

Reservatório de águas pluviais sem utilização de bombas. Aplicação para o caso do telhado da garagem da UERJ, no Maracanã, Rio de Janeiro

Stormwater tank without the use of pumps. Application to the case of the garage roof of UERJ, in Maracanã, Rio de Janeiro

Tanque de aguas pluviales sin el uso de bombas. Aplicación al caso de la cubierta de garaje de UERJ, en Maracanã, Rio de Janeiro

Adacto Benedicto Ottoni

Professor Doutor, UERJ, Brasil
adactoottoni@gmail.com

Mariah da Silva Bessa da Costa

Engenheira Civil Sanitarista, UERJ, Brasil
mariahbessa@gmail.com

Sergio Eduardo Barbosa Carvalho

Engenheiro Civil Sanitarista, UERJ, Brasil
sergioeduardobc@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho busca uma alternativa sustentável para o aproveitamento das águas pluviais de telhado. Foi utilizado um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de utilizá-la na lavagem dos veículos do Campus. Para tanto, foi realizado um projeto canalizando as águas do telhado da garagem da UERJ, através da gravidade, para um reservatório instalado. Esse reservatório foi projetado de modo a conseguir armazenar o volume da média pluviométrica local e de maneira discreta, sem prejudicar a arquitetura do prédio. A grande vantagem de se utilizar somente a gravidade é eliminar os custos com a compra, manutenção e operação de bombas d'água, além da economia de energia elétrica, visto que a universidade, por tratar-se de um órgão estadual, por vezes encontra-se com problemas financeiros. Outra vantagem se é vista no fato de que não haverá nenhuma interrupção na captação por motivos de falhas mecânicas. Acredita-se que este sistema otimizará não só a utilização dos recursos hídricos, como também contribuirá com a redução das enchentes, que são recorrentes na região em torno do Campus. Importante ressaltar que grande parte desta água pluvial anteriormente era direcionada ao sistema de águas pluviais e também escorria superficialmente, sobrecarregando o sistema. Após a implantação dos reservatórios, as águas pluviais do telhado da garagem da UERJ serão armazenadas e utilizadas de forma sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Captação de Águas Pluviais de Telhado. Economia Hídrica. Sustentabilidade Ambiental.

SUMMARY

The present work seeks a sustainable alternative to the use of the roof rainwater. We used a system of collection and utilization of rainwater in the State University of Rio de Janeiro, in order to use it in washing of vehicles on Campus. To this purpose, a project was carried out by channeling water from the roof of the garage at UERJ, by gravity, to a reservoir installed. This reservoir was designed so as to be able to store the volume of the average local rainfall and discreetly, without harming the architecture of the building. The great advantage of using only the gravity system is to eliminate the cost of the purchase, maintenance and operation of water pumps, in addition to the electric energy saving, since the University, as a State organ, sometimes meets with financial problems. Another advantage is seen in the fact that there will be no interruption in water captation due to mechanical failures. It is believed that this system will optimize not only the use of water resources, but also will contribute to the reduction of the floods, which are recurrent in the region around the Campus. Important to note that much of this rainwater was previously directed to the stormwater system, overloading the system. After deploying tanks, rainwater from the roof of the garage at UERJ will be stored and used in a sustainable way.

KEYWORDS: Roof Rainwater Capture. Water Economy. Environmental Sustainability.

RESUMEN

El presente trabajo busca una alternativa sostenible al uso del agua de lluvia de la azotea. Utilizamos un sistema de recogida y utilización de agua de lluvia en la Universidad Estatal de Rio de Janeiro, para su uso en lavado de vehículos en Campus. Para ello, se llevó a cabo un proyecto de canalización de agua desde el techo de la cochera en la UERJ, por gravedad, a un depósito instalado. Este embalse fue diseñado para ser capaz de almacenar el volumen de la precipitación local media y discretamente, sin dañar la arquitectura del edificio. La gran ventaja de usar gravedad sólo es eliminar el costo de la compra, mantenimiento y operación de bombas de agua, además de la energía eléctrica de ahorro, desde la Universidad, como un órgano del estado, a veces se encuentra con problemas financieros. Otra ventaja se ve en el hecho de que no habrá ninguna interrupción en el financiamiento debido a fallas mecánicas. Se cree que este sistema será optimizar no sólo el uso de los recursos hídricos, pero también contribuirá a la reducción de las inundaciones, que son recurrentes en la región alrededor de Campus. Importante tener en cuenta que gran parte de esta agua de lluvia era dirigido previamente al sistema de aguas pluviales y también rezumaba superficialmente, sobrecargar el sistema. Después de desplegar los tanques, agua de lluvia desde el techo del garaje en UERJ será almacenada y utilizada de una manera sostenible.

