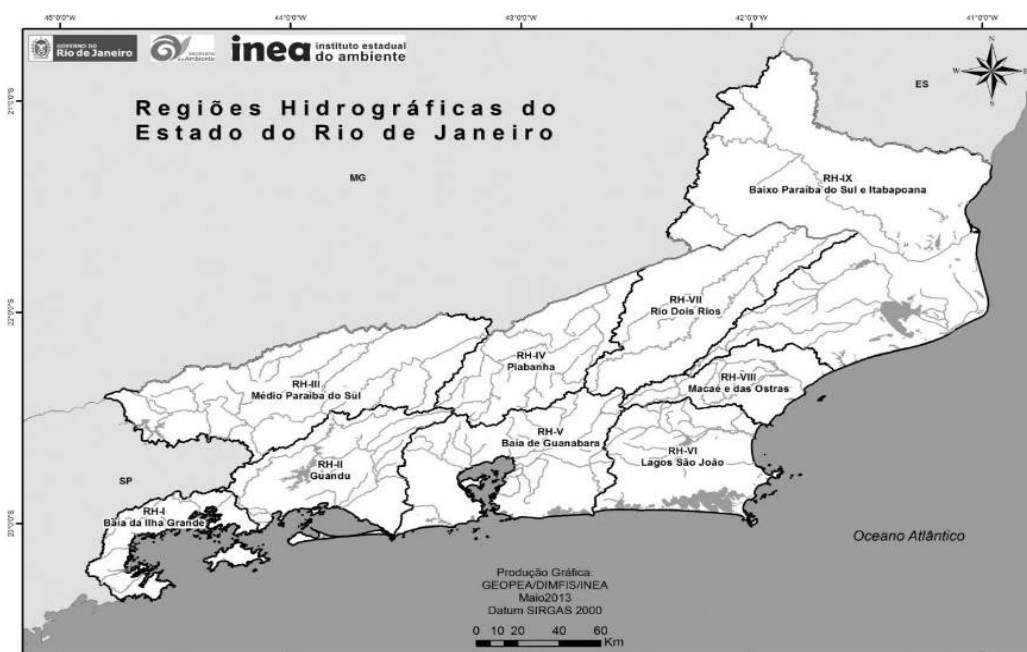


Figura 3: Regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro
Fonte: INEA, 2013

A grande maioria da população do estado é abastecida com água de superfície, encontrada em rios, lagoas e lagos de barragens. Estima-se que cerca de 80% da população seja abastecida pelas águas provenientes do Rio Guandu. (INEA, 2013)

Há ocorrência de chuva no Rio de Janeiro praticamente ao longo de todo ano. Registram-se baixos índices pluviométricos nas regiões norte, noroeste e na região dos Lagos com valores que variam entre 750 mm a 1250 mm anuais, enquanto as maiores médias se dão nas regiões serranas e na parte sul do Estado, com valores que variam de 1750 mm a 3000 mm anuais. No decorrer do ano, a distribuição de chuvas mostra que a maior parte da precipitação ocorre no período que vai de outubro a março. (SIMERJ, 2008)

A Figura 4 representa a distribuição anual da chuva no Estado do Rio de Janeiro.

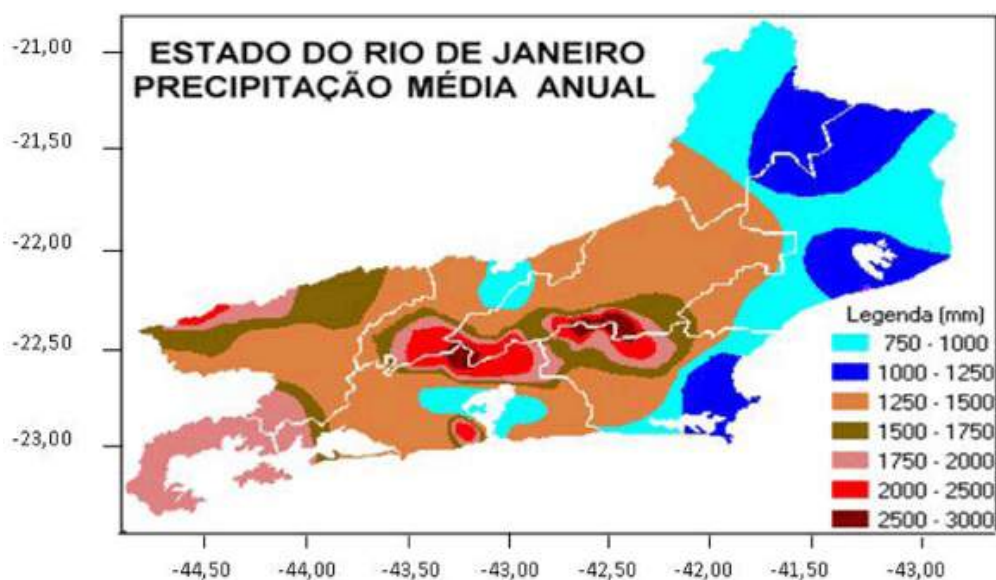


Figura 4: Distribuição anual de chuvas no Rio de Janeiro
Fonte: SIMERJ, 2008

Quanto às reservas de água subterrâneas, o Rio de Janeiro possui alguns aquíferos em seu território, merecem destaque os aquíferos Macacu, Guandu, Guapiaçu, Macaé e Iguaçu. Porém, esses aquíferos ainda são pouco explorados para abastecimento da população em grande escala.

1.1.3. Conservação de água no meio urbano

O ciclo da água na natureza sofre cada vez mais a interferência das ações causadas pela presença humana na Terra. A crescente ocupação territorial e o vertiginoso crescimento populacional de centros urbanos interferem neste ciclo. Na

área dos recursos hídricos a utilização da água é abordada sobre a forma dos usos múltiplos que se faz desse recurso natural. (PROSAB, 2006)

A Figura 5 ilustra contextos de usos múltiplos das águas, onde fica clara a natureza indissociável entre os diversos usos.

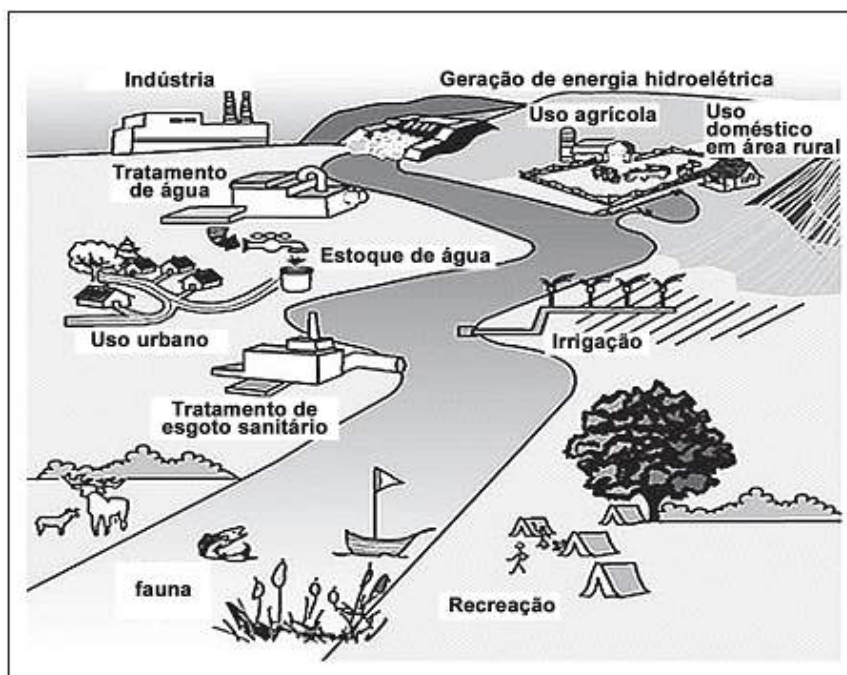


Figura 5: Usos múltiplos da água
Fonte: PROSAB, 2006

Diante do cenário, se faz necessário o uso de medidas que visem à conservação da água. Malinowski (2006, apud SANTOS 2005) conceitua a conservação da água como um conjunto de ações que propiciam a economia e preservação de mananciais hídricos, o qual engloba ações relacionadas ao uso racional da água, ao uso de fontes alternativas e a proteção dos recursos hídricos naturais.

Segundo FIESP/CIESP (2002), a conservação de água pode ser compreendida como as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água, podendo ainda ser definida como qualquer ação que:

- Reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- Reduz o consumo de água;
- Reduz o desperdício de água;
- Reduz as perdas de água;
- Aumenta a eficiência do uso da água;

- Aumenta a reciclagem e o reuso da água;
- Evita a poluição da água.

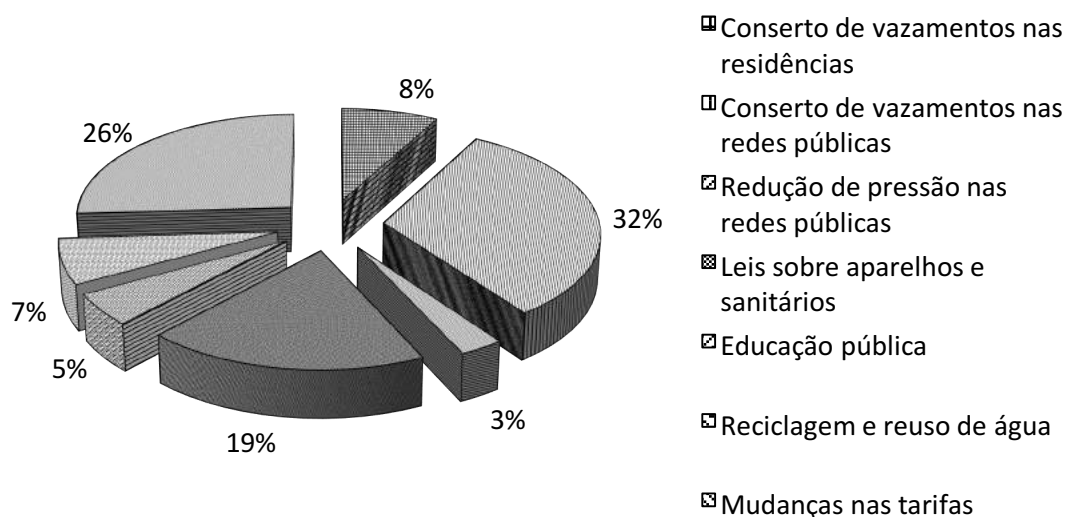


Gráfico 2: Medidas convencionais para conservação de água

Fonte: TOMAZ, 2011

O uso de novas técnicas e fontes alternativas para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável é uma importante prática para reduzir a quantidade de água extraída das fontes de suprimento. Annecchini (2005) cita como fontes alternativas para reduzir a água extraída das fontes de suprimento: o aproveitamento de águas pluviais, o reuso de águas residuárias e a dessalinização da água do mar.

A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior. (SINDUSCON-SP, 2005)

1.2. Aproveitamento de águas pluviais

1.2.1. Qualidade da água pluvial

Ao se prever a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é de fundamental importância se preocupar com a qualidade da água obtida, principalmente se esta água for para atender a todas as necessidades domésticas.

Campos (2004, apud GOULD; NISSEN-PETERSEN,1999) diz que de um modo geral, a água da chuva apresenta boa qualidade devido principalmente ao processo de “destilação natural” que a mesma sofre. Esta destilação natural está ligada ao ciclo natural das águas, aos processos de evaporação e condensação. Porém, dependendo da região geográfica, a chuva pode apresentar poluentes, principalmente em regiões próximas as grandes metrópoles ou polos industriais, formando, assim, óxido de enxofre e nitrogênio. Tomaz (2011) diz que a qualidade da água da chuva depende também das condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.) com a presença ou não de vegetação e também com a presença de fontes poluidoras.

Tomaz (2011) diferencia a qualidade da chuva em quatro etapas: a primeira etapa é a qualidade da chuva antes de atingir o solo; na segunda etapa é a qualidade da chuva depois de se precipitar e escoar sobre o telhado ou área impermeabilizada; a terceira etapa é quando a água de chuva fica armazenada no reservatório; a quarta etapa a água chega ao ponto de consumo.

A utilização de superfícies para a coleta da água também altera as características naturais da mesma. Fenômenos de deposição seca dos compostos presentes na atmosfera são devidos à sedimentação gravitacional e interceptação de particulados ou ainda da absorção de gases por superfícies. Este é o caso dos períodos de estiagem. Assim, a qualidade da água da chuva, na maioria das vezes, diminui ao passar pela superfície de captação, o que leva à recomendação de descartar a água da primeira chuva, ou também denominada como autolimpeza, pois consiste em descartar o primeiro momento de chuva. Frequentemente, a contaminação da água pode se dar por fezes de pássaros e de pequenos animais, ou por óleo combustível, no caso de superfície de captação no solo (PROSAB, 2006).

De acordo com Marinoski (2007, apud Brown *et al.* 2005), o volume do primeiro fluxo de água de chuva a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, que é uma função do número de dias secos, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano. May (2004) recomenda que seja feito o descarte do volume de água correspondente aos primeiros 15 a 20 minutos de chuva, para que seja feita a limpeza do telhado.

Segundo Silva (2007), pode-se obter água da chuva com uma qualidade relativamente alta se ela for coletada em locais onde pessoas e animais não consigam se aproximar e removendo o lixo e a poeira existentes. Em locais frequentados por pessoas ou animais, a qualidade da água da chuva coletada nos telhados, sacadas ou terraços, não é tão grande, devendo a mesma passar por um tratamento de acordo com o fim a que se destinará. A Tabela 2 mostra a qualidade da água de chuva de acordo com o local onde é coletada.

Grau de qualidade	Local de coleta da chuva	Uso da água da chuva
A	Telhados (locais não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água filtrada é potável
B	Telhados (locais frequentados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água não pode ser usada para beber
C	Terraços e terrenos impermeabilizados. Áreas de estacionamento	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas; Vias férreas elevadas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

Tabela 2: Qualidade da água de acordo com local de coleta

Fonte: SILVA, 2007

A Tabela 3 apresenta as exigências mínimas para atividades realizadas com o uso de água não potável.

