



ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE AGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO FEDERAL EM PERNAMBUCO

DOI: 10.19177/rgsa.v8e1201978-98

**Alisson Caetano da Silva¹,
Arícia Fernandes Alves da Silva²
Simone Rosa da Silva³, Marcela Tavares de Araújo Silva⁴**

RESUMO

Este estudo tem por objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma Instituição de Ensino Federal em Pernambuco. A água de reuso seria utilizada para fins não potáveis como a rega de plantas, lavagem de pisos e lavagem de veículos, que representaram 15% da demanda hídrica total da edificação. Inicialmente, coletou-se os dados pluviométricos da região e levantou-se as áreas de captação necessárias para suprir a demanda hídrica não-potável analisada. Posteriormente, utilizou-se o programa computacional Netuno para determinar o volume dos reservatórios, que apontou volume ideal de 40 m³ para o reservatório inferior e 12 m³ para o reservatório superior, cujos potenciais de economia de água potável foram de 7,47% e 8,12%, respectivamente. A análise econômica mostrou que o custo com a implantação do sistema seria de R\$ 48.177,47, em mai/2017. Os métodos Valor Presente Líquido - VPL e *Payback* Simples utilizados apontaram um VPL de R\$ 202.334,06 e um tempo de retorno do investimento de 1 ano 2 meses. Concluiu-se que a implantação do sistema é técnica e economicamente viável, devido ao atendimento às demandas hídricas não potáveis analisadas, o VPL positivo e o curto prazo para retorno do investimento.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Conservação da água. Instituição de Ensino.

¹ Mestre em Engenharia Civil. Universidade de Pernambuco. E-mail: alissoncaetanodasilva@hotmail.com

² Mestre em Engenharia Civil. Universidade de Pernambuco. E-mail: ariciaalves@hotmail.com

³ Doutora em Engenharia Civil. Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco. E-mail: simonerosa@poli.br

⁴ Mestre em Engenharia Civil. Universidade de Pernambuco E-mail: marcelajtavares@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O crescimento desenfreado dos centros urbanos e a elevação do padrão de vida da humanidade têm elevado o consumo de água potável em proporções insustentáveis. Além disso, as mudanças climáticas e a poluição dos mananciais têm feito com que haja água em abundância em determinadas regiões e escassez de água em outras (SCHEWE et al., 2014). Logo, para conseguir abastecer a população, os governos precisam buscar mananciais em locais cada vez mais distantes, o que resulta no encarecimento do processo e conseqüente impacto econômico no consumidor final (LIMA; NUNES; SILVA, 2017).

Diante dessa problemática, tanto organizações públicas como privadas, têm adotado modificações gerenciais, de modo a promover a sustentabilidade de suas atividades e processos, por meio da busca por mecanismos e tecnologias conservar a água (ALMEIDA et al, 2017).

Para Carvalho (2011) parte dessas modificações envolve medidas de redução do uso de água potável através do aproveitamento de fontes alternativas, utilização de sistemas e aparelhos mais eficientes e a sensibilização da sociedade quanto ao uso racional. Uma das medidas, no que tange ao aproveitamento de fontes alternativas de água, é a utilização de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis, que além de se apresentar como uma medida sustentável, contribui para o consumo racional e proporciona a conservação dos recursos hídricos (INÁCIO et al, 2013).

Conforme Oliveira (2013), Soares (2016) e Nunes (2018), quando medidas sustentáveis são aplicadas em instituições de ensino, tendem a se tornar um exemplo e um vetor de desenvolvimento de práticas cotidianas sustentáveis entre os estudantes, professores, funcionários e comunidade em geral. Desse modo, devido a algumas das características inerentes às instituições de ensino, como a existência de grandes áreas de cobertura e a elevada demanda de água potável que é utilizada para fins que podem utilizar água menos nobre, a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais se apresenta como uma boa alternativa para reduzir o consumo de água.