PALABRAS CLAVE: Techo Captura Agua de Lluvia. Economía del Agua. Sostenibilidad del Medio Ambiente.



1. INTRODUÇÃO. OBJETIVOS

É de amplo conhecimento que a superfície do nosso planeta, em números aproximados, é composta por 70% de água, porém de toda esta água existente 97,5% estão nos oceanos e dos 2,5% restantes, 1,5% estão nos polos (geleiras e icebergs), ficando apenas 1% disponível para o consumo. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), 8% da reserva mundial de água doce, encontram-se no Brasil, sendo que, desses, 80% encontram-se na região Amazônica e os 20% restantes concentram-se nas regiões onde vivem 95% da população brasileira.

Nos últimos anos, as reservas de água da região sudeste do país, vem sofrendo uma queda em seu volume. Ocorre que grandes áreas de solo e vegetação nativa estão impermeabilizadas, devido ao grande crescimento urbano, aumentando o escoamento superficial e impossibilitando a infiltração para abastecer lençóis e leitos subterrâneos. Outro problema é que quando chove com grande intensidade, é comum ocorrer enchentes nas áreas urbanizadas causando grandes prejuízos financeiros à população.

A água da chuva é uma ótima alternativa, já que em condições normais ocorre em quantidades significativas e, se coletada, geraria uma grande economia financeira e de recursos naturais. 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.

Para tanto criou-se um projeto com o intuito de captar a água de chuva que precipitará no telhado da garagem da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) com o objetivo de utilizá-la na lavagem dos veículos do Campus, canalizando-a através da gravidade para tratamento e depois encaminhada a um reservatório instalado. Este reservatório será projetado de modo a conseguir armazenar o volume da média pluviométrica local e de maneira discreta, sem prejudicar a arquitetura do prédio.

A grande vantagem de se utilizar somente a gravidade é eliminar os custos com a compra, manutenção e operação de bombas d'água, além da economia de energia elétrica, buscando a sustentabilidade ambiental de todo o processo.

Nota-se que com a implantação deste sistema ocorrerá a otimização, não só a utilização dos recursos hídricos reduzindo o consumo de água potável, como também minimizaria as enchentes que são um problema recorrente da região em torno do Campus. Importante ressaltar que grande parte desta água pluvial anteriormente era direcionada ao sistema de águas pluviais e também escorria superficialmente, sobrecarregando o sistema. Após a implantação dos reservatórios será armazenada e utilizada de forma sustentável.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Consumo de água da chuva

Novos conceitos para o gerenciamento de água de chuva, seja em áreas urbanas ou rurais, estão surgindo praticamente em todas as partes do mundo. A escassez, a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associadas a serviços de abastecimento públicos ineficientes, são fatores que têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação da água. Em muitos países, o armazenamento da água da chuva inicialmente objetivou a sua retenção para controle de cheias e inundações, ou para mitigar a falta de um abastecimento regular de água; e posteriormente seu uso foi sendo estendido para os mais diversos fins.

Diferentes setores da sociedade passam a ver o uso da água da chuva como rentável. Assim, indústrias, instituições de ensino, estádios, e até mesmo estabelecimentos comerciais como empresas de lavagem de carros, empresas de ônibus, supermercados, empresas de limpeza pública, buscam utilizar água da chuva visando o retorno na economia de água consumida, e ainda no apelo de 'marketing', uma vez que estas práticas se inserem nos conceitos de empresas com responsabilidade social e ambiental ou ecológicas (THOMAZ, 2000).

A utilização da água da chuva vem sendo considerada como uma fonte alternativa de água, para fins potáveis ou não potáveis, dependendo da necessidade e da qualidade desta. Pode-se inserir atualmente o aproveitamento da água da chuva nos sistemas de gestão integrada de águas urbanas. A utilização da água da chuva, por depender de condições locais e visando seu aproveitamento no próprio local de captação, se insere no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais sua gestão é compartilhada com o usuário (PROSAB, 2006).

2.2. Padrão de Qualidade da água da chuva

A qualidade da água da chuva pode ser diferenciada 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 sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado; a terceira etapa é quando a água de chuva fica armazenada em um reservatório e tem a sua qualidade alterada e depositam-se elementos sólidos no fundo do mesmo e a água está pronta para utilização; na quarta etapa a água chega ao ponto de consumo, como por exemplo, a descarga na bacia sanitária (TOMAZ, 2003).

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).

A qualidade da água da chuva varia tanto com o grau de poluição do ar como também com a limpeza do sistema de captação. Estas condições também dependem do ambiente que cerca a estrutura. Por exemplo, se uma casa é cercada por árvores, um coador ou uma tela é indispensável para manter as folhas do lado de fora dos tubos coletores. Se há uma área arenosa ou de terra aberta (sem vegetação), a sedimentação e/ou a filtração são necessárias para retirar a sujeira.