Atividade	Exigências
Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos	não deve apresentar mau-cheiro; não deve conter componentes que agriam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para descarga em bacias sanitárias	não deve apresentar mau-cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve deteriorar os metais sanitários; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para lavagem de veículos	não deve apresentar mau-cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana

Tabela 3: Exigências mínimas para atividades realizadas com água não potável
 Fonte: TESTON, 2012 (apud SAUTCHUK *et al.*, 2005) – Modificado

Para usos mais restritivos, a Tabela 4 mostra os parâmetros recomendados pela NBR 15527/07.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 ml
Cloro Residual Livre ¹	Mensal	0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ² , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor Aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ³
Deve prever Ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio		
¹ No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		
² uT é a unidade da turbidez		
³ uH é a unidade Hazen		

Tabela 4: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Fonte: ABNT, 2007

Neto (2012, apud XAVIER *et al*, 2010) cita pesquisas em seu trabalho que mostraram que a água de cisternas apresenta geralmente boas características químicas e físicas, mas frequentemente contém microrganismos, inclusive indicadores de contaminação fecal, sobretudo quando a cisterna recebe também água de procedência duvidosa, transportada por caminhão-pipa, mas quando a cisterna acumula somente água de chuva e tem manejo cuidadoso, incluindo o uso de bomba para retirada da água e o descarte do primeiro milímetro de cada chuva, a qualidade é muito melhor e pode atender o padrão de potabilidade.

Estudos realizados por May (2004) apontam que o consumo não potável da água de chuva, após sua desinfecção, pode ser realizado e incentivado, sendo que para essa desinfecção a autora aconselhou especificamente para o caso estudado, a adição de cloro. Para outras situações, o método de desinfecção deve ser determinado considerando as peculiaridades de cada sistema.

1.2.2. Aproveitamento de água pluvial no mundo

Historicamente, a água pluvial tem sido utilizada pela humanidade por milhares de anos. Há diversas cisternas escavadas em rochas, utilizadas no aproveitamento de água de pluvial, que datam de 3.000 a.C. A fortaleza de Masada, em Israel, é um dos exemplos mais conhecidos contando com dez reservatórios escavados na rocha, com uma capacidade total de 40 milhões de litros. (TOMAZ, 2011)

O México como um todo é rico em antigas e tradicionais tecnologias de coleta de água da chuva, datadas da época dos Astecas e Maias. Ao sul da cidade de Oxkutzcab, ao pé do monte Puuc, ainda hoje podem ser encontradas as realizações do povo Maia. No século X existia ali uma agricultura baseada no aproveitamento da água de chuva. As pessoas habitavam nas encostas e sua água potável era fornecida por cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, chamadas Chultuns. (SILVA, 2010 apud GNADLINGER, 2000)

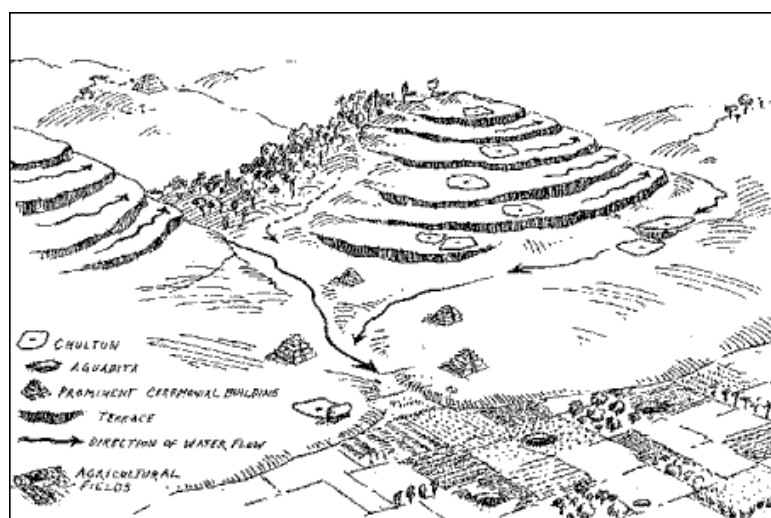


Figura 6: Chultuns, cisternas em encostas
Fonte: SILVA, 2010 apud GNADLINGER, 2000

Nos dias atuais, em áreas onde a água é escassa ou onde ocorrem longo períodos de estiagem e seca, a água de chuva tem sido considerada um presente dos deuses.

No Sul da Ásia, grandes áreas no Paquistão, Índia e Sri Lanka são localizadas em áreas secas com até 500-600 mm de chuvas por ano. As pessoas sobrevivem com a captação de água de chuva e práticas agrícolas para aproveitar a

chuva disponível e reduzir a evaporação. Muitas práticas culturais sofisticadas existiam nesta parte do mundo associadas com a monção, para o armazenamento da água de chuva em reservatórios para ser usada para beber e na irrigação agrícola a estação seca, maximizando sua permanência. (HEIJNEN, 2012)

No Sri Lanka, em 1995, o governo federal realizou a construção de 4000 cisternas providas com filtros, com capacidade para 5000 litros de água cada, visando a resolução de problemas de abastecimento em zonas áridas do país através do armazenamento de águas pluviais. (MACHADO; CORDEIRO, 2004)

Na China o governo realizou um projeto de captação e armazenamento de água pluvial que resolveu o problema de abastecimento de 1,18 milhões de animais e 1,3 milhões de pessoas. (MACHADO; CORDEIRO, 2004)

Tem-se como um dos países que mais utilizam o aproveitamento de água de chuva, o Japão, onde como em Tóquio, existem regulamentos do governo que obrigam que todos os prédios com área edificada maior que 30.000 m² utilizem mais de 100 m³ de água provenientes de captação de água de chuva e reciclagem de águas servidas (água de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas). (TOMAZ, 2011)

Na Alemanha, a sociedade vem apoiando ativamente o aproveitamento de água pluvial. Adicionado a isso, o governo alemão vem dando suporte financeiro, oferecendo financiamento para soluções visando o aproveitamento de água pluvial e incentivando a economia de água potável. No Centro de Manutenção da Lufthansa-Technik AG, em Hamburgo, a água de chuva é aproveitada em serviços de lavagem de aeronaves e na seção de pinturas, substituindo em até 60% a demanda previamente suprida por água encanada. Em unidades de produção da Volkswagen na Alemanha e na Polônia, a água pluvial é utilizada em torres de resfriamento suprimindo em até 10% a demanda total. Na Exposição Mundial “Expo 2000”, em Hanover, foi utilizada água de chuva para manter o volume da lagoa da Expo e de várias outras fontes. (MACHADO; CORDEIRO, 2004)

Em Londres, na Inglaterra, no Millennium Dome, uma construção composta de uma cobertura de vidro ancorada em 12 torres de aço de 100m de altura, com 320 m de diâmetro e uma área de 100 mil m² permite a captação de um volume de chuva que contribui com 20% da necessidade diária de 500 m³ dos aparelhos sanitários. (LAZAROVA *et al.*, 2003)

Países como Estados Unidos, Austrália e Cingapura também desenvolvem pesquisas referentes ao aproveitamento de água pluvial. Em 1992, iniciou-se sistema de uso de água de chuva no Aeroporto de Chagi, em Cingapura. A chuva captada nas pistas de pousos e decolagens é coletada e utilizada para descarga dos banheiros (MARINOSKI, 2007 apud GROUP RAINDROPS, 2002).

1.2.3. Aproveitamento de água pluvial no Brasil

Um dos casos mais antigos de aproveitamento de água de chuva no Brasil data do século XVIII. Na Ilha de Santa Catarina, a Fortaleza de Santo Antônio de Ratones, que foi construída por volta de 1740, onde a água dos telhados era coletada e conduzida a uma cisterna para ser consumida pelas tropas do Império.

Até aproximadamente 25 anos atrás, existiam poucas experiências de captação e manejo de água de chuva no Brasil. Essa situação começou a mudar quando a Embrapa Semiárido começou a fazer experiências com cisternas para água pluvial e barragens subterrâneas no final dos anos 70. No começo dos anos 90, o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada - IRPAA, outras organizações não governamentais, organizações de base e comunidades começaram a construir cisternas e perceberam que havia a necessidade de implementar programas educacionais estruturados para incentivar a convivência com o clima semiárido e um manejo adequado da água. (ABCMAC, 2012)

A maioria das experiências brasileiras de aproveitamento da água da chuva se concentra na região do semiárido nordestino, devido aos graves problemas de escassez de água que a população dessa região sofre. Merece destaque o Programa Um Milhão de Cisternas, P1MC, uma das ações de mobilização Social promovida pela Articulação do Semiárido — ASA, que objetiva beneficiar cerca de cinco milhões de pessoas em toda região semiárida com água potável para beber e cozinhar, através das cisternas de placas. Juntas, elas formam uma infraestrutura descentralizada de abastecimento com capacidade para 16 bilhões de litros de água. Desde 2003, aproximadamente 500.000 cisternas já foram construídas, beneficiando mais de dois milhões de pessoas. (ASA, 2014).

No arquipélago de Fernando de Noronha encontra-se instalado um sistema de coleta de água de chuva, através de uma placa de concreto com dimensões de

7500m², localizada no Morro do Pico, construída na época da II Guerra Mundial pelas forças norte-americanas. Essa alternativa tem importância relevante nos períodos de chuvas, uma vez que as águas coletadas somam-se à vazão captada pelo principal manancial que abastece a população da ilha. (TAVARES *et al.*, 2009)

Na Amazônia, paradoxalmente, apesar de reconhecida como a maior reserva superficial de água doce no mundo, há problemas de fornecimento de água, pois a água na região amazônica é refém de aspectos qualitativos. Em Belém, no Estado do Pará, diversas ilhas que não são providas de sistema de abastecimento público de água fazem uso da água pluvial como única fonte de água para consumo humano. (VELOSO, 2012)

Em Blumenau, Estado de Santa Catarina, foi instalado em sistema de aproveitamento de água de chuva em um hotel com 569,50m² de área de cobertura (área de captação). Tendo uma cisterna com volume de 16.000 litros, estima-se a economia anual de água potável em torno de 684.000 litros. (MARINOSKI, 2007)

Como responsável no país pela divulgação de estudos e pesquisas, reunião de equipamentos, instrumentos e serviços sobre manejo e captação de água de chuvas tem-se a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, fundada em 08 de julho de 1999, em Petrolina-PE.

1.2.4. Retenção de águas pluviais para controle de inundações

Observam-se como fatores que afetam diretamente o ciclo hidrológico natural, o desenvolvimento urbano e o desmatamento, em decorrência da modificação das condições de infiltração do solo. Sendo assim o padrão de escoamento superficial na bacia sofre modificação causada pela ocupação urbana, ou seja, no decorrer da impermeabilização de áreas com superfícies naturais, os processos de infiltração e retenção de água na bacia vão diminuindo, provocando assim um aumento significativo dos deflúvios superficiais nas áreas situadas a jusante.

Na cidade do Rio de Janeiro, o constante aumento da urbanização desencadeia o desvio de cursos naturais, aterro de áreas de recargas de aquíferos, desmatamento de encostas e faixas marginais de proteção que ajudavam na retenção de água das chuvas, modificação da paisagem e impermeabilização do solo. Como consequência, ocorre o aumento de inundações que tem também como

outro fator a ocupação de áreas que compõem o leito maior do rio. Durante chuvas mais intensas, essas áreas são naturalmente ocupadas pelo rio, gerando assim inundações. A figura a seguir mostra a diferença entre uma bacia onde não houve qualquer intervenção e uma bacia em uma área urbanizada.

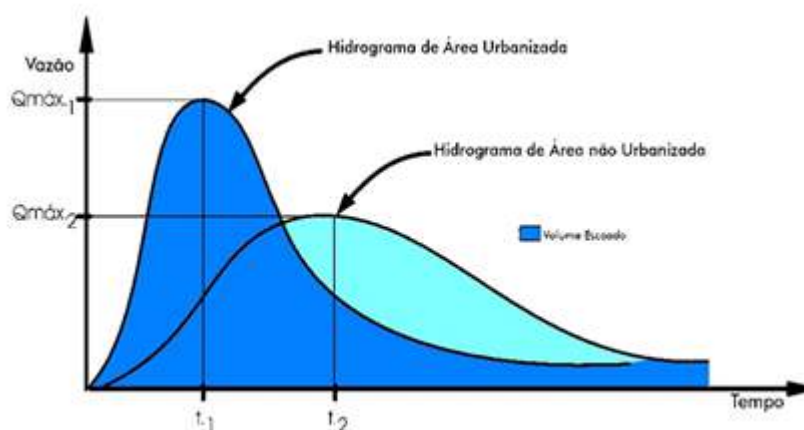


Figura 7: Hidrograma área urbanizada vs. não urbanizada
Fonte: FONTE HÍDRICA, 2011

Percebe-se que no hidrograma da área não urbanizada, o fluxo é retido pela vegetação, dessa maneira ocorre infiltração no subsolo e o fluxo não infiltrado sofre escoamento sobre a superfície gradualmente, realizando um hidrograma com variação de vazão lenta e com picos moderados de inundações. Em contrapartida, no hidrograma da área urbanizada, em razão da ausência de áreas permeáveis e vegetação, essa infiltração não ocorre como no caso inicial, ocorrendo um maior montante de água que escoar pela superfície, gerando um pico no hidrograma. (MEDEIROS, 2012)

Segundo Milograna (2001), para casos extremos, verifica-se que o pico de cheia numa bacia urbanizada pode chegar a ser 6 vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais.

A revitalização da área da bacia, tendo inclusa a recuperação da mata ciliar, a proteção dos ecossistemas e a revitalização de rios e córregos, surge como solução a esse problema, no entanto, como forma de minimizar os impactos causados pelas inundações, pode-se adotar a retenção de águas pluviais. A retenção das águas de uma chuva de grande intensidade e a liberação da mesma posteriormente gera um

atraso na chegada desta as galerias pluviais e aos rios, causando um alívio nos sistemas de micro e macrodrenagem.

Diversos estados brasileiros já perceberam essa maneira de mitigar os efeitos das inundações e criaram legislações no sentido de obrigar que os empreendimentos com grandes áreas construídas reservem espaços permeáveis em seus lotes ou adotem reservatórios para o retardo do lançamento das águas de chuva nas galerias e rios, amortecendo, assim, o pico das vazões no hidrograma.

Na região da Grande Tijuca, Estado do Rio de Janeiro, estão sendo criados cinco enormes reservatórios para minimizar os efeitos das constantes inundações que afetam a região. Juntos, esses reservatórios retardarão o lançamento de aproximadamente 260 mil metros cúbicos de água de chuva nas galerias pluviais e rios da região.



Figura 8: Mapa dos reservatórios da Grande Tijuca
Fonte: CIDAOLIMPICA.COM.BR, 2013

Em conjunto com as legislações específicas, existem os serviços de defesa civil que atuam preventivamente, alertando os moradores de áreas inundáveis.

Dessa forma, a partir de informações meteorológicas, é possível alertar a sociedade e prevenir acidentes, prestando atendimento antes das ocorrências de inundações. Um bom exemplo ocorre na Cidade do Rio de Janeiro onde o sistema da prefeitura chamado de Sistema Alerta Rio atua na prevenção de inundações, de deslizamentos e até mesmo de secas, favorecendo às tomadas de decisão nas áreas de defesa civil, geração de energia elétrica e gerenciamento de recursos hídricos (REVISTA CREA RJ, n.37).