Em razão da percepção dos benefícios do uso da água pluvial ser pequena, quando comparada ao seu potencial, a viabilidade técnica e econômica da

implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em instituições de ensino têm sido alvo de estudos em todo o Brasil (GHISI et al., 2018). Esses estudos visam otimização do volume dos reservatórios de acumulação para tornar o sistema menos oneroso, de modo que se supra o maior volume de demanda hídrica não potável possível, a partir do regime pluviométrico de cada região.

Dentro deste contexto, Trindade, Alvarado e Santana (2017) analisaram a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma escola pública municipal localizada no município do Lagarto, no Estado de Sergipe. Os autores verificaram que a implantação do sistema contribuiria para uma redução de aproximadamente R\$ 900,00 por mês no consumo de água potável e o investimento seria retornado para instituição em aproximadamente três anos e meio, evidenciando excelente relação custo/benefício.

Lima, Nunes e Silva (2017) analisaram a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma escola pública estadual localizada no município do Recife, no Estado de Pernambuco. O custo da implantação do sistema foi estimado em R\$ 38.715,48, apresentaria um potencial de economia de água potável de 59,6%, e resultaria em um período de retorno do investimento de aproximadamente 6 anos, sendo considerado viável.

Morais (2017) analisou a viabilidade técnica e econômica de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em três prédios de uma instituição de ensino superior do Estado do Amazonas. O autor verificou que os sistemas seriam economicamente viáveis por apresentarem Valor Presente Líquido positivos e por atingirem de 4,27 a 23,76% de potencial de economia de água potável. Além disso, o valor do investimento seria retornado à instituição entre 15 e 27 meses.

Almeida (2016) verificou a viabilidade econômica de implantação de um sistema de captação de águas pluviais em um Campus do Instituto Federal de Pernambuco, localizado no município de Abreu de Lima, no Estado de Pernambuco. O autor verificou que o sistema é viável economicamente, pois apresentou Valor Presente Líquido positivo e o investimento seria retornado durante o tempo de vida útil do sistema. O autor analisou ainda a aceitabilidade da população da edificação quanto a implantação do sistema e constatou que a população aceitou bem a medida, comprovando-se que a sustentabilidade dentro de uma instituição de ensino também promove a inclusão social.

Diante dos bons resultados apresentados em pesquisas semelhantes já realizadas, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para utilização em fins não potáveis em uma Instituição de Ensino Federal em Pernambuco. Conforme o projeto executivo desta edificação, o volume de água pluvial captado nas cobertas será descartado pela rede de drenagem em um córrego próximo. Com a implantação da proposta deste trabalho, parte deste volume poderá ser aproveitado, promovendo assim a sustentabilidade e a redução do uso de água potável para fins não-potáveis.

2 METODOLOGIA

O procedimento metodológico deste trabalho consistiu no estudo da simulação de construção de reservatórios inferior e superior para o armazenamento de água pluvial em uma edificação pública de tipologia escolar de ensino superior que possui projeto de rede de coleta de água pluvial. Além disso, foi realizada uma análise da viabilidade econômica para implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na edificação.



2.1 Caracterização do objeto de estudo e levantamento de dados

A fim de caracterizar o objeto de estudo deste trabalho foram realizadas visitas ao local e entrevistas com o engenheiro responsável pela obra e com os gestores da instituição. A partir da entrevista com o engenheiro da obra, obteve-se e analisou-se o projeto arquitetônico e as plantas de locação, de coberta e das instalações hidráulicas da edificação. Os dados referentes ao número máximo de usuários que frequentará a edificação e as atividades consumidoras de água que serão realizadas foram obtidos a partir do contato com os gestores da instituição.

Os dados pluviométricos necessários para determinação da área de captação do sistema e do reservatório de armazenamento, foram obtidos a partir dos dados disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC (APAC, 2017), referentes ao posto pluviométrico que se localiza mais próximo da edificação e que possuía a série histórica de dados pluviométricos mais extensa.

2.2 Estimativas das demandas hídricas

A demanda fixa diária de água potável da edificação foi estimada a partir do número máximo de usuários que frequentarão a edificação, obtido junto aos gestores da instituição, e do indicador de consumo de água de projeto para prédios escolares, sob sistema de externato, estimado por Creder (2006).