Segundo Tomaz (2003), em áreas como centros urbanos e polos industriais, passam a ser encontradas alterações nas concentrações naturais da água da chuva devido a poluentes do ar, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NOX) ou ainda chumbo, zinco e outros: “Pode-se dizer, portanto, que o pH da chuva é sempre ácido, e o que se verifica é que, mesmo em regiões inalteradas, encontra-se o pH ao redor de 5,0. Em regiões poluídas, pode-se chegar a valores como 3,5 quando há o fenômeno da “chuva ácida” (TOMAZ, 2003).

A região do Brasil que vai do estado do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul tem potencial para chuvas ácidas, que são aquelas cujo pH é menor que 5,8. Por este motivo só devem ser utilizadas para fins não potáveis, principalmente em regiões industriais, onde ocorre grande poluição atmosférica (MAESTRI, 2003).

São exemplos de contaminações: folhas de árvores, poeiras, revestimento do telhado, fibrocimento, tintas (TOMAZ, 2003). As fezes de passarinhos e de outras aves e animais podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastrointestinais. Por este motivo, é aconselhável que a água de lavagem dos telhados, isto é, a primeira água, seja desprezada e jogada fora (TOMAZ, 2003, p. 40).

O volume de água que deve ser rejeitado no “first flush” (primeiro momento de chuva) depende do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação. Como regra prática, TERRY (2001) aconselha que os primeiros 1mm a 2mm de chuva deve ser rejeitado pois apresentam uma grande quantidade de bactérias (TOMAZ, 2003).

Em um estudo realizado no Brasil por MAY (2004), analisou-se a qualidade da água de chuva para consumo não potável na cidade de São Paulo. Através de um sistema experimental instalado no Centro de Técnicas de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, foram realizadas análises da composição física, química e bacteriológica da água de chuva, para verificar a necessidade de tratamento da água antes de ser utilizada. As amostras de água de chuva foram coletadas em dois pontos de amostragem: telhados do edifício e reservatórios de acumulação.

Com base nos resultados das análises, verificou-se que a água coletada nos reservatórios apresentou melhor qualidade em relação às amostras coletadas diretamente do coletor de água de chuva nos telhados. Dessa forma, recomenda-se o descarte do volume da água correspondente aos primeiros 15 a 20 minutos de chuva, para que seja feita a limpeza do telhado.

2.3. Normatização para captação de águas pluviais

A norma responsável por disciplinar o aproveitamento de água de chuva no Brasil, para fins não potáveis é a NBR 15527:2007. Nesta norma obtemos os requisitos para o aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas e se aplica a usos não potáveis em que a água de chuva possa ser utilizada 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)

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).

2.4. Métodos

2.4.1. Localização da área de estudo

O objeto desse estudo é a garagem da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), situada no interior do Campus Maracanã 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 Mangue, macrobacia da Baía de Guanabara. Esta região sofre usualmente com enchentes nos períodos de chuvas intensas, normalmente no verão carioca.

O campus é formado de diversos pavilhões, como mostrado na Figura 1, mas foi escolhido como área de captação a cobertura da Garagem que possui aproximadamente 523,26m² de área e é feita de talhas em fibrocimento. Será necessário a instalação de calhas de PVC com condutores verticais e horizontais para captação.

Figura 1: Imagem aérea da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Campus Maracanã



Fonte: GOOGLE, 2015 – modificado.

O prédio funciona das 6:00 às 18:00 horas, de segunda-feira a sexta-feira. A garagem possui 51 veículos, que auxiliam no transporte de alunos para deslocamento entre campus (UERJ Maracanã – Fonseca Telles) e em visitas técnicas por todo Estado do Rio de Janeiro. Na Figura 2 está mostrada foto da Garagem da UERJ.

Figura 2: Garagem da UERJ



Fonte: Os autores, 2015.

2.4.2. Cálculo da área de coleta de água pluvial

Para o cálculo da área de cobertura (área de captação) telhado da garagem 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.

2.4.3. 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 de São Cristóvão. Localizada no topo do prédio da sede da Geo-Rio, esta estação contribuiu com o monitoramento da chuva na região portuária e nos bairros vizinhos como Praça da Bandeira, Maracanã, Benfica e Caju. Em conjunto com a estação Saúde, auxilia no monitoramento da região central do município.

No presente estudo utilizaram-se dados diários, de 01/01/2005 a 31/12/2014. Ao se obterem 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.