1.2.5. Normatização para captação de águas pluviais

No Brasil, a norma responsável por disciplinar o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis é a NBR 15527:2007. Esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas e se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva possam ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, 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. (ABNT, 2007)

Foi criada a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta lei foi criada com os objetivos de: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

No Brasil, existe também uma Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC) fundada em 08 de julho de 1999 com o objetivo de promover ações visando o aproveitamento racional e eficiente da água de chuva no Brasil (ABCMAC, 2000).

Diversas legislações foram criadas nos estados e municípios brasileiros, no sentido de instituir programas de reuso e conservação das águas. A seguir constam algumas dessas legislações.

No município de Curitiba foi criada a Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003, que criou o Programa de Conservação e Uso racional da água nas Edificações - PURAE;

No município de São Paulo existe a Lei nº 14.018 de 28 de junho de 2005, que instituiu o Programa Municipal de Conservação e uso Racional da Água em Edificações, que tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fonte alternativa para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água;

No município de Campinas existe a Lei nº 12.474 de 16 de janeiro de 2006, que criou o Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações. Este programa tem por objetivos: implantar medidas que induzam os munícipes à conservação, ao uso racional, a reutilização de águas servidas no município e também a utilização de água de chuva; promover a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água; incentivar os particulares à adoção das ações relacionadas ao uso racional da água, para bens imóveis novos ou já existentes, de sua propriedade.

No município de Guarulhos foi criado o Projeto de Lei nº 325/07, que instituiu o Programa Municipal de Uso racional da Água Potável. Este projeto de lei tem por objetivos: adotar medidas que disciplinem, obriguem e fiscalizem a implantação de reservatórios para a captação de águas alternativas advindas da chuva e/ou de drenagem nas edificações da cidade; promover a conscientização dos usuários quanto à importância do uso racional da água potável para a vida das presentes e futuras gerações e incentivar o seu uso racional combatendo o desperdício.

No município do Rio de Janeiro existe o Decreto nº 23.940 de 30 de janeiro de 2004, que tornou obrigatório, nos empreendimentos com área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados, a construção de reservatórios que retardem o escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

No município de Niterói foi criada a Lei nº 2.630 de 07 de janeiro de 2009, que disciplinou os procedimentos relativos ao armazenamento de águas pluviais para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública e tornou obrigatório que as novas edificações, públicas ou privadas, que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados sejam dotadas de reservatório de águas pluviais.

1.3. Aproveitamento de águas pluviais em escolas e universidades

1.3.1. Casos de utilização de água de chuva em escolas e universidades

A utilização de água de chuvas em escolas é uma valorosa alternativa em decorrência da necessidade da implantação de medidas sustentáveis no uso da água e possíveis racionamentos nesses tipos de edificações. Com o aproveitamento da água de chuva em ambiente escolares, tem-se também como efeito colateral a conscientização dos alunos em relação ao conceito de sustentabilidade, estimulando assim a educação ambiental.

Em geral, edificações escolares possuem um grande potencial para implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, pois apresentam grandes áreas de telhados e outras coberturas visando a captação da água de chuva, o que contribui com um volume significativo captado.

A utilização de água neste tipo de edificações é usualmente relacionada ao consumo humano: descargas em mictórios, torneiras e bacias sanitárias; higiene pessoal, irrigação dos jardins, e reserva de incêndio.

Na região Oeste do Mato Grosso, duas escolas públicas nos projetos de assentamento de Sapiquá e Nova Esperança, estão sendo abastecidas com água das chuvas, visando à utilização na limpeza das escolas e na rega das hortas escolares. A captação se dá por meio de calhas instaladas nos telhados das escolas e o armazenamento se dá por meio de reservatórios cobertos. A Escola Estadual 12 de Outubro instalou um reservatório de 125 mil litros e a Escola Municipal Nossa Santa Aparecida instalou dois reservatórios, cada um com 100 mil litros. A iniciativa consta como parte do Programa Piloto de Acesso a Água de Chuva e Educação Ambiental, desenvolvido pela Superintendência Regional do INCRA de Mato Grosso.

No ano de 2006, foi realizado por Werneck e Bastos, um estudo visando a avaliação da viabilidade da instalação de sistemas visando o uso de água de chuva em 77 escolas do município de Barra do Piraí, no Estado do Rio de Janeiro.

Dentro desse estudo, em específico, avaliou-se a viabilidade de se instalar um sistema de aproveitamento de água da chuva no colégio particular Cândido Mendes. Verificou-se para este colégio que, de uma demanda total de água tratada de 13.488,40 m³, poderiam ser de água de chuva em torno de 5.450,50 m³, o que

equivale a 40,4% de redução no consumo de água potável. Em termos financeiros, a economia média anual em contas de fornecimento de água seria de R\$ 3.354,24, tendo em vista aplicação de uma taxa de juros mensal de 1% sobre o custo total e amortização devido à economia anual obtida, o período de retorno do investimento seria 21 anos (MARINOSKI, 2007, apud WERNECK & BASTOS, 2006).

Em Uberlândia, no Triângulo Mineiro, a Universidade Federal de Uberlândia, criou um projeto de aproveitamento de água de chuva com um custo de R\$ 7 mil, incluídos os custos do sistema e da instalação. O sistema funciona com captação de água pelas calhas do telhado, onde a água é transportada por tubulações para um reservatório que a direciona para um segundo reservatório onde ocorre o tratamento visando sua posterior utilização na irrigação do campus e de corredores ecológicos que serão construídos no campus Glória.

1.3.2. Estudo das vazões de consumo em escolas e universidades

Ao analisar os dados do Geo Brasil (2007), se observa que a região hidrográfica Atlântico Sudeste, onde se localiza o Estado do Rio de Janeiro, apresenta usos relevantes da água para fins de abastecimento humano-urbano, uso industrial e uso na irrigação, com usos irrelevantes para as outras atividades. Esse uso se deve ao fato da região possuir grandes cidades, com taxas de urbanização de 90%.

No contexto nacional, o Brasil registra retiradas totais de 1.568 m³/s de água para diferentes usos, desse total, cerca de 840 m³/s são efetivamente consumidos, não retornando às bacias hidrográficas. A região Atlântico Sudeste é responsável pela retirada de aproximadamente 11% ou 170 m³/s desse total. O Gráfico 3 mostra a retirada total de água por bacias hidrográficas brasileiras.

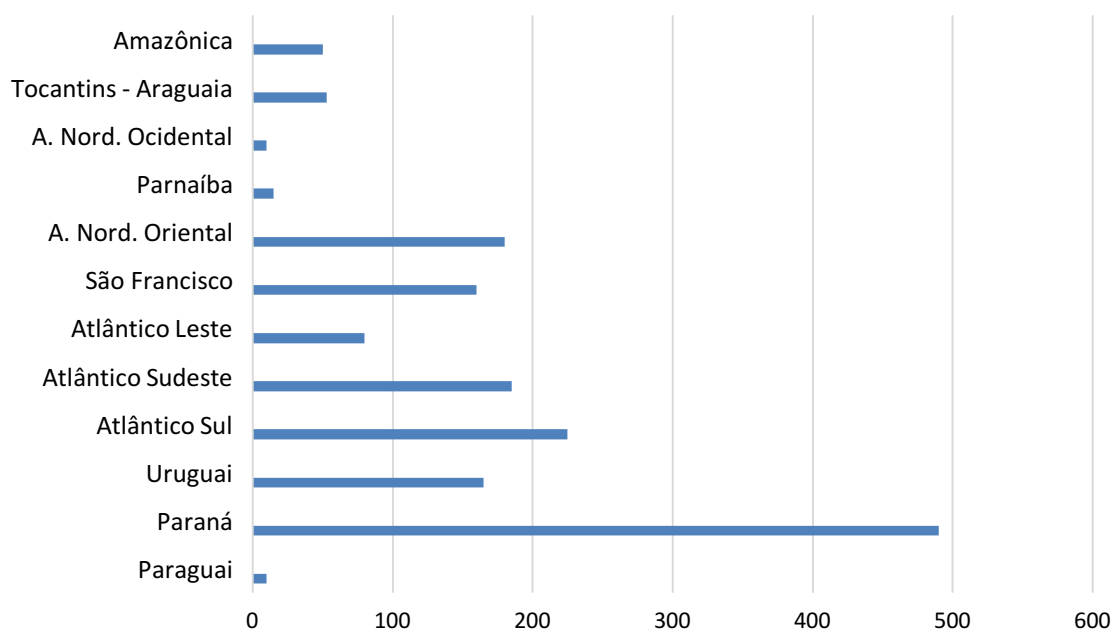


Gráfico 3: Retirada total de água em m³/s por bacias hidrográficas brasileiras
Fonte: GEO BRASIL, 2007

Na região Atlântico Sudeste o uso de água para consumo humano na zona urbana é de aproximadamente 78,2 m³/s, equivalente a 46% do uso da água na região. O uso de água para consumo humano na zona rural é de 3,4 m³/s (2%), o uso industrial é de 44,2 m³/s (26%), o uso para irrigação é de 39,1 m³/s (23%) e o uso animal, que inclui dessedentação, higiene e demais usos da água para permitir a atividade de criação, é de 5,1 m³/s (3%). (GEO BRASIL, 2007)

Existem vários métodos diferentes para estimar a demanda por água não potável de uma edificação: levantamento do número de pessoas, estimativas de frequência de idas ao banheiro, levantamento das faturas de consumo, entrevistas com usuários, estimativas dos dados constantes na literatura, métodos empíricos, etc.

Segundo Yoshida (1999), as empresas de saneamento em geral classificam seus clientes em: residenciais, comerciais, industriais e públicos. As universidades se enquadram na classe comercial, que segundo Yoshida é a mais heterogênea, contendo desde pequenos consumidores de água como bares e padarias até grandes consumidores de água como shopping-centers.

Medeiros (2012) considerou em seu estudo sobre o aproveitamento de água de chuva em uma escola pública do Rio de Janeiro que cada aluno utiliza a descarga 1 vez ao dia e que gasta-se 6 litros de água por acionamento.

Já PROSAB (2006) diz que se gasta 6 litros de água a cada descarga no vaso sanitário, com frequência de 5 descargas por pessoa ao dia. Na rega de jardim estima-se o consumo de 3 L/m²/dia com 8 utilizações ao mês. Na lavagem de área impermeabilizada estima-se o uso de 4 L/m²/dia com 8 utilizações ao mês.

Uso Interno	Unidades	Inferior	Superior	Mais Provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número de pessoas na casa	Pessoa	2	5	3.5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6.8	18.0	9.0
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5.0	15.0	7.3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0.08	0.30	0.15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0.0	0.2	0.1
Volume de água	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0.1	0.3	0.1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de Lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0.20	0.37	0.37
Volume de água	Litros/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0.5	4.0	4.0
Vazão da torneira	Litros/segundo	0.126	0.189	0.150
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0.5	4.0	4.0
Vazão da torneira	Litros/segundo	0.126	0.189	0.150

Tabela 5: Parâmetros para estimativas da demanda residencial de água
Fonte: TOMAZ, 2011

Uso Externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0.1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim ½"x 20m	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5.75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Tabela 6: Parâmetros para estimativas da demanda residencial
Fonte: TOMAZ, 2011

Oliveira (2008) considerou em seu estudo sobre o consumo na rede municipal de Guarulhos que cada aluno ocupa a bacia sanitária 4 (quatro) vezes ao dia e que

o volume de cada descarga seja de 9 litros/dia, considerando ainda um vazamento de 8% em cada descarga. Para uso de rega de jardins, passeios, pátios e refeitórios considerou que se gasta 2 litros/m²/dia para cada situação.

Marinoski (2007) em seu estudo sobre o aproveitamento de água pluvial em instituição de ensino de Florianópolis utilizou um método empírico para estimar a vazão de cada aparelho sanitário. Utilizou-se um recipiente com volume conhecido e com auxílio de um cronômetro digital foi medido o tempo necessário para o enchimento do recipiente com água. Os resultados encontrados encontram-se na tabela abaixo.

Aparelho Sanitário	Local	Vazão (litros/s)
Torneiras Lavatórios	Banheiros Femininos	0.09
Torneiras Lavatórios	Banheiros Masculinos	0.09
Torneira Tanque	Banheiros	0.14
Torneira Tanque	Cozinha	0.15
Torneira Tanque	Laboratórios	0.15
Torneira Pia	Cozinha	0.17
Torneira Lavatório	Banheiro Cozinha	0.13
Chuveiro	Banheiro Cozinha	0.02
Chuveiro	Banheiro Masculino	0.02
Bebedouros Elétricos	Pátios Internos	0.01
Vasos Sanitários (válvula de descarga)	Todos Banheiros	1.70
Mictórios (válvula de descarga)	Todos Banheiros	0.15
Mangueira	Área Externa	0.12

Tabela 7: Vazões dos aparelhos existentes

Fonte: MARINOSKI, 2007

1.4. Sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais

1.4.1. Cálculo do volume de chuva aproveitável

O volume de chuva aproveitável é apenas uma parcela da quantidade de água precipitada. Sendo assim, para se calcular o volume aproveitável de chuva deve-se desconsiderar além do volume do *first-flush*, o chamado coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de *run-off*). Esse coeficiente é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado e leva em conta a natureza das superfícies de escoamento destas águas. Para isso o valor do coeficiente de escoamento dependerá do seu grau de

impermeabilização, da sua capacidade de retardamento da chuva e ainda a dispersão da chuva. (AZEVEDO NETTO, 1998)

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), deve-se considerar além da área da projeção horizontal de coleta do telhado, os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) prevê a seguinte fórmula para o volume de água de chuva aproveitável:

$$V = P \times A \times C \quad (1)$$

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, expresso em litros (L);

P é a precipitação média anual, mensal ou diária, expresso em milímetros (mm);

A é a área da projeção horizontal de coleta, expresso em metros quadrados (m²);

C é o coeficiente de *run-off* (adimensional);

1.4.2. Parâmetros para dimensionamento do reservatório

De acordo com Marinoski (2007), o reservatório de acumulação da água pluvial é um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial, que deve ser dimensionado, principalmente considerando os seguintes fatores: demanda de água pluvial, áreas de captação, precipitação pluviométrica e custos totais de implantação.

Bertolo (2006) relata que geralmente o reservatório de armazenamento é o componente mais caro do sistema de captação de água da chuva, por isso o seu dimensionamento deve ser realizado com bastante precaução para não conduzir à inviabilidade econômica do sistema. A sua capacidade de armazenamento influencia não somente o custo, mas também a eficiência do sistema de aproveitamento, ou seja, a capacidade que um determinado reservatório possui de suprir as necessidades de consumo.