As atividades consumidoras de água não potável da edificação, passíveis de utilização da água pluvial coletada na rede de coleta de água pluvial existente, são a rega de jardim, a lavagem de pisos e a lavagem de veículos, sendo essas as atividades que serão analisadas neste trabalho. Para a estimativa do consumo de água da rega de jardim, considerou-se o indicador de consumo de água, conforme Tomaz (2009), de 2 L/m²/dia. Foi considerado que a rega seria realizada em dias úteis intercalados no mês, totalizando 12 dias de rega por mês.

Para a estimativa do consumo de água para realizar a lavagem dos pisos da instituição, também foi considerado um indicador de consumo de água de 2 L/m²/dia, conforme Tomaz (2009). Nesta estimativa considerou-se que a lavagem dos pisos seria realizada uma vez por semana, totalizando 04 dias de lavagens por mês.

Para estimar o consumo de água para lavagem de veículos, utilizou-se o indicador de consumo de água estimado por Tomaz (2009), igual a 150 L/Lavagem, e considerou-se que apenas seriam lavados os veículos do diretor e vice-diretor, tal como é realizada esta atividade em outros Campus próximos. Desta forma, considerou-se neste trabalho que 02 veículos, uma vez por semana, utilizariam água para serem lavados, totalizando 04 dias de lavagens por mês.

2.3 Dimensionamento da área de captação e do reservatório para armazenamento da água pluvial coletada

Após a determinação do volume de água necessário para suprir a demanda de água não potável da edificação e da obtenção dos dados pluviométricos do local em estudo, foi determinada a área de captação do sistema e o volume do reservatório de armazenamento da água pluvial coletada.

Ambos os dimensionamentos foram realizados pelo método Netuno, que apesar de não ser um método de dimensionamento de reservatórios previsto na NBR 15.527/2007 (ABNT, 2007), se baseia no uso do programa computacional Netuno 4.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina, e tem por objetivo determinar o potencial de economia de água potável em função do volume ideal do

reservatório, através do aproveitamento de água pluvial para usos em que a água não precisa ser potável (GHISI; CORDOVA, 2014; LOPES; SILVA JR.; MIRANDA, 2015).

O potencial de economia de água potável, no programa computacional netuno, foi obtido a partir de simulações, realizadas a partir da variação de dados de entrada como: área de captação, série histórica de dados pluviométricos, descarte inicial de chuva, consumo diário per capita de água potável, número de usuários de água potável, coeficiente de escoamento superficial e percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial. Devido ao elevado custo de implantação do reservatório, que influencia diretamente na viabilidade financeira do sistema, buscou-se nas simulações realizadas o melhor custo benefício possível, através da análise dos potenciais de economia de água potável gerados pelo programa (LIMA; NUNES; SILVA, 2017; TRINDADE; ALVARADO; SANTANA, 2017).

Na determinação da área de captação, realizou uma análise das plantas de coberta da edificação e simulações no programa computacional Netuno, a fim de se verificar se a área máxima de captação seria necessária para compor o sistema e suprir a demanda de água não potável do prédio ou apenas parte dela. Neste cálculo o coeficiente de escoamento superficial utilizado foi adotado conforme Tomaz (2007).

Para definir o volume do reservatório inferior, a partir do volume máximo foram realizadas simulações no programa computacional Netuno, com volumes de reservatórios variando em intervalos de 1.000 litros. Ao qual, para cada simulação realizada, verificou-se potencial de economia de água potável gerado, findando as simulações no momento em que o volume do reservatório testado atingir um incremento igual ou inferior 0,5% de economia de água potável sobre o potencial gerado pela simulação anterior.

A fim de completar o volume de água necessário para suprir a demanda de água não potável da edificação, que não foi suprida pelo volume armazenado no reservatório inferior, foi definido o volume para um reservatório superior. Este dimensionamento também foi realizado por meio de simulações no programa computacional Netuno, ao qual buscou-se suprir o percentual total de potencial de economia de água não atingido pelo reservatório inferior. Para ambos os reservatórios de armazenamento, o volume de descarte de escoamento inicial utilizado foi adotado conforme a NBR 15.527/2007 (ABNT, 2007).