2.4.4. Determinação da vazão de consumo de água

Para a determinação da vazão de consumo de água foi necessário ir ao local e fazer a medição da vazão, em litros por segundo, com auxílio de um béquer e um cronometro para estimar a vazão. A partir das tarifas de consumo por metro cúbico da CEDAE pode-se obter uma estimativa de custos. Foram levantados os consumos mensais de água em um período para um histórico de cinco anos (2010 a 2015). Compararam-se esses valores com a vazão obtida a partir do levantamento do número de veículos da instituição em conjunto com dados de consumo da literatura específica.

2.4.5. Análise de precipitação pluviométrica local

Os dados coletados pelo Sistema Alerta Rio forneceram os totais de chuva (em mm) para intervalos de 15 em 15 minutos desde o início da medição da série histórica na estação de São Cristóvão. Com esses valores foi calculado os totais semanais e mensais, chegando assim ao valor médio mensal e anual dos últimos 5 anos.

A precipitação média mensal obtida para o período estudado foi de 75,8mm/mês, e a precipitação média anual foi de 909,5 mm/ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cálculo de quantidade de chuva aproveitada

Através dos projetos obtidos com o setor de arquitetura da UERJ, foi possível calcular a área de projeção da cobertura para captação das águas pluviais.

Considerando-se os valores da área de projeção da cobertura, precipitação média mensal e coeficiente de *Runoff*, pode-se calcular o potencial de captação da água da chuva mensal. Os resultados desses cálculos estão apontados na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade mensal de água captada

Mês	Precip. Média Mensal (mm)	Área (m ²)	Coeficiente de Runoff	Volume captável (L)	Volume captável (m ³)
Jan	140,1	523,26	0,9	65.993,55	66,0
Fev	65,5	523,26	0,9	30.861,87	30,9
Mar	121,0	523,26	0,9	57.001,85	57,0
Abr	109,8	523,26	0,9	51.708,55	51,7
Mai	62,9	523,26	0,9	29.612,33	29,6
Jun	44,2	523,26	0,9	20.815,28	20,8
Jul	43,2	523,26	0,9	20.331,79	20,3
Ago	19,7	523,26	0,9	9.274,26	9,3
Set	44,3	523,26	0,9	20.852,96	20,9
Out	78,4	523,26	0,9	36.902,39	36,9
Nov	106,9	523,26	0,9	50.336,12	50,3
Dez	147,2	523,26	0,9	69.334,94	69,3
TOTAL	983,2	523,26	0,9	463.025,90	463,03

Fonte: Os autores, 2016.

3.2. Vazões de consumo de água na garagem da UERJ

Foi necessário, devido à falta de dados, ir ao local e fazer a medição da vazão, em litros por segundo. Foram realizados seis ensaios. Para diminuir o erro, eliminou-se o maior e o menor valor medido, ficando assim com quatro medições, tornando o experimento mais preciso. Para se determinar a demanda de uso da garagem, foi realizado entrevistas aos responsáveis pela mesma, onde foi exposto a quantidade de 51 veículos, seus portes e as medias de lavagem por semana. Já o tempo de lavagem de cada veículo foi medido no local, sendo contabilizado apenas o tempo no qual a torneira permanecia aberta, ou seja, quando a torneira era fechada, o cronômetro era pausado.

3.3. Dimensionamento dos reservatórios

Todos os dados dos diferentes métodos estudados foram sintetizados na Tabela 5 para uma melhor visualização. Analisando os resultados de todos os métodos estudados, optou-se pela adoção dos volumes encontrados pelo método da simulação para a implantação do projeto de instalações, captações e armazenamento de águas pluviais para uso na Garagem do Campus Maracanã por ser um método que considera tanto a oferta hídrica como a demanda. Segundo Moruzzi, Carvalho e Oliveira (2012) essa verificação pode ser realizada por meio de uma análise gráfica, permitindo uma melhor visualização do comportamento do volume de água no reservatório ao longo do ano, o que facilita muito a visualização dos dados.

Tabela 2: Volumes finais de cada método

Método	Volume do reservatório (m ³)
Rippl	20,38
Azevedo Netto	64,82
Prático Alemão	21,35
Prático Inglês	25,72
Prático Australiano	95,90
Método da Simulação	50,00
Média	46,36

Fonte: Os autores, 2016.

Segundo Tomaz (2011) o Método da Análise de Simulação é o melhor método para se avaliar um reservatório. Conforme Amorim & Pereira (2008), o Método de Análise de Simulação de um reservatório com capacidade suposta é bastante interessante nos casos em que se deseja analisar detalhadamente a variação do volume do reservatório ao longo dos anos. Através de sua aplicação podem ser analisados vários volumes de reservatórios simultaneamente, com suas respectivas eficiências e com relativa simplicidade em relação a outros métodos. Assim, pode-se realizar a simulação dos volumes de reservatórios até que se chegue à eficiência desejada para o sistema, de acordo com os interesses do proprietário. A eficiência geralmente é adotada em função da destinação final que se dará à água armazenada e também de acordo com interesses econômicos. Sendo assim, como o volume mensal encontrado é de 46m³, para se adotar um volume comercial, arredondou-se o volume total do reservatório para 1,7 m³.