Para se estimar o volume do reservatório de água pluvial para o presente estudo, levou-se em consideração as áreas de cobertura da edificação, o consumo diário de água, o índice pluviométrico da região, o coeficiente de perdas e o percentual de água potável usada para fins não potáveis que poderia ser substituída por água pluvial.

Os métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório de armazenamento devem ser os seguintes: (ABNT, 2007)

- Método de Ripple
 - Método do Azevedo Netto
 - Método Prático Alemão
 - Método Prático Inglês
 - Método Prático Australiano
 - Método da Simulação
-
- Método de Ripple

É o método mais conhecido e citado em bibliografias sobre o tema e também é conhecido como Método do Diagrama de Massas. Campos *et al.* (2007, apud MEDEIROS, 2012) comentam que o método é o mais utilizado, especialmente por sua fácil aplicação.

O método consiste na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando-se que nem toda a água precipitada seja armazenada e correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável. (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Campos (2004) recomenda que, devido ao conceito do Método de Ripple, quanto menor o intervalo nos dados pluviométricos, maior será a precisão no dimensionamento, sendo a utilização de valores diários suficiente. Devido ao fato de nem sempre existirem dados diários, muitas vezes utilizam-se dados mensais, que além de tornarem o procedimento de cálculo menos trabalhoso, também apresentam resultados satisfatórios.

O período de coleta dos dados de chuva é de grande valia para a precisão na aplicação do método. Quanto maior o período analisado, mais eficiente será o dimensionamento do reservatório.

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), recomenda-se usar para o dimensionamento do reservatório segundo o Método de Ripple as equações (2) a (5):

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

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad (3)$$

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

$$\text{Sendo } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)} \quad (5)$$

Onde:

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

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

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

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

➤ Método de Azevedo Netto (Método Prático Brasileiro)

Se define como o volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada e o número de meses com pouca chuva ou seca. Este é um método simplificado, e não leva em consideração a demanda, podendo ser uma boa estimativa quando há uma ausência deste dado. (DIOGO, 2013)

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), recomenda-se usar para o dimensionamento do reservatório segundo o Método de Azevedo Netto a equação (6):

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

Onde:

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

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

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

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

➤ Método Prático Alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável. (ABNT, 2007)

Vadotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6 %).

$$V_{\text{adotado}} = \min(V, D) \times 0,06 \quad (7)$$

Onde:

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

D é a demanda anual de água não potável (L);

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

➤ Método Prático Inglês

O Método Prático Inglês é um método empírico e consiste em considerar o volume do reservatório como sendo 5% da água da chuva coletada nas áreas de captação, sendo então independente da demanda de consumo. (MEDEIROS, 2012)

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

Onde:

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

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

➤ Método Prático Australiano

Segundo Couto (2012), nesse método é necessário obter uma série histórica mensal de precipitação. Para equacionar o melhor volume do reservatório, o cálculo faz uma análise entre a chuva total do mês em conjunto com a demanda mensal. Faz-se a correção do volume de água coletada pela área de captação e o volume final é definido através de tentativas. Para análise crítica desse volume, o método recomenda a verificação de valores de confiança para as quantidades de meses em que houve o atendimento do volume para a demanda exigida (FONTANELA *et al.*, 2012).

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

Onde:

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

P é a precipitação média mensal;

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

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

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

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (10)$$

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 ;

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

$D_{(t)}$ é a demanda mensal.

Em nota a NBR 15527 (ABNT, 2007) acrescenta que para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando $(V_{(t-1)} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$ e o volume do tanque escolhido será T .

Cálculo da confiança:

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad (11)$$

Onde:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses.

$$\text{Confiança} = 1 - P_r \quad (12)$$

A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

➤ Método da Simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado dia, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito. (ABNT, 2007)

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (13)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (14)$$

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

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.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) cita em nota que para este método, duas hipóteses devem ser feitas: o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “f” e os dados históricos são representativos para as condições futuras.

1.4.3. Componentes básicos do sistema

➤ Superfície de recolhimento das águas

Geralmente usa-se como superfície de recolhimento da água da chuva o telhado da edificação. A qualidade da água recolhida no telhado depende dos materiais utilizados na construção, dos materiais que nele se depositam e da sua manutenção.

Existem diversos tipos de materiais que podem ser utilizados nas coberturas, no Brasil. Os tipos de cobertura mais utilizados são: telhas cerâmicas, metálicas, de fibrocimento e lajes impermeabilizadas. A escolha do material adequado é importante para a eficiência do sistema, pois, entre outros fatores, o tipo de material influenciará na qualidade e quantidade da água captada.

Segundo Bertolo (2006), a quantidade de água captada varia com o tamanho e a textura do telhado. Um telhado de material mais macio, liso e impermeável contribui para o aumento da qualidade e quantidade da água recolhida. Em coberturas de metal as perdas são desprezíveis, em coberturas de cimento a média

das perdas é inferior a 10 % e em coberturas à base de betume e de cascalho o máximo são 15% de perdas. (BERTOLO, 2006)

A Tabela 8 mostra os coeficientes de escoamento superficial para cada tipo de material.

Material	Coeficiente de <i>runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, pvc	0,90 a 0,95

Tabela 8: Coeficiente de *runoff* para alguns tipos de coberturas
Fonte: TOMAZ, 2011

➤ Superfícies de condução das águas

A água da chuva que escoar pelo telhado é recolhida pelas calhas e conduzida através de tubos de queda ao reservatório de armazenamento. As calhas recolhem não apenas a água, mas também os sedimentos, as fezes de pássaro e de outros animais, folhas e detritos. Segundo Cunliffe (1998), a acumulação destes materiais nos órgãos de condução pode proporcionar o crescimento bacteriano e contribuir para a contaminação da água armazenada. De forma a não permitir a contaminação da água e nem o entupimento das superfícies condutoras as superfícies de condução deverão ser regularmente limpas e com dispositivos de proteção contra queda de folhas de árvores, animais mortos e quaisquer outras fontes contaminantes.



Figura 9: Instalação de tela para impedir acúmulo de folhas na calha
Fonte: APERS, 2012

➤ Dispositivos de filtragem das águas

Segundo Acquasave (2014), o princípio de funcionamento do dispositivo de filtragem consiste em:

01 - A água da chuva, ao chegar ao filtro, é freada na bacia superior, sendo então conduzida a descer nas cascatas, por força do desenho especial destas.

02 - A limpeza preliminar se dá pelo princípio das cascatas. A sujeira mais grossa (folhas, etc.) passa por cima dos vãos e vai direto para a galeria pluvial.

03 - A água da chuva, já livre das impurezas maiores, passa então pela tela (malhas de 0,26mm 0,55 mm) abaixo das cascatas. Devido ao desenho especial da tela, ela conduz a sujeira fina por ela retida também para a canalização, isto é, ela é autolimpante. Com isso, se obtêm intervalos grandes de manutenção.

04 - A água limpa encaminha-se para a cisterna.

05 - A sujeira é eliminada pela filtragem e vai para a canalização pluvial.



Figura 10: Esquema de funcionamento do filtro
Fonte: ACQUASAVE, 2014

A Figura 11 mostra o esquema de filtragem da água, passando pelo filtro antes de ir para o reservatório.

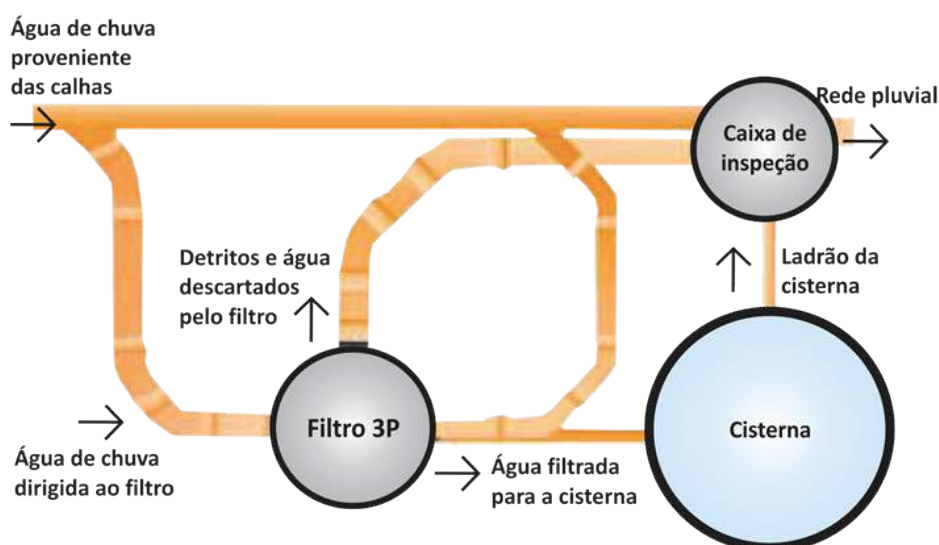


Figura 11: Esquema do sistema de filtragem da água
Fonte: ACQUASAVE, 2014

➤ Dispositivos de primeira lavagem (*first-flush*)

Segundo Tordo (2004), a primeira chuva contém impurezas originárias das deposições no telhado de matéria orgânica eliminada pelos pássaros e/ou trazidas pelo vento, como folhas e pequenos insetos. Além disso, Tomaz (2011) destaca também a lavagem da atmosfera feita pelos primeiros milímetros de chuva como

origem das impurezas presentes. Logo, se houver o descarte dessa água, a qualidade da água captada será superior.

Existem dispositivos, manuais e automáticos, destinados exclusivamente a este fim. As Figuras 12 e 13 mostram exemplos de sistemas de descarte da água de lavagem do telhado.

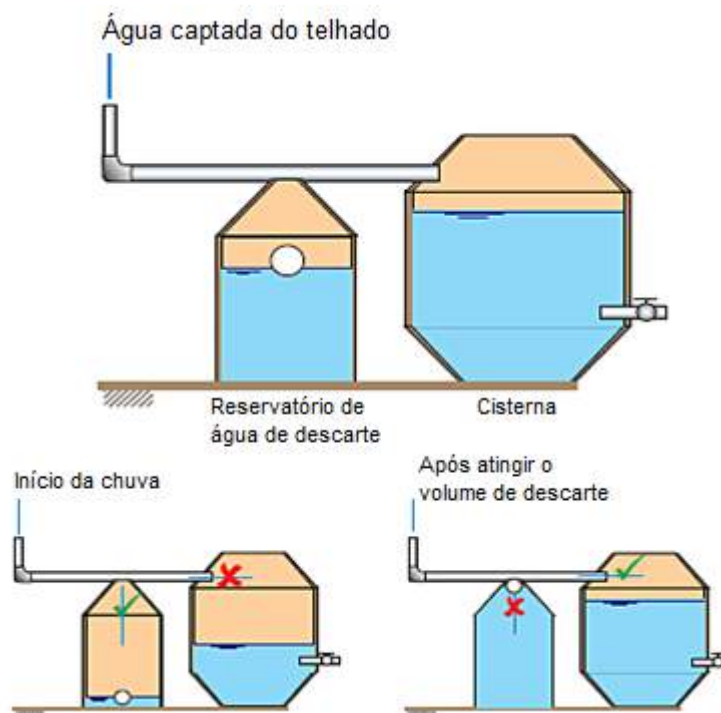


Figura 12: Exemplo 1 de dispositivo de descarte da primeira chuva
Fonte: PROSAB, 2006



Figura 13: Exemplo 2 de dispositivo de descarte da primeira chuva
Fonte: SELO CASA AZUL, 2010

Em ambos os dispositivos o funcionamento ocorre de maneira bem simples, quando o volume do reservatório de eliminação da primeira chuva é preenchido, a entrada de água é vedada por um dispositivo e a água de chuva captada passa a ser direcionada diretamente para o reservatório de acumulação.

➤ Reservatórios para armazenamento

O reservatório tem a função de armazenar a água que será utilizada posteriormente para fins não potáveis. Além de ser responsável por aproximadamente 50 a 60% do custo total do sistema, sem considerar o tratamento da água, o tipo de reservatório pode interferir na qualidade da água armazenada. (DE PAULA, 2005)

O material escolhido tem de ser durável, estanque em relação ao exterior, liso no interior e selado com juntas de material não tóxico. Se o destino da água armazenada for o consumo potável, deve garantir-se que as pinturas e o material das juntas sejam adequados. A cobertura deve ser estanque para prevenir a evaporação e a criação de mosquitos, e para preservar o reservatório da entrada de insetos, pássaros, lagartos, rãs e roedores. (BERTOLO, 2006)

Os reservatórios devem ser feitos de maneira a evitar de qualquer forma a penetração da luz solar, pois esta provoca o surgimento de algas.

Segundo Teston (2012, apud OLIVEIRA *et al.*, 2007), neste reservatório deverá ser instalada a tubulação de extravasão, que conduzirá a água excedida para fora do reservatório, quando este estiver operando totalmente cheio. De preferência este extravasor deve ser conectado à rede de drenagem da edificação. As Figuras 14 e 15 mostram dois tipos de reservatórios de armazenamento de água de chuva, a primeira em polietileno, a segunda em placas de cimento pré-moldado.



Figura 14: Cisternas em polietileno para armazenamento de água de chuva
Fonte: FORTLEV, 2014



Figura 15: Cisterna em placa de cimento pré-moldado
Fonte: ASA BRASIL, 2014

2. METODOLOGIA

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

2.1.1. Localização da área de estudo

O objeto desse estudo é o Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha (PHLC), situado no interior do Campus Francisco Negrão de Lima, edificação pertencente à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e localizada na Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ.

O bairro Maracanã se situa na Grande Tijuca, sub-bacia do Canal do Manguê, macrobacia da Baía de Guanabara. Segundo dados do IBGE (2010), é um bairro de classe média da Zona Norte do Rio de Janeiro, tendo IDH de 0,944 segundo dados datados do ano de 2000, tendo o segundo melhor dentre os 86 bairros da Zona Norte, atrás do bairro Jardim Guanabara.

As figuras abaixo mostram a localização do bairro Maracanã no contexto da Região Sudeste e do município do Rio de Janeiro.