As calhas e condutores verticais e horizontais para captação da água pluvial não foram dimensionados neste estudo, pois os condutores e calhas que compõem a rede de coleta de água pluvial da edificação já se encontram instalados e dimensionados pelo projeto executivo do empreendimento. Desta forma, apenas foram contabilizados na análise de viabilidade econômica, os condutores necessários para complementar os condutores existentes até o novo reservatório.

2.4 Análise de viabilidade econômica da implantação do sistema

Para realizar a análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais proposto neste trabalho foram considerados os custos com o armazenamento e a distribuição da água pluvial para fins não potáveis. Foram detalhados e orçados os custos aproximados com tubulações e conexões, construção dos reservatórios, manutenção anual do sistema e instalação de bomba de recalque.

O custo com a construção do reservatório proposto foi orçado a partir de dados provenientes da tabela do mês de abril do ano de 2017 do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil – SINAPI (CEF, 2017) e da tabela do mês de maio de 2017 do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe – ORSE (CEHOP, 2017). Na ausência do serviço desejado nas tabelas supracitadas realizou-se uma cotação de preços de mercado a fim de obter o preço dos insumos necessários. Ressalta-se que, as tabelas utilizadas para o orçamento se referiram às tabelas de itens de serviço, estando o custo com a mão de obra necessária incluído na composição de cada item.

Na quantificação dos custos com as tubulações e conectores necessários, para interligar o novo reservatório aos pontos de alimentação, foi considerado um percentual de 15% do valor do reservatório (LIMA; NUNES; SILVA, 2017; MARINOSKI; GHISI, 2008; GHISI; FERREIRA, 2007). Para os custos anuais referentes à manutenção do sistema, adotou-se um custo de 20% do valor total da implantação do sistema durante toda a vida útil do sistema, considerando um tempo de vida útil de um sistema de aproveitamento de águas pluviais igual a 20 anos (COSCARELLI, 2010; TEIXEIRA et al, 2016).

Para determinar a economia monetária mensal após a implantação do sistema, em R\$/mês, calculou-se a diferença entre o Custo médio mensal antes da implantação

do sistema e o Custo médio mensal após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Para determinação do Custo médio mensal após a implantação do sistema considerou-se o produto entre o consumo médio mensal da edificação, o potencial de economia gerado pela simulação no programa computacional Netuno e a tarifa de consumo de água cobrada pela concessionária de água, a Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA, em sua estrutura tarifária para o ano de 2017 (ARPE, 2017), acrescido da taxa de geração de esgoto, equivalente a 100% do valor do consumo de água. A economia monetária anual, em R\$/ano, foi obtida a partir da economia monetária mensal multiplicada pelo número de meses do ano.

A análise de viabilidade econômica do sistema foi realizada por meio do Método Valor Presente Líquido - VPL a partir dos potenciais de economia de água potável gerados pelas simulações no Programa Computacional Netuno e dos custos de implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais calculados (ALMEIDA, 2016; MORAIS, 2017). Este método foi escolhido pois demonstra de forma comparativa a melhor opção entre a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e manutenção do fornecimento de água da concessionária de água local.

O Método VPL considerou os custos iniciais com a implantação do sistema, o período de análise, o tempo de retorno do capital, a taxa mínima de atratividade e os fluxos de caixa previstos para o período analisado, conforme mostra equação 01.

$$VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

I_0 = Custos iniciais com a implantação do sistema;

t = Período de análise;

n = Tempo de retorno do capital;

k = Taxa mínima de atratividade;

FC_t = Fluxos previstos de receitas ou despesas no período t .