3.4. Sistema de reservatório e filtro

Com o intuito de diminuir os custos, optou-se por utilizar um reservatório já encontrado no mercado para o armazenamento das águas pluviais.

Após pesquisas, concluiu-se que o denominado “Tanque Slim” da marca “FORTLEV” seria o mais adequado para se utilizar, devido as suas dimensões, como mostrado na Figura 3.

Cada reservatório é capaz de armazenar até 0,6m³ e como será necessário o armazenamento de um total de 1,7m³, foi necessário a utilização de 3 deles no sistema.

Através de interligação por vasos comunicantes, se torna possível a utilização dos três em conjunto mantendo sempre o mesmo nível. Uma das vantagens de ter reservatórios separados é a possibilidade da interdição de um sem que cause a inutilização de todo o sistema.

Para se fazer um tratamento preliminar, optou-se por colocar um filtro próprio para coleta de águas pluviais encontrado no mercado. Após várias pesquisas, o mais adequado foi o Filtro de Água da Chuva da marca Fibratec (Figura 4).

Cada filtro atende um total de 500m² de telhado. Nossa área de captação é de 523m², por isso foi necessário a instalação de dois filtros no sistema trabalhando em paralelo.

Figura 3: Reservatório a ser utilizado no sistema.



Fonte: <http://www.fortlev.com.br/produto/tanque-slim/>

Figura 4: Filtro de água da chuva Fibratec



Fonte: GOOGLE – 2015.

3.5. Localização

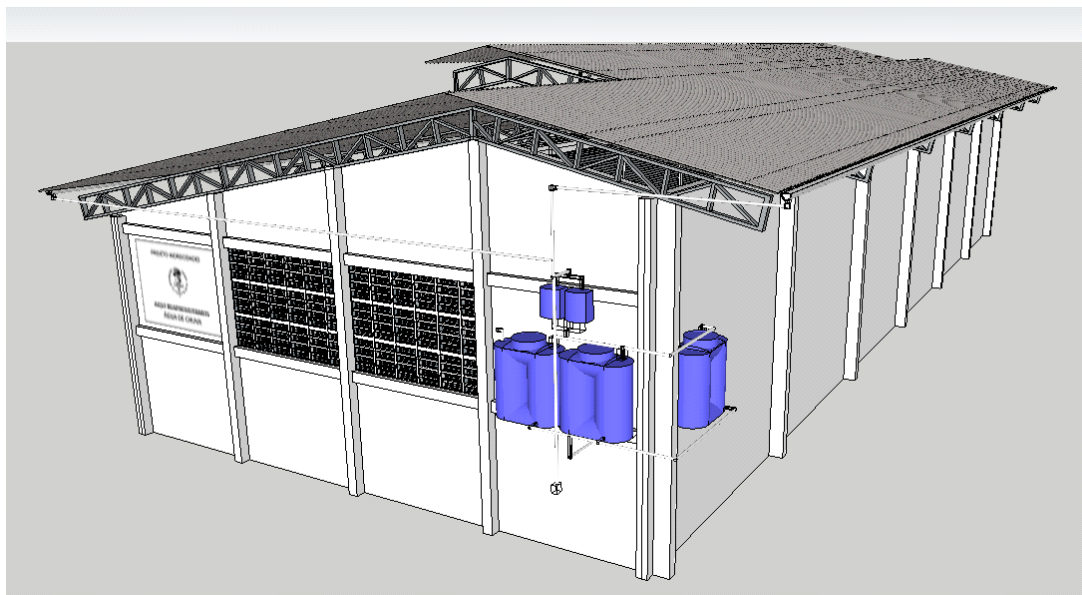
Com o intuito de reduzir os custos com a implantação, manutenção e operação, optou-se por utilizar um reservatório elevado ao invés de enterrado, pois com ele elimina-se o uso de bomba, já que o mesmo trabalha apenas com as ações da gravidade.

Para se determinar o local do reservatório mostrado na Figura 5, o estudo foi pautado em cima de questões essenciais como:

- Estrutura capaz de suportar o peso dos reservatórios;
- Altura, o que eliminaria a utilização de bombas devido a coluna de água com uma maior pressão;
- Maior visibilidade, pois julgamos que a divulgação desse sistema seria de grande valia para a imagem da universidade perante a sociedade, e;
- Dimensões necessárias para todas as especificações do projeto seja atendida.