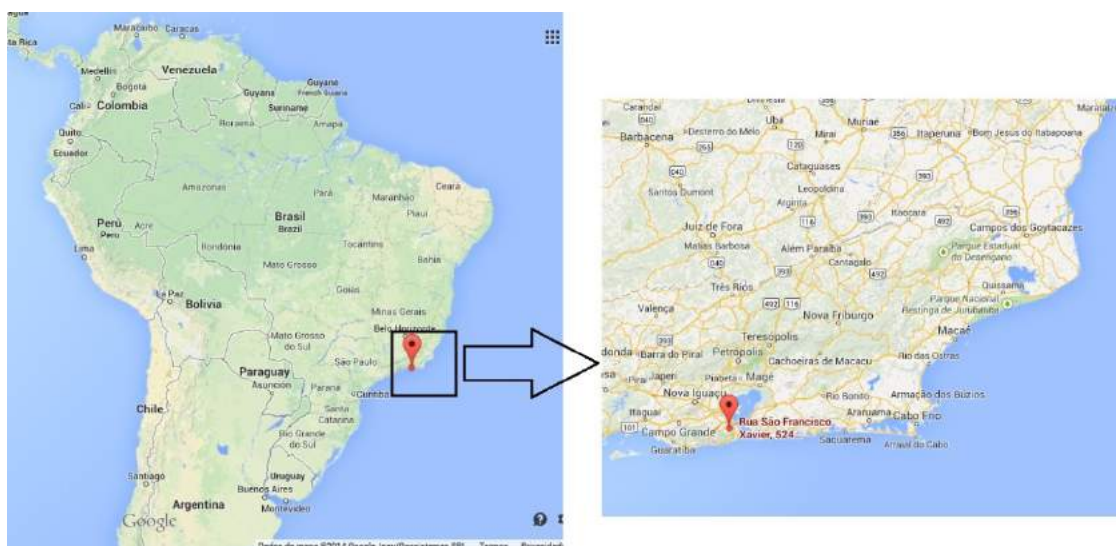


Figura 16: Localização do Rio de Janeiro na Região Sudeste
Fonte: GOOGLE, 2014



Figura 17: Localização do bairro Maracanã no Rio de Janeiro
Fonte: WIKIPEDIA, 2013

A área da Grande Tijuca, que foi no passado um grande território pantanoso, hoje é uma região densamente povoada, com residências, hospitais e um grande centro comercial, incluindo vários shoppings e restaurantes.

Diversos rios cortam o bairro, entre eles o Rio Maracanã, que possui 8.510 metros, desde a sua nascente no Maciço da Tijuca até a sua foz, sendo um dos rios contribuintes ao Canal do Mangue, que por sua vez alimenta a Baía de Guanabara.

Sendo um dos principais rios da Grande Tijuca, o Rio Maracanã é um dos grandes pontos de discussão acerca das inundações na região, causadas pelo processo de urbanização do bairro, que impermeabilizou o solo da região e reduziu o volume para o fluxo do rio, aumentando assim seu volume e causando seu transbordamento quando há ocorrência de chuva.

As Figuras 18 e 19 mostram o processo de urbanização na bacia do Canal do Mangue ao longo dos anos.

BACIA HIDROGRÁFICA DO CANAL DO MANGUE

ANTES DA CIDADE



Figura 18: Bacia do Canal do Mangue antes do processo de urbanização
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

BACIA HIDROGRÁFICA DO CANAL DO MANGUE



Figura 19: Bacia do Canal do Mangue nos dias atuais
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

2.1.2. Caracterização da área de estudo

O campus funciona em regime integral (manhã, tarde e noite), aberto ao público das 5:00 as 0:00hs, de segunda-feira a sexta-feira e das 5:00 as 18:00hs aos sábados. O Pavilhão João Lyra Filho, prédio principal da Universidade, foi construído

entre 1974 e 1976, possui 6 blocos com 12 pavimentos interligados por rampas e passarelas. Nesta edificação estão instaladas além da Administração Central da Universidade, a maioria das Faculdades e Institutos com 283 salas de aula, 70 laboratórios, 22 auditórios, 11 bibliotecas, 15 cantinas, 19 centros reprográficos, oficinas da área de manutenção da Prefeitura dos campi, almoxarifado central e o parque gráfico, como também a Editora da UERJ, Juizados de Pequenas Causas/TJ, Galeria Cândido Portinari, entre outros órgãos.

Possui ainda, além do Pavilhão João Lyra Filho, os seguintes pavilhões: Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha, Teatro Odylo Costa Filho, Pavilhão Antônio Francisco Rodrigues, Centro Cultural Oscar Tenório, Concha Acústica e Capela Ecumênica.

Atualmente cerca 23 mil pessoas circulam no campus entre alunos, servidores técnicos e docentes. A Figura 20 mostra a localização da UERJ (representada por seu endereço) na região da Grande Tijuca.

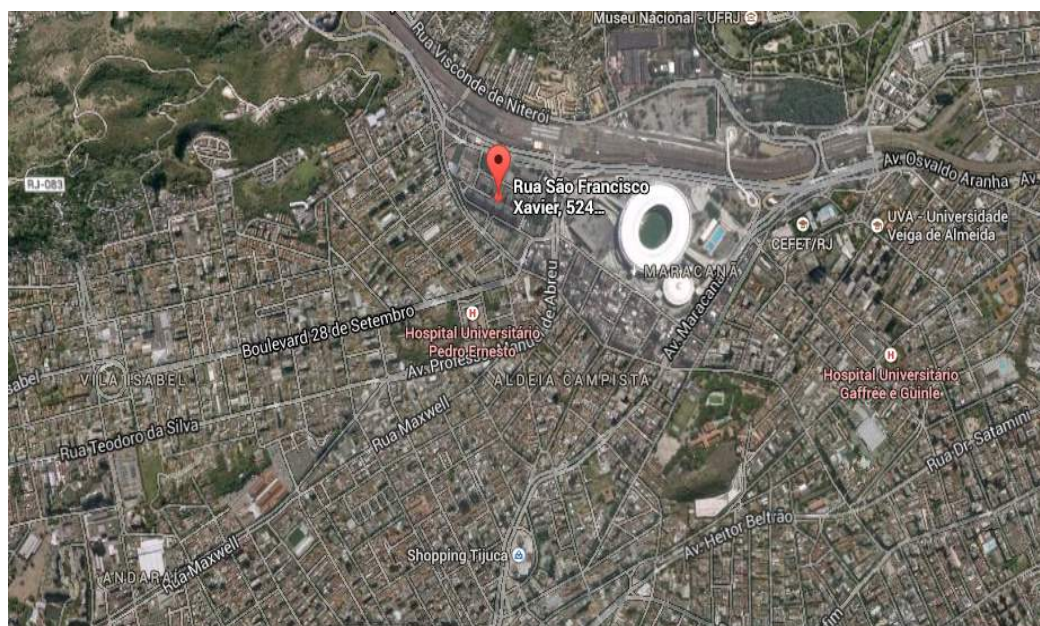


Figura 20: Localização da UERJ na região da Grande Tijuca
Fonte: GOOGLE, 2014

2.2. Cálculo da área de coleta de água pluvial

Para o cálculo da área de cobertura (área de captação) do Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha é necessário estimar o volume de água de chuva aproveitável e o volume do reservatório de armazenamento.

O cálculo foi efetuado pelo levantamento das áreas e da inclinação do telhado obtidos na planta de cobertura.

2.3. Levantamento dos dados pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos a partir de dados do Sistema Alerta Rio da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro para a estação Tijuca. A estação encontra-se no interior do Centro de Estudos do Sumaré, localizado na Estrada do Sumaré, 670, Rio Comprido, Rio de Janeiro – RJ em latitude -22,931944 e longitude -43,221667 e a uma distância de 2,8 km da UERJ. No presente estudo utilizaram-se dados diários, de 01/01/2005 a 31/12/2013.

Segundo Diogo (2013), ao obterem-se séries de dados de estações meteorológicas é importante que estas séries sejam previamente analisadas para que não ocorram erros de cálculo. É comum que haja ausência de dados, ou que estes possam não estar corretos. Foram observados, então, que para a estação mencionada os dados estão bastante consistentes, não havendo necessidade de descarte de dados. A Figura 21 mostra a localização da estação pluviométrica Tijuca.



Figura 21: Localização da estação pluviométrica Tijuca
Fonte: GOOGLE, 2014

2.4. Determinação da vazão de consumo de água

Para a determinação da vazão de consumo de água realizou-se uma análise dos dados de consumo da UERJ a partir dos valores das contas de consumo da CEDAE obtidos na prefeitura dos *campi*. Foram levantados os consumos mensais de água em um período para um histórico de três anos (2011 a 2013), a partir dos dados registrados nas faturas mensais de consumo. Compararam-se esses valores com a vazão obtida a partir do levantamento do número de frequentadores da instituição em conjunto com dados de consumo da literatura específica.

Com o número de pessoas que frequentam a instituição entre professores, servidores e alunos, selecionou-se na literatura dados de consumo de água não potável em ambientes similares, como prédios públicos e escolas municipais. A partir desses dados foi estimada a vazão de água não potável da UERJ.

2.5. Dimensionamento do reservatório de água pluvial

O dimensionamento do volume do reservatório de aproveitamento da água da chuva utilizou seis métodos práticos (Método de Ripple, Método de Azevedo Netto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês, Método Prático Australiano e Método da Simulação).

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS: Estudo de caso da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

3.1. Definição das áreas de captação

Embora o campus seja formado por diversos pavilhões, foi escolhida como área de captação apenas a cobertura do Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha que possui aproximadamente 3.699m² de área e é feita em telhas em fibrocimento. Para o escoamento e drenagem da água pluvial existem calhas em concreto revestido com argamassa e manta impermeabilizante e condutores verticais e horizontais de PVC, com 100 mm de diâmetro. A Figura 22 mostra todo o campus e destacado na cor vermelha o Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha.



Figura 22: Cobertura do Reitor Haroldo Lisboa da Cunha destacada
Fonte: GOOGLE, 2014 - modificado

3.2. Análise da precipitação pluviométrica local

Os dados coletados do Sistema Alerta Rio forneceram os totais de chuva (em mm) para intervalos de 15 em 15 minutos. Dessa forma calculou-se os totais diários,

e totais mensais. Com os totais mensais obtidos calcularam-se as médias mensais e anuais no período.

Mês / Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
Jan	192,8	226,2	127,0	185,6	272,4	220,2	103,6	180,8	353,8	206,9
Fev	106,2	125,6	117,6	125,0	122,2	62,4	87,4	14,4	83,4	93,8
Mar	193,2	104,6	14,2	246,6	94,4	338,6	149,0	91,0	358,0	176,6
Abr	260,0	255,6	118,2	218,6	237,2	472,0	358,0	100,8	85,0	233,9
Mai	86,0	168,8	202,0	73,8	55,2	89,6	171,4	99,6	169,2	124,0
Jun	17,2	173,6	67,0	62,0	73,2	71,4	39,8	147,8	42,6	77,2
Jul	77,0	37,4	106,0	44,8	109,8	127,0	46,6	46,6	171,8	85,2
Ago	14,6	54,0	17,8	145,8	58,2	32,8	36,0	20,6	22,2	44,7
Set	238,6	171,6	39,4	111,8	132,2	58,2	57,4	124,6	75,0	112,1
Out	182,8	121,8	207,6	92,0	225,6	175,6	138,2	75,0	88,8	145,3
Nov	179,8	215,4	220,2	204,8	129,2	108,2	33,0	119,8	138,2	149,8
Dez	286,4	84,2	231,8	128,4	464,4	287,6	171,8	28,2	221,2	211,6
Total	1.834,6	1.738,8	1.468,8	1.639,2	1.974,0	2.043,6	1.392,2	1.049,2	1.809,2	1.661,1

Tabela 9: Precipitações médias mensais e média anual 2005-2013

Fonte: SISTEMA ALERTA RIO, 2014

A precipitação média mensal obtida para o período avaliado foi de 138,42 mm/mês, e a precipitação média anual foi de 1.661,07 mm/ano. As Figuras 20 e 21 ilustram os valores de precipitação média mensal e precipitação média anual, respectivamente. Os Gráficos 4 e 5 mostram, respectivamente, a precipitação média mensal e anual na estação Tijuca.

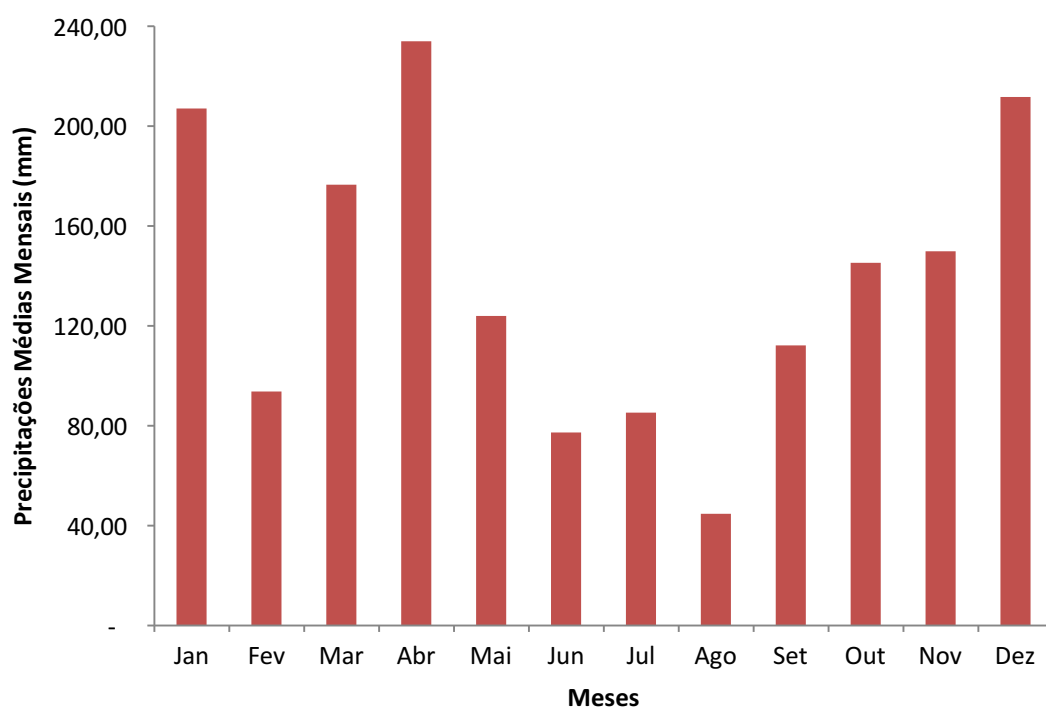


Gráfico 4: Precipitações médias mensais de 2005 a 2013 na estação Tijuca
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

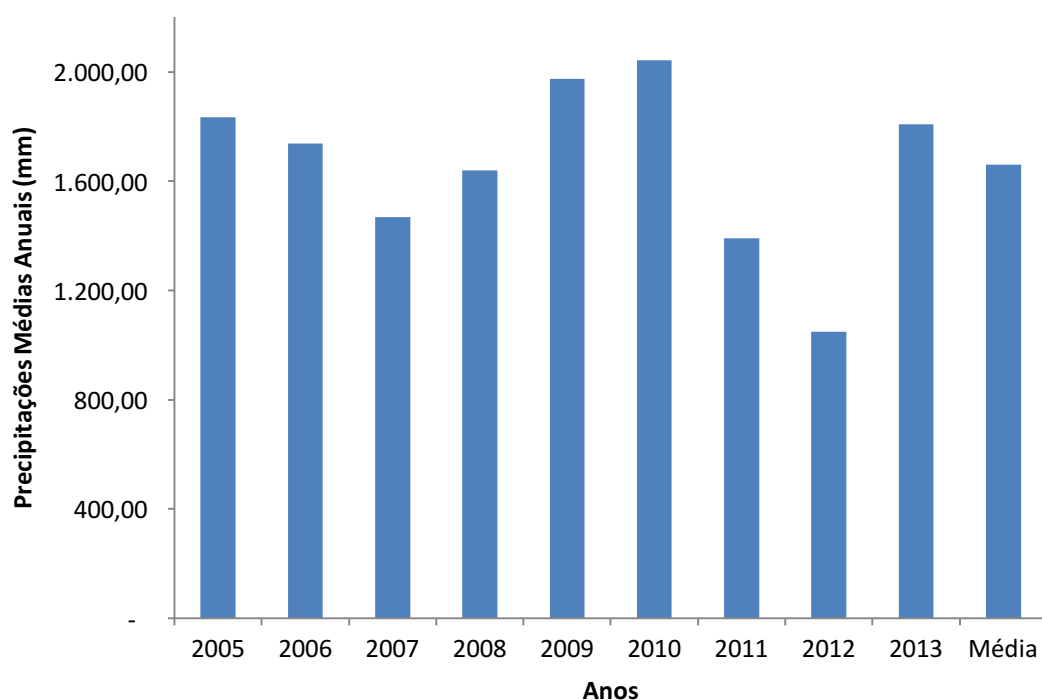


Gráfico 5: Precipitações médias anuais na estação Tijuca
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

3.3. Cálculo da quantidade de chuva aproveitada

A partir da planta de cobertura obtida na instituição, foi possível calcular a área de projeção da cobertura para captação de água da chuva.