Para os custos iniciais com a implantação do sistema (I_0) considerou-se o custo com a construção dos reservatórios e o custo com as tubulações e conectores; para

o período de análise considerou-se o tempo de vida útil do sistema; e para a taxa mínima de atratividade (i) adotou-se uma taxa igual a 15% a.a., conforme PÊGO e ERTHAL JR. (2012). O fluxo de caixa para o período analisado (FC_t) utilizado referiu-se a diferença entre a economia anual com o consumo de água da edificação a partir da utilização do sistema e o custo anual da manutenção do sistema.

O tempo de retorno do capital investido foi obtido por meio do Método *Payback* Simples (MOURA; SILVA; BARROS; 2018; MORAIS, 2017). Este método por sua vez considerou em seu cálculo, o consumo médio mensal de água no prédio após a implantação do sistema, o custo mensal com a fatura de água e o valor investido para a implantação do sistema.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o Campus do Instituto Federal de Pernambuco do Cabo de Santo Agostinho – IFPE Cabo, edificação de tipologia escolar. A edificação que compõe o campus está localizada no Bairro do Mercês, no Município do Cabo de Santo Agostinho, na Região Metropolitana do Recife – RMR, distante 33 km da capital pernambucana, Recife. A obra do campus (Figura 01) teve início em abril de 2015 e possui previsão de término em dezembro de 2017, porém até o mês de junho de 2018 não havia sido concluída.

O projeto executivo da edificação prevê 02 blocos de salas de aula, 02 blocos de laboratórios, 02 blocos administrativos, 01 biblioteca, 01 auditório, 01 ginásio, 01 guarita, 01 creche e 02 áreas de convivência, perfazendo um total de aproximadamente 13.000 m² de área construída. Toda a construção contempla apenas o pavimento térreo.

Figura 01 - Canteiro de obras do Campus do IFPE-Cabo em setembro de 2016



Fonte: Acervo pessoal

3.2 Dados Pluviométricos

Para a inserção dos dados pluviométricos no Programa Computacional Netuno para determinação da área de captação e do volume do reservatório de armazenamento, utilizou-se a série histórica de dados mensais de precipitação da Estação Climatológica da cidade do Cabo de Santo Agostinho, operada pela APAC, cujas características se apresentam na Tabela 01. Este posto se apresentou como o posto mais próximo do prédio em estudo e com a série histórica mais longa (1998-2016) dentre os demais postos pluviométricos disponíveis.

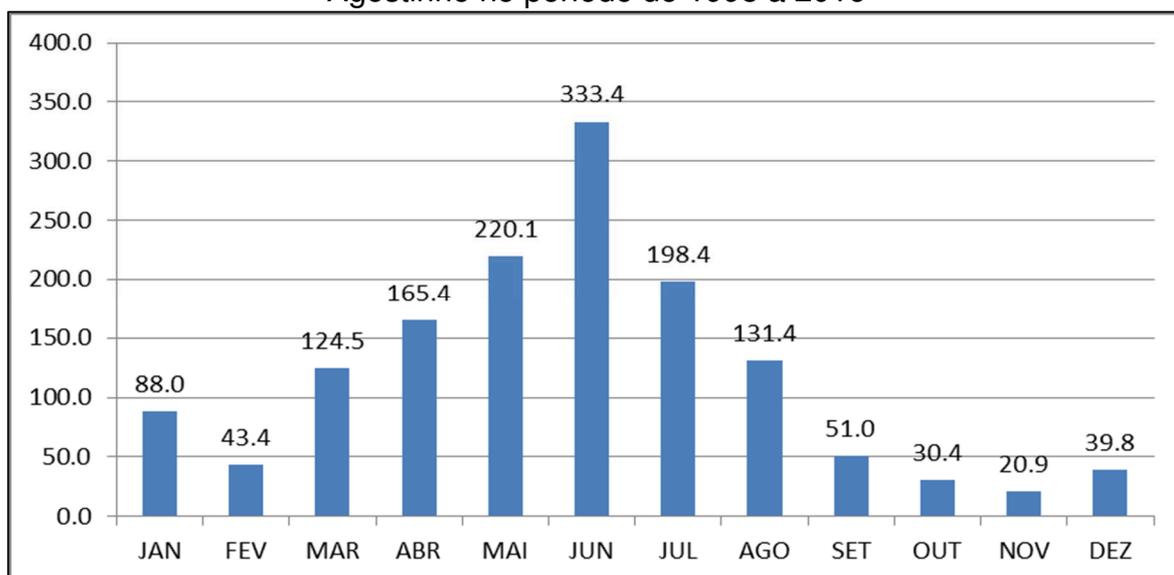
Tabela 01 – Características do posto pluviométrico utilizado