Com todos esses itens, chegou-se à conclusão que o melhor local para abrigar o reservatório seria na fachada da lateral esquerda e fundos da garagem, próxima ao portão 4, já que ali atende a todas as exigências e também tem um trânsito grande de alunos e servidores, além de ser visível também para quem tiver transitando pela Rua São Francisco Xavier, uma rua com grande movimento de veículos e pessoas, ajudando na divulgação e no marketing.

Figura 5: Posicionamento dos reservatórios



Fonte: Os autores, 2015.

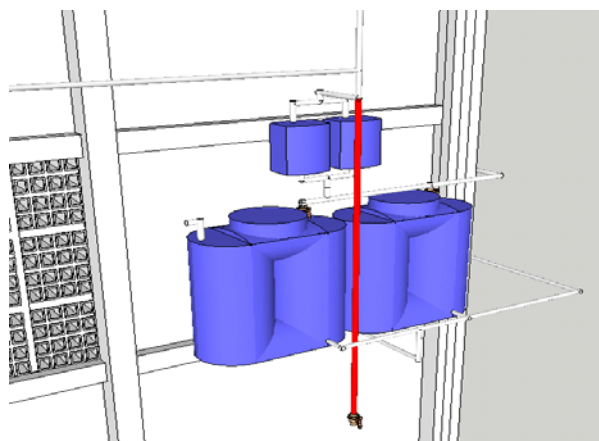
3.6. Descarte da primeira água

Em um período sem chuvas, o telhado passa a acumular poeira e detritos. No início de uma chuva essas impurezas podem ser carregadas para dentro do reservatório contaminando toda a água ali já existente. Pensando nisso, criou-se um sistema simples para que a primeira água da chuva não entrasse no reservatório, como mostrado na Figura 6.

A água da chuva só entrar no reservatório após todo o tubo em vermelho (pintado apenas para se destacar na explicação) ser preenchido por completo, ficando acumulado ali todos os detritos carregados na primeira água.

Após o término da chuva, o registro localizado na ponta do tubo deve ser aberto para eliminar toda a água existente e posteriormente fechado para dar início ao novo ciclo.

Figura 6: Esquema de descarte da primeira água

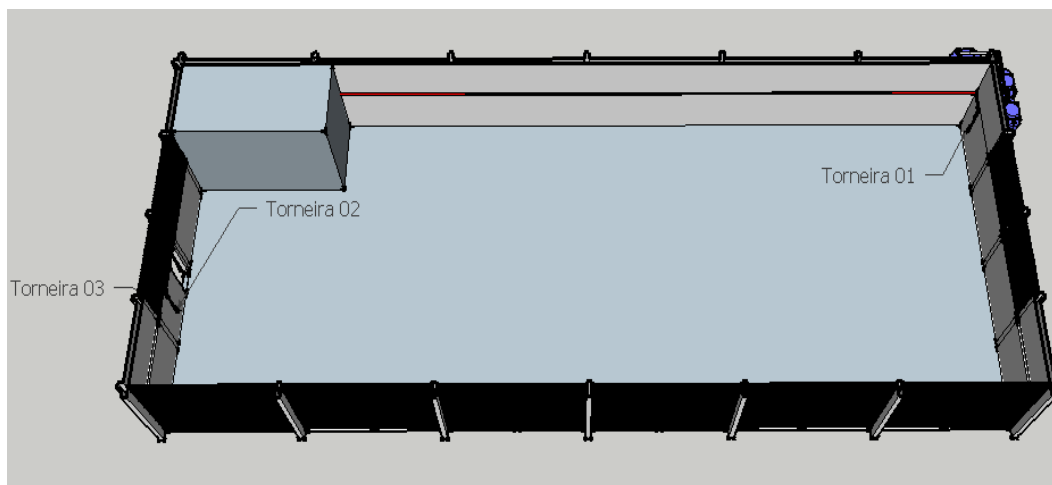


Fonte: Os autores, 2016.

3.7. Distribuição dos pontos de saída

A princípio optou-se em instalar apenas três pontos de saída de água, sendo dois no interior do prédio em cada parede lateral e um na parte externa do prédio próximo ao estacionamento dos ônibus como ilustra a Figura 7.

Figura 7: Pontos de saída de água



Fonte: Os autores, 2016.

A instalação será feita toda com tubulação aparente, já que se trata de um local sem grandes exigências arquitetônicas, eliminando custo de implantação e tornando a manutenção mais fácil e barata.