Considerando-se os valores da área de projeção da cobertura, precipitação média mensal e coeficiente de *Runoff*, com a equação (1), pode-se calcular o potencial de captação da água da chuva mensal. Os resultados destes cálculos são apresentados na Tabela 10:

Mês	Precip. média mensal (mm)	Área (m ²)	Runoff f	Volume captável (L)	Volume captável (m ³)
Jan	206,9	3.699,0	0,8	612.357,1	612,4
Fev	93,8	3.699,0	0,8	277.573,0	277,6
Mar	176,6	3.699,0	0,8	522.660,5	522,7
Abr	233,9	3.699,0	0,8	692.255,5	692,3
Mai	124,0	3.699,0	0,8	366.809,3	366,8
Jun	77,2	3.699,0	0,8	228.384,5	228,4
Jul	85,2	3.699,0	0,8	252.189,6	252,2
Ago	44,7	3.699,0	0,8	132.177,6	132,2
Set	112,1	3.699,0	0,8	331.693,4	331,7
Out	145,3	3.699,0	0,8	429.873,1	429,9
Nov	149,8	3.699,0	0,8	443.419,7	443,4
Dez	211,6	3.699,0	0,8	626.035,2	626,0
TOTAL	1.661,1	3.699,0	0,8	4.915.428,5	4.915,4

Tabela 10: Quantidade mensal de água captada
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

3.4. Vazões de consumo de água na UERJ

Foram coletados dados do Anuário Estatístico da UERJ do ano de 2013 e foi constatado que o público que frequenta o campus Francisco Negrão de Lima diariamente (considerando os três turnos) é de aproximadamente 23.000 pessoas, entre alunos, servidores técnico-administrativos e docentes. Esses dados estão demonstrados na Tabela 11.

ÓRGÃO	POPULAÇÃO ATIVA							
	ALUNOS		DOCENTES		SERVIDORES		TOTAL	
	MASC	FEM.	MASC	FEM.	MASC	FEM.	MASC	FEM.
	
1 - UNIDADES ACADÊMICAS								
Centro Biomédico	352	1.023	99	130	67	65	518	1.218
Centro de Ciências Sociais	3.057	2.990	194	123	58	52	3.309	3.165
Centro de Educação e Humanidades	1.639	3.937	143	207	85	76	1.867	4.220
Centro de Tecnologia e Ciências	4.210	2.309	351	142	109	66	4.670	2.517
PROGRAMAS/CURSOS MULTIDISCIPLINARES	64	81	-	-	-	-	64	81
TOTAL	9.322	10.340	787	602	319	259	10.428	11.201
2 - INSTITUTOS E NÚCLEOS ESPECIALIZADOS								
TOTAL	-	-	-	-	10	30	10	30
3 - ADMINISTRAÇÃO CENTRAL								
TOTAL	-	-	-	-	623	468	623	468
4 - ÓRGÃOS RELATIVAMENTE AUTÔNOMOS								
TOTAL	-	-	-	-	37	37	37	37
UERJ	9.322	10.340	787	602	989	794	11.098	11.736

Tabela 11: População campus Francisco Negrão de Lima
Fonte: DATA-UERJ, 2013 - Modificado

Com os dados de população e os dados de consumo de água das faturas da CEDAE, pode-se determinar a vazão diária de consumo de água do campus. Pelas faturas de consumo calculou-se a média de consumo mensal no período, resultando em **17.403,52 m³/mês** ou **17.403.516 L/mês**, gerando um consumo médio per capita/mês de **762,18 L/pessoa** ou **34,64 L/pessoa.dia**. A Tabela 12 apresenta o consumo mensal de água no campus entre os meses de janeiro de 2011 e dezembro de 2013.

Mês/Ano	Consumo Mensal (m³)	Consumo Diário (m³/dia)	Consumo (L/pessoa)	Consumo (L/pessoa*dia)	Valor da Fatura (R\$)	Valor (R\$/pessoa)
jan/11	15.016,60	682,57	657,64	29,89	158.115,31	6,92
fev/11	17.990,00	817,73	787,86	35,81	180.986,78	7,93
mar/11	20.470,00	930,45	896,47	40,75	205.954,31	9,02
abr/11	17.770,00	807,73	778,23	35,37	180.368,53	7,90
mai/11	22.710,00	1.032,27	994,57	45,21	235.268,87	10,30
jun/11	18.580,00	844,55	813,70	36,99	191.055,45	8,37
jul/11	16.430,00	746,82	719,54	32,71	168.603,87	7,38
ago/11	15.360,00	698,18	672,68	30,58	176.363,20	7,72
set/11	14.020,00	637,27	614,00	27,91	153.190,15	6,71
out/11	18.540,00	842,73	811,95	36,91	202.605,18	8,87
nov/11	17.510,00	795,91	766,84	34,86	191.329,68	8,38
dez/11	18.500,00	840,91	810,20	36,83	205.539,95	9,00
jan/12	14.390,00	654,09	630,20	28,65	175.812,72	7,70
fev/12	18.220,00	828,18	797,93	36,27	199.091,78	8,72
mar/12	18.120,00	823,64	793,55	36,07	198.007,52	8,67
abr/12	19.920,00	905,45	872,38	39,65	225.190,15	9,86
mai/12	18.940,00	860,91	829,46	37,70	206.963,20	9,06
jun/12	17.890,00	813,18	783,48	35,61	195.499,04	8,56
jul/12	15.570,00	707,73	681,88	30,99	170.132,56	7,45
ago/12	13.570,00	616,82	594,29	27,01	162.217,25	7,10
set/12	13.180,00	599,09	577,21	26,24	157.197,08	6,88
out/12	15.270,00	694,09	668,74	30,40	182.135,60	7,98
nov/12	18.430,00	837,73	807,13	36,69	219.836,89	9,63
dez/12	17.190,00	781,36	752,82	34,22	205.042,13	8,98
jan/13	18.020,00	819,09	789,17	35,87	214.937,44	9,41
fev/13	15.730,00	715,00	688,88	31,31	187.628,47	8,22
mar/13	18.460,00	839,09	808,44	36,75	224.588,35	9,84
abr/13	16.180,00	735,45	708,59	32,21	192.992,17	8,45
mai/13	18.260,00	830,00	799,68	36,35	217.808,13	9,54
jun/13	20.000,00	909,09	875,89	39,81	238.582,89	10,45
jul/13	16.790,00	763,18	735,31	33,42	200.275,11	8,77
ago/13	18.890,00	858,64	827,28	37,60	226.393,97	9,91
set/13	15.810,00	718,64	692,39	31,47	188.579,90	8,26
out/13	16.590,00	754,09	726,55	33,02	197.711,66	8,66
nov/13	18.320,00	832,73	802,31	36,47	232.024,25	10,16
dez/13	19.890,00	904,09	871,07	39,59	251.906,64	11,03
Média	17.403,52	791,07	762,18	34,64	197.776,01	8,66

Tabela 12: Consumo de água do campus Francisco Negrão de Lima

Fonte: CEDAE, 2014

Conforme relatado anteriormente, Medeiros (2012, apud ILHA, 2002) adotou em seu estudo que para ambientes escolares o número de descargas por pessoa por dia no vaso sanitário é de 1 a 2 descargas. Oliveira (2008) considerou em seu estudo sobre o consumo na rede municipal de Guarulhos que cada aluno ocupa a bacia sanitária 4 (quatro) vezes ao dia e que o volume de cada descarga seja de 9 litros/descarga. Marinoski (2007) adotou o valor de 0,15 l/s para a descarga do mictório, considerando que o tempo de acionamento do botão da descarga seja de 6 segundos, tem-se 0,9 litros/descarga para o mictório. Marinoski considera ainda uma média de 2 duas descargas por pessoa por dia nos mictórios

Com os dados de literatura existentes e a população de projeto foi estudado então para efeito de dimensionamento do reservatório que se destina ao consumo das descargas dos banheiros feminino e masculino o consumo de 9 litros por descarga realizada nos vasos sanitários, sendo consideradas 2 descargas por pessoa por dia. Para os mictórios foram considerados 0,9 litros por descarga realizada, sendo também consideradas duas descargas por pessoas por dia.

Marinoski (2007) considera em seu trabalho que o percentual de homens que utiliza o vaso sanitário é de aproximadamente 40% e o percentual de homens que utiliza os mictório é de aproximadamente 60%, com isso, para o cálculo do consumo de água nos vasos sanitários, considerou-se como usuários toda a população feminina, totalizada em 11.736 pessoas, mais o percentual de 40% da população total masculina que utiliza os vasos sanitários. Este percentual de 40% corresponde a 4.439 homens. Assim, o total verificado de usuários dos vasos sanitários foi de 16.175 pessoas.

Os valores estimados de consumo total diário e mensal de água pelos vasos sanitários e mictórios, determinados com base no número de pessoas que utilizam os aparelhos, estão apresentados nas Tabelas 13 e 14.

	Masculino	Feminino	Total
Vaso sanitário	79.906	211.248	291.154
Mictório	11.986	-	11.986
Total	91.891	211.248	303.139

Tabela 13: Consumo diário total por aparelho e usuários
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

	Masculino	Feminino	Total
Vaso sanitário	1.757.923	4.647.456	6.405.379
Mictório	263.688	-	263.688
Total	2.021.612	4.647.456	6.669.068

Tabela 14: Consumo mensal total por aparelho e usuários
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

Verifica-se que as vazões de consumo baseadas na população e nos dados de literatura correspondem a aproximadamente 40% do consumo mensal de água da UERJ verificado pelos dados da CEDAE. Esse percentual está dentro do aceitável, ao se comparar com outros estudos já realizados na área.

Para estimativa da área de jardins foi feito o levantamento com a planta fornecida pela instituição e obteve-se uma área de aproximadamente 8.500 m² de jardins e canteiros. Conforme relatado anteriormente, PROSAB (2006) cita que na rega de jardim estima-se o consumo de 3 L/m²/dia com 8 utilizações ao mês. Com isso foi obtida a vazão mensal de 204.000 L/mês ou 204,00 m³/mês.

A vazão total estimada de consumo mensal na UERJ é a soma das vazões dos sanitários e da rega dos jardins, que totaliza 7.048.860 L/mês ou 7.048,86 m³/mês.

A quantidade de água aproveitada através da captação dos telhados supre completamente a demanda dos jardins, fato este representado e atestado através de cálculos apresentados na Tabela 15.

Mês	Precip. média mensal (mm)	Área (m ²)	Runoff	Volume captável (m ³)	Demanda de água (m ³)	Diferença (m ³)	Perc. de substituição (%)
Jan	206,9	3.669,0	0,8	607,4	204,0	403,4	297,7%
Fev	93,8	3.669,0	0,8	275,3	204,0	71,3	135,0%
Mar	176,6	3.669,0	0,8	518,4	204,0	314,4	254,1%
Abr	233,9	3.669,0	0,8	686,6	204,0	482,6	336,6%
Mai	124,0	3.669,0	0,8	363,8	204,0	159,8	178,4%
Jun	77,2	3.669,0	0,8	226,5	204,0	22,5	111,0%
Jul	85,2	3.669,0	0,8	250,1	204,0	46,1	122,6%
Ago	44,7	3.669,0	0,8	131,1	204,0	- 72,9	64,3%
Set	112,1	3.669,0	0,8	329,0	204,0	125,0	161,3%
Out	145,3	3.669,0	0,8	426,4	204,0	222,4	209,0%
Nov	149,8	3.669,0	0,8	439,8	204,0	235,8	215,6%
Dez	211,6	3.669,0	0,8	621,0	204,0	417,0	304,4%
TOTAL	1.661,1	3.669,0	0,8	4.875,6	2.448,0	2.427,6	199,2%

Tabela 15: Percentual de água potável substituída por água de chuva para uso em irrigação

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

3.5. Dimensionamento dos reservatórios

3.5.1. Pelo Método de Ripple

Utilizou-se inicialmente para o dimensionamento dos reservatórios a forma analítica do Método de Ripple. Foi calculada a diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva para cada um dos meses analisados, ou seja, resultados negativos indicam um volume de chuva maior que a demanda, havendo nesse caso um extravasamento do reservatório, enquanto resultados positivos indicam um volume de demanda maior que o volume de precipitação originando um decréscimo no nível de água do reservatório. Por fim, calculou-se o acumulado da diferença entre esses volumes. O maior valor encontrado será o maior decréscimo de volume de água que o reservatório terá, resultando assim, no valor da capacidade mínima que o reservatório deverá ter para suprir as necessidades de demanda. Os cálculos estão demonstrados na Tabela 16.