Código do Posto	Latitude	Longitude	Dados disponíveis de precipitação	Total de anos
CABO	8°16'55"	35°01'47"	1998 - 2016	18

Fonte: APAC (2017)

Conforme os dados gerados pelo posto pluviométrico selecionado, foram analisadas as médias mensais de precipitação da região estudada e verificou-se que o local possui precipitação total anual média de 1.556,3 mm. O mês de novembro com precipitação média mensal de 20,8 mm apresenta a menor média do ano, enquanto que o mês de junho se apresenta como o mês de maior precipitação média com 333,5 mm. O período chuvoso da cidade do Cabo de Santo Agostinho encontra-se entre os meses de março e agosto, conforme Figura 02.

Figura 02 – Médias mensais pluviométricas (em mm) na Estação Cabo de Santo Agostinho no período de 1998 a 2016



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da APAC (2017)

3.3 Determinação das demandas hídricas

A partir do número máximo de usuários que frequentarão a instituição, igual a 1600 usuários, distribuídos entre discentes, docentes, técnicos administrativos e funcionários terceirizados, e do indicador de consumo de água para edificações escolares sob regime de externato igual a 50 L/agente consumidor/dia, estimado por Creder (2006), calculou-se a demanda fixa diária de água potável da edificação, que resultou em 80 m³/dia, totalizando um consumo médio mensal de 2.400 m³/mês.

A demanda hídrica mensal para fins não potáveis calculada, resultou em um consumo de água de 355,98 m³/mês, o que representa 14,83% da demanda de água potável do prédio. Para a simulação e dimensionamento do reservatório considerou-se que 15% da demanda de água potável seria substituída pelo uso de águas pluviais, deixando uma margem de 0,17% do consumo de água para possíveis perdas. A demanda hídrica não potável diária máxima, ou seja, em um dia que fosse realizada rega de jardim, lavagem de veículos e lavagem de pisos, seria de 46,97 m³/dia. A Tabela 02 apresenta os resultados obtidos para as demandas hídricas não potáveis do prédio.

Tabela 02 - Demanda de água não potável

Uso	Área (m ²)	Indicador de consumo	Demanda Diária (m ³ /dia)	Frequência	Demanda Mensal (m ³ /mês)
Rega de jardim	10.504,93	2 L/m ² /dia	21,01	12 dias/mês	252,12
Lavagem de pisos	12.832,82	2 L/m ² /dia	25,66	4 dias/mês	102,66
Uso	Veículos a serem lavados (Veículos)	Indicador de consumo	Demanda Diária (m ³ /dia)	Frequência	Demanda Mensal (m ³ /mês)
Lavagem de veículos	2,00	150 L/lavagem	0,30	4 dias/mês	1,20
Total demanda água não potável:			46,97	-	355,98

Fonte: Elaborado pelos autores

3.4 Determinação da Área de captação

A partir da análise da planta de cobertura da edificação, constatou-se que a área máxima de captação de águas pluviais é de 12.370 m². Para a simulação no programa computacional Netuno, a área máxima de captação foi dividida a cada 3.000 m² em quatro diferentes áreas de captação, que variaram de 3.000 a 12.370 m², a fim de se verificar se toda área de captação, ou apenas parte dela, seria necessária para compor o sistema e suprir a demanda de água não potável do prédio, referente a 15% do consumo mensal de água estimado.