3.8. Calhas e Condutores

Para este projeto, utilizaremos calha semicircular de material plástico, aço ou metais não ferrosos, onde seu coeficiente de rugosidade (n) equivale a 0,011. Utilizando um D de 100 mm, declividade de 0,5%, n de 0,011 e meia calha, temos uma vazão Q igual a 130 l/min (NBR 10844). Como a vazão calculada em projeto é de 87,38 l/min é aceitável esse dimensionamento para o projeto.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) o dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q = Vazão de projeto, em l/min;

H = altura da lâmina de água na calha, em mm;

L = comprimento do condutor vertical, em m.

Dependendo do uso na edificação ao qual se dará à água da chuva, as tubulações utilizadas também deverão ser apropriadas. Para água potável, utilizam-se tubulações em PVC (cloreto de polivinila) ou ferro galvanizado. Para águas não potáveis, pode-se adotar as mesmas usadas no descarte das águas pluviais: ferro fundido, alumínio ou PVC, sendo ainda encontradas em fibrocimento (WERNECK, 2006).

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a $2/3$ do diâmetro interno (D) do tubo.

Para o calculado neste projeto $Q < 130\text{l/min}$, serão utilizados condutores verticais e horizontais de PVC com rugosidade $(n) = 0,011$ e diâmetro de 75 mm.

A altura da coluna d'água pode variar entre 2,5m (quando o reservatório se encontrar completamente vazio) ou com 3,8m (quando o reservatório se encontrar completamente cheio).

Completamente vazio:

$$Ph = 1000 \times 9,8 \times 2,5 = 24.500 \text{ Pa}$$

Completamente cheio:

$$Ph = 1000 \times 9,8 \times 3,8 = 37.240 \text{ Pa}$$

A pressão pode variar entre 24.500Pa e 37.240Pa a depender do nível de água do reservatório.

Para compensar qualquer variação na pressão da água, optou-se por incluir no projeto uma lavadora de alta pressão. Uma das maiores vantagens das lavadoras de alta pressão é que elas são econômicas e usam bem menos água do que uma mangueira na hora de limpar os carros.

3.9. Custo para implantação do sistema

O orçamento mostrado na Tabela 3 foi realizado somente após todos os estudos e projetos realizados.

Tabela 3: Orçamento para implantação do projeto de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva da garagem da UERJ

ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA GARAGEM DA UERJ			
VALOR BASE DO INCC	668,74	DATA DO ORÇAMENTO	03/01/2016
DATA BASE DO INCC	dez/15		

Unidade	Quantidade	Previsão de Custos		Previsão de Custos	
		Preço unitario	Em Reais	Preço unitário	Em INCC
Unid	23	R\$ 79,90	R\$ 1.837,70	0,1195	2,748003708
Unid	46	R\$ 5,99	R\$ 275,54	0,0090	0,412028591
unid	4	R\$ 9,95	R\$ 39,80	0,0149	0,059514909
unid	2	R\$ 37,90	R\$ 75,80	0,0567	0,113347489
Metro	8	R\$ 32,50	R\$ 260,00	0,0486	0,38879086
Unid	11	R\$ 6,10	R\$ 67,10	0,0091	0,100337949
Unid	5	R\$ 12,90	R\$ 64,50	0,0193	0,09645004
unid	4	R\$ 103,41	R\$ 413,64	0,1546	0,618536352
Unid	1	R\$ 21,90	R\$ 21,90	0,0327	0,032748153
Unid	3	R\$ 810,00	R\$ 2.430,00	1,2112	3,633699196
Unid	2	R\$ 512,00	R\$ 1.024,00	0,7656	1,53123785
Unid	3	R\$ 20,90	R\$ 62,70	0,0313	0,093758411
Unid	1	R\$ 332,22	R\$ 332,22	0,4968	0,496784999
Conj.	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00	0,7477	0,747674732

R\$ 7.404,90

11,07291324

Fonte: Os autores, 2016.

Foi utilizado na base de cálculo o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), elaborado pela Fundação Getúlio Vargas. Tem a finalidade de apurar a evolução dos custos das construções corrigindo os valores dos materiais de construção e mão de obra através da inflação média.

Os preços unitários foram obtidos através de propostas e consultas em lojas virtuais, sendo todas as propostas anexadas ao final do projeto.

Não foi considerada o custo com a mão-de-obra, visto que a UERJ possui um corpo de funcionários qualificados para a instalação do sistema, estando assim incluso na folha de pagamento mensal.

3.10. Operação

A operação desse sistema é simples, sendo necessário apenas a colocação de pedra de cloro a cada dez dias em cada reservatório, pois é o tempo médio que cada uma leva para ser consumida. A estimativa deste custo está na Tabela 4.

Tabela 4: Custo de operação

Descrição	Unidade	Quantidade (mês)	Valor Unitário	Total
Pedra de Cloro	unid	9	R\$ 6,90	R\$ 62,10
Total Mensal			R\$	62,10

Fonte: Os autores, 2016.