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área de captação (m²)	Vol. chuva mensal (m³)	Diferença entre os valores da demanda e vol. de chuva (m³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m³)
coluna 01	coluna 02	coluna 03	coluna 04	coluna 05	coluna 06	coluna 07
Janeiro	206,9	204,0	3.669,0	612,4	-408,4	
Fevereiro	93,8	204,0	3.669,0	277,6	-73,6	
Março	176,6	204,0	3.669,0	522,7	-318,7	
Abril	233,9	204,0	3.669,0	692,3	-488,3	
Maio	124,0	204,0	3.669,0	366,8	-162,8	
Junho	77,2	204,0	3.669,0	228,4	-24,4	
Julho	85,2	204,0	3.669,0	252,2	-48,2	
Agosto	44,7	204,0	3.669,0	132,2	71,8	71,82
Setembro	112,1	204,0	3.669,0	331,7	-127,7	
Outubro	145,3	204,0	3.669,0	429,9	-225,9	
Novembro	149,8	204,0	3.669,0	443,4	-239,4	
Dezembro	211,6	204,0	3.669,0	626,0	-422,0	
TOTAL	1.661,1	2.448,0	3.669,0	4.915,4		
MÉDIA	138,4	204,0	3.669,0	409,6	VALOR ADOTADO	71,8 m³

Tabela 16: Dimensionamento do reservatório pelo método de Ripple
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

3.5.2. Pelo Método de Azevedo Netto

Para a aplicação do método de Azevedo Netto, determinou-se a chuva média anual, desse modo em posse da série histórica que contempla os totais anuais de 2005 até 2013 chegou-se a precipitação média anual de 1.661,07 mm como mostra a Tabela 9. Foi considerado $T = 3$, considerando o trimestre mais seco, os meses de junho, julho e agosto (Gráfico 3). Aplicando a fórmula de Azevedo Netto:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

$$P = 1.661,07 \text{ mm};$$

$$A = 3.699,00 \text{ m}^2;$$

$$T = 3.$$

Desse modo:

$$V = 0,042 \times 1661,07 \times 3699,00 \times 3 = 774.179,99\text{L ou } 774,17\text{m}^3$$

3.5.3. Pelo Método Prático Alemão

Para a aplicação do método prático alemão, determinou-se o volume anual de chuva aproveitável, que de acordo com a Tabela 15 é de 4.915,43 m³. Determinou-se ainda o volume anual de consumo de água não potável, que conforme a Tabela 15 é de 2.448,00 m³. Aplicando a fórmula do método prático alemão:

$$V_{\text{adotado}} = \min(V, D) \times 0,06$$

Onde:

$$V = 4.915,43 \text{ m}^3;$$

$$D = 2.448,00 \text{ m}^3;$$

Desse modo:

$$V_{\text{adotado}} = 2.448,00 \times 0,06 = 146,88 \text{ m}^3$$

3.5.4. Pelo Método Prático Inglês

Para determinação dos volumes dos reservatórios pelo método prático inglês deve-se determinar a precipitação média anual, que como mostrado na tabela 9. é de 1.661,07 mm, e como também já tem-se as áreas de captação determinadas pode-se aplicar a equação:

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

Onde:

$$A = 3.699,00 \text{ m}^2;$$

$$P = 1.661,07 \text{ mm};$$

$$V = 0,05 \times 3.699,00 \times 1661,07 = 307.214,89 \text{ L ou } 307,21 \text{ m}^3$$

3.5.5. Pelo Método Prático Australiano

Para dimensionamento pelo método prático australiano calcula-se o volume mensal de água da chuva e as áreas de captação. Com esses valores e os valores de perda por evaporação e o coeficiente de *Runoff* aplica-se a equação do método prático australiano:

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

Os resultados encontram-se expressos na Tabela 17 adiante:

$$C = 0,80;$$

$$P = \text{variável mensalmente};$$

$$I = 2 \text{ mm};$$

$$A = 3.699,00 \text{ m}^2;$$

Para o primeiro mês:

$$Q = 3.699,00 \times 0,80 \times (206,93 - 2) = 606.448,85\text{L ou } 606,44\text{m}^3$$

Calculou-se em seguida o volume do reservatório para suprir apenas o mês de janeiro, para isso utilizou-se o valor da demanda mensal. Tem-se:

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

Onde:

$$Q_{(t)} = 606,44 \text{ m}^3;$$

$$V_{(t-1)} = 0,00;$$

$$D_{(t)} = 204,00 \text{ m}^3.$$

$$V_{(t)} = 0 + 606,44 - 204,00 = 402,44 \text{ m}^3$$

Para o segundo mês:

$$Q = 3699,00 \times 0,80 \times (93,80 - 2) = 271.654,56\text{L ou } 271,65\text{m}^3$$

$$V_{(t)} = 402,44 + 271,65 - 204,00 = 470,09\text{m}^3$$

Os valores para todos os meses do ano encontram-se na Tabela 17

Meses	Precipitação o média mensal (mm)	Área de captação (m²)	Runoff	Interceptação de água e perdas por evaporação (mm)	Vol. chuva mensal no mês (m³)	Demanda mensal (m³)	Volume no reservatóri o ao final do mês (m³)
	P	A	C	I	Q	Dt	Vt
coluna 01	coluna 02	coluna 03	coluna 04	coluna 05	coluna 06	coluna 07	coluna 08
Janeiro	206,93	3.669,00	0,80	2,00	601,52	204,00	397,52
Fevereiro	93,80	3.669,00	0,80	2,00	269,45	204,00	462,97
Março	176,62	3.669,00	0,80	2,00	512,55	204,00	771,52
Abril	233,93	3.669,00	0,80	2,00	680,77	204,00	1.248,29
Maio	123,96	3.669,00	0,80	2,00	357,96	204,00	1.402,26
Junho	77,18	3.669,00	0,80	2,00	220,66	204,00	1.418,92
Julho	85,22	3.669,00	0,80	2,00	244,27	204,00	1.459,19
Agosto	44,67	3.669,00	0,80	2,00	125,24	204,00	1.380,43
Setembro	112,09	3.669,00	0,80	2,00	323,13	204,00	1.499,56
Outubro	145,27	3.669,00	0,80	2,00	420,52	204,00	1.716,08
Novembro	149,84	3.669,00	0,80	2,00	433,95	204,00	1.946,03
Dezembro	211,56	3.669,00	0,80	2,00	615,09	204,00	2.357,12
TOTAL	1.661,07	3.669,00			4.805,12		
MÉDIA	138,42	3.669,00			400,43	VALOR ADOTADO	2.357 m³

Tabela 17: Dimensionamento do reservatório pelo método prático australiano
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

Cálculo da confiança:

$$P_r = \frac{N_r}{n}$$

Onde:

$N_r = 0$;

$n = 12$.

Logo, $P_r = 0$.

$$\text{Confiança} = 1 - 0 = 100\%$$

3.5.6. Pelo Método da Simulação

Para dimensionamento pelo Método da Simulação a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado dia, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito. Os cálculos foram feitos para volumes de reservatório de 400, 450, 500, 550 e 600m³.

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

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

Onde para o primeiro dia, tem-se:

$$S_{(t-1)} = 0;$$

$$Q_{(t)} = 0;$$

$$D_{(t)} = 9,3\text{m}^3/\text{dia};$$

$$C = 0,80.$$

$$S_t = 0 + 0 - 9,3 = -9,3\text{m}^3$$

Para o segundo dia, tem-se:

$$S_{(t-1)} = -9,3\text{m}^3;$$

$$Q_{(t)} = 0;$$

$$D_{(t)} = 9,3\text{m}^3/\text{dia};$$

$$C = 0,80.$$

$$S_t = 0 - 9,3 - 9,3 = -18,5\text{m}^3$$

Os Gráficos 6 a 10 mostram a variação do reservatório no tempo, de acordo com o volume do reservatório.

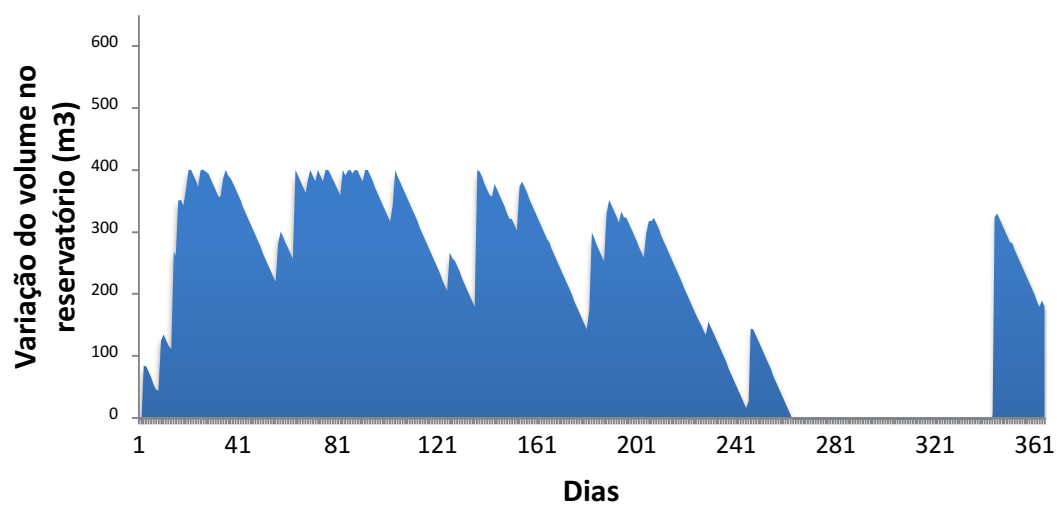


Gráfico 6: Variação do volume do reservatório no tempo - reservatório de 400m³
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

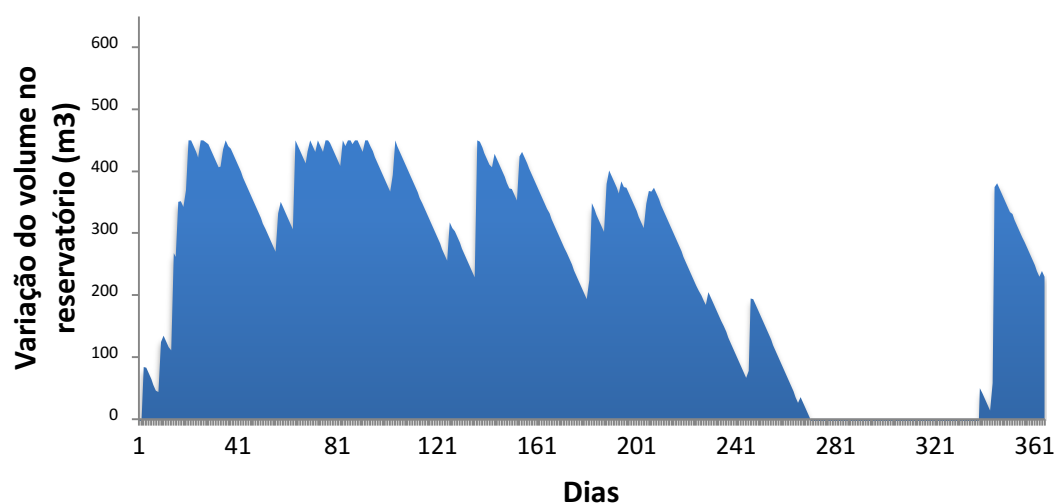


Gráfico 7: Variação do volume do reservatório no tempo - reservatório de 450m³
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR – 2014

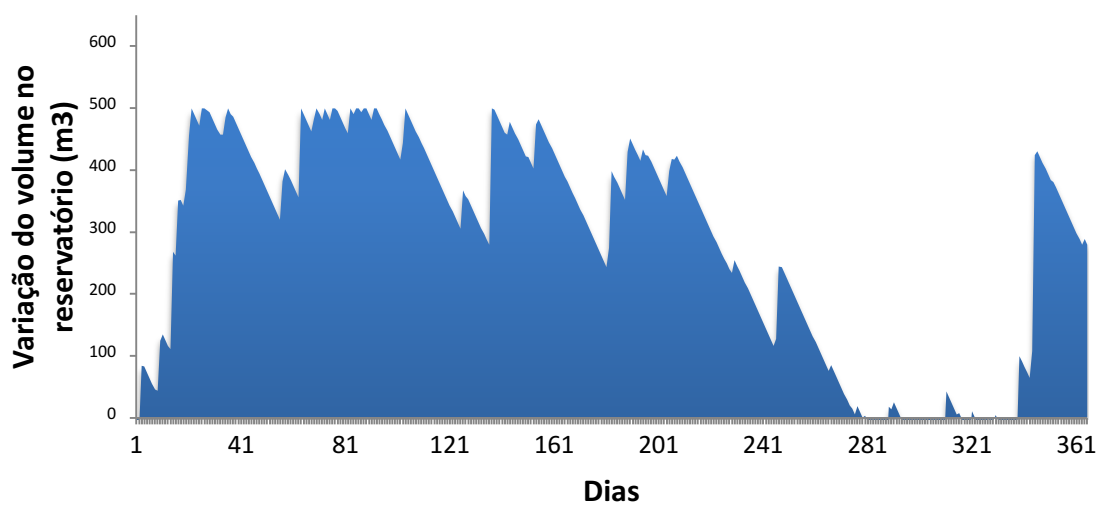


Gráfico 8: Variação do volume do reservatório no tempo - reservatório de 500m³
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

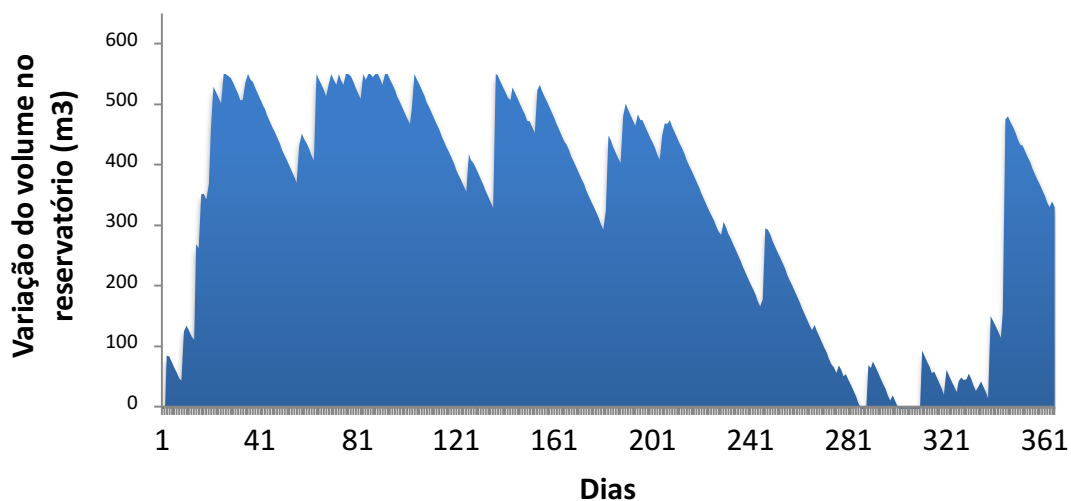


Gráfico 9: Variação do volume do reservatório no tempo – reservatório de 550m³
 Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

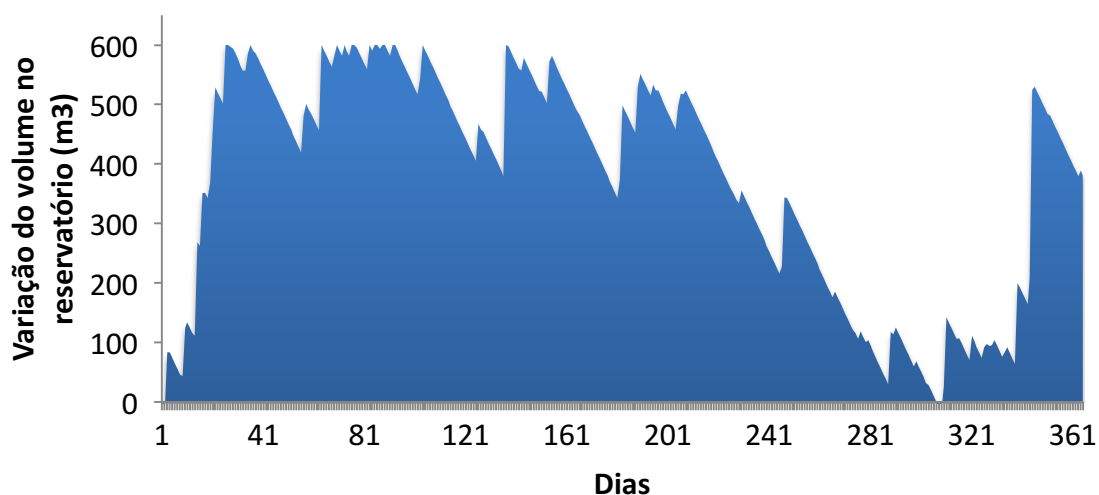


Gráfico 10: Variação do volume do reservatório no tempo – reservatório de 600m³
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

Observando os Gráficos de 6 a 10, percebe-se que conforme aumenta o volume do reservatório, diminui o número de dias em que o reservatório fica vazio, ou seja, dias em que a demanda não é atendida. Entretanto, comparando os Gráficos 9 e 10, percebe-se que não há grande diferença na quantidade de dias em que a demanda não é atendida. Para um reservatório de 550m³ tem-se 15 dias de reservatório vazio, para um reservatório de 600m³ tem-se 4 dias de reservatório vazio, nota-se então, que aumentar o reservatório além de 550m³ representará um gasto financeiro elevado, podendo inviabilizar o projeto e não trazendo nenhum benefício, pois, provavelmente, utilizar 15 dias de água potável sairá financeiramente mais vantajoso que aumentar o volume do reservatório em 100m³.

Adotou-se o reservatório de 550m³ e foram realizados os cálculos para os 365 dias do ano de 2013, entretanto, como a planilha gerada ficou demasiadamente grande, será mostrado neste capítulo somente os resultados para o mês de janeiro, que estão apresentados na Tabela 18. Os resultados para todos os dias do ano se encontram na tabela anexa.

Mês	Dia	P (mm)	Vol. Chuva (m³)	Vol. Chuva - Descarte (m³)	Vol. Chuva Acum. (m³)	Capac. 550m³
Jan	01/01/2013	-	-	-	-	-9,3
	02/01/2013	0,2	0,6	-	-	-18,5
	03/01/2013	40,2	119,0	111,6	111,6	83,7
	04/01/2013	5,4	16,0	8,6	120,1	83,1
	05/01/2013	-	-	-	120,1	73,8
	06/01/2013	-	-	-	120,1	64,5
	07/01/2013	-	-	-	120,1	55,2
	08/01/2013	-	-	-	120,1	46,0
	09/01/2013	4,8	14,2	6,8	126,9	43,5
	10/01/2013	33,0	97,7	90,3	217,2	124,5
	11/01/2013	9,0	26,6	19,2	236,4	134,4
	12/01/2013	1,6	4,7	-	236,4	125,2
	13/01/2013	-	-	-	236,4	115,9
	14/01/2013	4,0	11,8	4,4	240,9	111,1
	15/01/2013	58,8	174,0	166,6	407,5	268,4
	16/01/2013	3,4	10,1	2,7	410,1	261,8
	17/01/2013	35,8	105,9	98,5	508,7	351,1
	18/01/2013	5,8	17,2	9,8	518,5	351,5
	19/01/2013	0,6	1,8	-	518,5	342,3
	20/01/2013	14,6	43,2	35,8	554,3	368,8
	21/01/2013	35,2	104,2	96,8	651,0	456,3
	22/01/2013	30,2	89,4	82,0	733,0	529,0
	23/01/2013	-	-	-	733,0	519,7
	24/01/2013	-	-	-	733,0	510,4
	25/01/2013	-	-	-	733,0	501,2
	26/01/2013	51,2	151,5	144,1	877,1	550,0
	27/01/2013	10,2	30,2	22,8	899,9	550,0
	28/01/2013	4,6	13,6	6,2	906,1	546,9
	29/01/2013	4,6	13,6	6,2	912,3	543,9
	30/01/2013	0,6	1,8	-	912,3	534,6
	31/01/2013	-	-	-	912,3	525,3

Tabela 18: Dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

A Tabela 19 apresenta um resumo dos volumes encontrados com a utilização de cada método prático.

Método	Volume encontrado para o reservatório em m³
Ripple	71,82
Azevedo Netto	774,18
Prático Alemão	146,88
Prático Inglês	307,21
Prático Australiano	2396,41
Simulação	550,00

Tabela 19: Volume encontrado nos reservatório para cada método utilizado
Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2014

Tendo-se em conta os resultados apresentados na Tabela 19, recomenda-se a adoção dos volumes obtidos pelo Método de Ripple ou pelo Método da Simulação para o projeto das instalações de captação e armazenamento das águas pluviais com uso para irrigação de jardins no campus, por serem métodos que consideram tanto a oferta hídrica como a demanda. No entanto, ressalta-se a necessidade de aprimorar os estudos de áreas disponíveis de cobertura e demanda no campus.

3.6. Dimensões e localização do reservatório

Adotou-se um reservatório retangular com capacidade para 550m³ com as seguintes dimensões: largura: 7,00m, comprimento: 14,00m, profundidade: 6,00m.

O reservatório ficará localizado junto ao Pavilhão Reitor Haroldo Lisboa da Cunha, atrás da garagem do campus, próximo ao portão 3. A localização segue em planta anexa.

CONCLUSÕES

Como objetivo geral desse trabalho teve-se a apresentação de um estudo para captação de água pluviais para uso não potável para uso em rega de jardins da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Conclui-se que há disponibilidade para a captação de águas pluviais para fins não potáveis em diversos locais da universidade, mas se optou por considerar para a captação da água de chuva, o Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, enquanto que como área para instalação do reservatório, a área de estacionamento próxima ao pavilhão.

Tendo como base dados da literatura e nas contas de água disponibilizadas pela CEDAE, estimou-se a vazão demandada para a rega de jardins como sendo de 204m^3 .

Aplicaram-se então os seguintes métodos para o dimensionamento do reservatório: Método de Ripple, Método do Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês, Método Prático Australiano e Método da Simulação.

Tem-se discutido muito sobre a eficácia dos métodos recomendados pela NBR 15527/07 no que tange o dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento de águas pluviais, por isso recomenda-se que estudos futuros utilizem para efeito de dimensionamento também o Método do Máximo Aproveitamento (MIERZWA, 2007), o Método do N° de dias consecutivos sem Chuva (KOBAYAMA *et al*, 2002).e o *software* computacional Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014).

Conclui-se que é viável a instalação de reservatório para a captação de água de chuva na UERJ, pois supriria totalmente a necessidade de água para rega de jardins resultando assim numa economia de água potável.

Estima-se como volume indicado para o reservatório 550m^3 .

Recomenda-se que seja realizado um projeto das estruturas hidráulicas do sistema de aproveitamento de águas pluviais com a respectiva pesquisa dos custos de equipamentos e verificação do tempo de retorno do investimento.

Aconselha-se também a realização de estudos que analisem os parâmetros aceitáveis para o uso de água pluvial, pois se trata de uma questão que ainda é

insipiente, dado que o uso de água tratada para algumas atividades não é necessário.

As águas de chuva devem ser usadas para fins não potáveis, principalmente se tratando de uma universidade. Para que não haja risco de contaminações com agentes patológicos, é de suma importância a atestação da qualidade desta água e um possível tratamento.

Conclui-se, de um ponto de vista geral, que um projeto de aproveitamento de água pluvial se torna viável dependendo de fatores físicos como o índice pluviométrico local, a qualidade da água, a demanda de consumo, a área de captação, local para instalação do reservatório, do interesse de partes envolvidas no projeto e da criação de políticas públicas que incentivem a realização do mesmo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ARQUIVO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <<https://arquivopublicors.wordpress.com/2012/01/04/conservacao-do-predio-ii-do-apers/>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp>>. Acesso em: 19 jun. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br/index.php?modulo=historico>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

AZEVEDO NETTO, J. M *et al.* **Manual de hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade do Porto, Portugal, 2006.

BOLETIM semanal da ONU Brasil – N. 107. **Nações Unidas no Brasil**. São Paulo, 19 jun. 2013. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/boletim107/>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

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

COUTO, V. B. **Projeto de aproveitamento da água da chuva para o ginásio de esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012.

CUNLIFFE, D. A. **Guidance on the use of rainwater tanks**. National Environmental Health Forum Monographs. Water Series 3. South Australian Health Commission. South Australia, 1998.

DE PAULA, H. M. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

DIOGO, V. H. F. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis no Edifício Sede Institucional da Procuradoria Geral de Justiça do Estado do Rio**

Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FIESP, CIESP. **Conservação e reuso da água: manual de orientações para o setor industrial.** HESPANHOL, I., GONÇALVES, O. M. (coords.), São Paulo: 2002.
FONTANELA, L. *et al.* Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Hydro**, São Paulo, n.65, p.50-58, mar. 2012.

FORTLEV. Disponível em: <<http://www.fortlev.com.br>>. Acesso em: 19 jun. 2014.

GEO BRASIL: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil, 2007.

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

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/preview>>. Acesso em: 13 jun. 2014.

HEIJNEN, H. A captação de água da chuva: aspectos de qualidade da água, saúde e higiene. **Anais do 8º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva.** Campina Grande, FIEP, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>>. Acesso em: 18 jun. 2014.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/>>. Acesso em: 18 jun. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 05 abr. 2012.

KOBIYAMA, M. TSUYOSHI, U. ANJOS AFONSO, M. (organizadores da tradução) (2002) – Ed. Organic Tradind, 1ª edição, 196p. – Curitiba/PR – Brasil.

LAZAROVA, V. HILLS, S. BIRKS, R. Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. **Water Science and Technology**. v. 3, n. 4, p. 69-77, 2003.

LOPES, M. O. **Aproveitamento de água de chuva em escola: estudo de caso no Colégio Servita Nossa Senhora Rainha Dos Corações – Jacarepaguá – RJ**. Dissertação (Especialização em Engenharia Sanitária), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MACHADO, F. O.; CORDEIRO, J. S. **Gerenciamento sustentável das águas pluviais**. Anais do Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2004. San Juan. 2004.

MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reuso de água no meio urbano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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

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

MEDEIROS, T. V. B. **Estudo para captação de águas pluviais para fins não potáveis na Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa, Vargem**

Grande, Rio de Janeiro, RJ. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MIERZWA, J. C. *et al.* Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 29-37, jan./jun. 2007.

MILOGRANA, J. **Estudo de medidas de controle de cheias em ambientes urbanos.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

MIRANDA, G. A. P. **Estágio atual da gestão de recursos hídricos na Bolívia.** Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MORUZZI, R. B. *et al.* Volume do reservatório de aproveitamento de água pluvial baseado no conceito do balanço de vazões para uma residência unifamiliar. **UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.**, Ponta Grossa, v. 14, n. 3, p. 217-227, dez. 2008.

NETO, C. O. A. O descarte das primeiras águas e a qualidade da água de chuva. **Anais do 8º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva.** Campina Grande, FIEP, 2012.

NIESC/VR. **Anuário Estatístico 2013.** UERJ, 2013. Disponível em: <<http://www2.datauerj.uerj.br>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

OLIVEIRA, N. N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

PRINCÍPIO de funcionamento dos filtros. **Acquasave**. Florianópolis, 14 abr. 2014. Disponível em: <<http://www.acquasave.com.br/index.php/sistemas-residenciais-tecnico>>. Acesso em: 17 jun. 2014.

PROSAB. **Uso racional da água em edificações**. GONÇALVES, R. F. (coord.), Rio de Janeiro: ABES, 2006.

RODRIGUES, T. M. **Estudo do aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino no município de Aracruz/ES**. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental), Faculdade de Aracruz, Aracruz, 2011.

REVISTA CREA RJ. Rio de Janeiro: CREA-RJ, n. 37, fev./mar. 2002.

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

SELO CASA AZUL. **Boas práticas para habitações mais sustentáveis**. JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. (coords.), São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

SINDUSCON. **Conservação e reuso de água em edificações**. PIO, A. A. B *et al* (coords.), São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

SILVA, E. R. **Aproveitamento de água pluvial para consumo não potável em postos de combustíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2007.

SILVA, G. C. O. **Qualidade da água de chuva no município de Cuiabá e seu potencial para o aproveitamento em usos não potáveis nas edificações**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

SISTEMA ALERTA RIO DA PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <<http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/>>. Acesso em: 17 jun. 2014.

SISTEMA DE METEOROLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <<http://www.simerj.com/>>. Acesso em 17 jun. 2014.

TAVARES, R. Abastecimento hídrico no arquipélago Fernando de Noronha-PE. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande. ABRH, 2009.**

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação de águas de chuva para fins potáveis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

TESTON, A. **Aproveitamento de água da chuva: um estudo qualitativo entre os principais sistemas.** Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TOMAZ, P. **Aproveitamento da água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** 4 ed. São Paulo: Editora Navegar, 2011.

URBAN75.ORG. Disponível em: <<http://www.urban75.org/photos/dome/dome12.html>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

VELOSO, N. S. L. **Água da chuva e desenvolvimento local: O caso do abastecimento das ilhas de Belém.** Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais), Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

WEIERBACHER, L. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.

YOSHIDA, O. S. *et al.* Parametrização do consumo de água por atividade econômica. **Anais do XX Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental**. Rio de Janeiro, ABES, 1CDROOM, 10p, 2009.