3.11. Manutenção

O custo de mão-de-obra para a manutenção é zero, pois a UERJ possui um corpo de funcionários qualificados para realizar a limpeza periódica do sistema e qualquer manutenção na parte civil do sistema.

3.12. Período de retorno do investimento

Por se tratar de uma Instituição de ensino muito influente no cenário nacional, o tempo de retorno da implantação desse sistema é imediato, visto que através da divulgação do mesmo, pode servir como influência para outros setores causando um bem incalculável ao meio ambiente. O período de retorno é o tempo em que o investimento realizado no projeto é ultrapassado pelo custo que se teria com o sistema anterior, que nesse último caso seria basicamente o custo com a utilização de água pública. Como a UERJ é abastecida pela Companhia Estadual de Água e Esgoto (CEDAE), nos baseamos nas suas tarifas para chegar ao valor do metro cúbico de água.

Devido à grande quantidade de bairros no qual a CEDAE atende, a tarifa é calculada levando em consideração o bairro e a categoria do usuário. A UERJ está inserida na Tarifa A e sua Categoria de Usuário pertence ao setor público com mais de 15m³ por mês, logo seu custo por m³/mês é de R\$8,840971 (Tabela 5).

De acordo com os cálculos da tabela acima, é possível concluir que o tempo de retorno para o investimento, considerando o custo com a operação do sistema por 3 anos, é de 36 meses e 21 dias.

Tabela 5: Tempo médio de retorno para o investimento na realização do projeto

Tarifa (M ³ /mês)	Demanda (mês)	Total (mês)	Orçamento	Operação por 3 anos	Tempo de Retorno (mês)
R\$ 8,84	29,7	R\$ 262,58	R\$ 7.404,90	R\$ 2.235,60	36,71
TEMPO MÉDIO DE RETORNO DO INVESTIMENTO					36 meses e 21 dias

Fonte: Os autores, 2016.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os dados obtidos, concluímos que um total de 29,7 m³ de água consumidos no período de um mês na garagem era destinada para lavagem de carro. Com o sistema de reuso de água aplicado, após um período 36 meses e 21 dias a economia no consumo de água, terá o benéfico financeiro equivalente a R\$3.150,96 por ano.

Nota-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 lavagem de todos os veículos, resultando assim numa economia de água potável.

Este projeto se torna um diferencial por não necessitar da utilização de bombas por apresentar um reservatório suspenso, utilizando a gravidade para a distribuição de água. Tornando-se assim um projeto altamente sustentável onde há a preservação de recursos hídricos e economia de energia. O projeto apresentado também possibilita o aumento do reservatório, caso ocorra necessidade de captação de um volume maior de água. Adicionando-se também a fácil instalação e manutenção do sistema de captação.

Considera-se também que a criação deste sistema de captação de águas pluviais minimizará o efeito das enchentes, um grande problema da região estudada como em muitas outras regiões do país. Recomenda-se que seja realizado este projeto com aplicação em habitações populacionais tendo em vista o benefício econômico e ambiental que o projeto proporciona para a sociedade.

Concluindo assim que além do benefício econômico, o meio ambiente e a sociedade em geral também desfrutarão desse sistema, pois este volume de águas pluviais que escoaria superficialmente contribuindo nas enchentes, agora será armazenado e utilizado. Apresentando assim uma preocupação ambiental e trazendo para Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), um projeto sustentável e facilmente aplicável.



GC

Revista Nacional de
Gerenciamento de Cidades
National Journal of Cities Management

ISSN 2318-8472

v. 05, n. 36, 2017



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Informações Hidrológicas.** Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acessado em 16 novembro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA (ABCMAC). Disponível em: www.abcmac.org.br/index.php?modulo=historico. Acesso em: 25 novembro de 2015.

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.

CARVALHO, G dos S.; OLIVEIRA, S. C. de.; MORUZZI, R.B. **Calculo do Volume do Reservatório de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva: Comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar.** In: Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, X, 2007, São Carlos. Sistemas Prediais: Desenvolvimento e inovação. São Carlos. 2007.

Fortlev. Disponível em: <http://www.fortlev.com.br/produto/tanque-slim/>. Acesso em: 23 de dezembro de 2015.

Fundação Getúlio Vargas – INCC. Disponível em: www.portalbrasil.net/incc.htm. Acesso em: 04 de janeiro de 2016.

GOOGLE. Google Earth website. Disponível em: <http://earth.google.com>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.

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.

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.

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.

PROSAB, **Uso Racional da Água em Edificações /** Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento da Água de Chuva.** São Paulo: Editora Navegar, 2003.

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