Conforme as simulações realizadas, cujos resultados estão apresentados na Tabela 02, a partir de 6.000 m² de área de captação, o volume inicial ideal para o reservatório se manteve em 37.000 L. O potencial de economia de água potável aumentou apenas 0,37% e 0,56%, respectivamente, para as áreas de captação de 9.000 m² e 12.370 m², em relação à área de captação de 6.000 m². Desta forma, definiu-se como área de captação do sistema, a área que totaliza 6.000 m², visto que oferece um potencial de economia de água potável satisfatório e reduz os custos com a manutenção, quando comparada às áreas de maiores dimensões.

Tabela 02 - Resultados do potencial de economia de água potável, para diferentes áreas de captação do telhado

Área de Captação (m ²)	Volume inicial ideal do reservatório inferior (L)	Potencial de Economia de água potável (%)
3.000	28.000	5,72
6.000	37.000	7,29
9.000	37.000	7,66
12.370	37.000	7,85

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 03 apresenta a situação dos blocos na edificação em estudo, na qual estão hachuradas as áreas de captação de águas pluviais do sistema selecionadas,

a saber: blocos de salas de aula A e B, laboratórios, auditório, setor administrativo e creche, que resultam em um total de 5.937,28m².

Figura 03 – Áreas de captação selecionadas para implantação do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

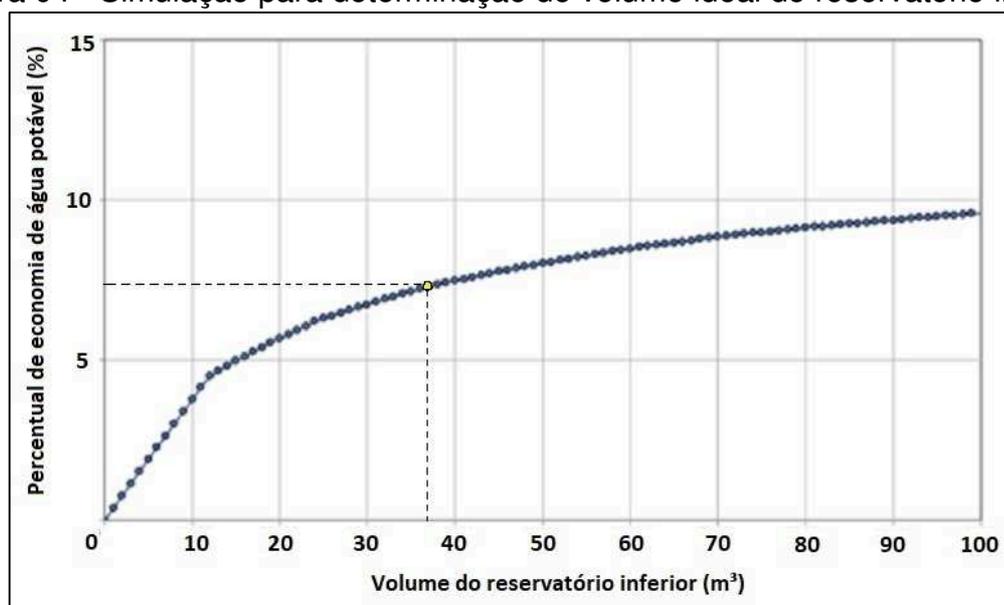
3.5 Dimensionamento dos Reservatórios

Tal como a área de captação, os volumes dos reservatórios inferior e superior, foram simulados no Programa Computacional Netuno. Para isso, foi considerado o coeficiente de escoamento superficial, conforme Tomaz (2007), igual a 0,9, visto que a cobertura do Campus é constituída de telha metálica corrugada. Além disso, adotou-se como área de captação, a área definida no item 3.4 deste trabalho, igual a 6.000 m², e como descarte de escoamento inicial, ou *First Flush*, o valor de 2 L/m², conforme sugere a NBR 15.527/2007 em caso de dados (ABNT, 2007).

Para dimensionar o reservatório inferior, para a substituição de 15% da demanda de água potável por água pluvial, foram realizadas simulações no programa computacional Netuno, com volumes de reservatório variando a cada 1000 L, até um volume máximo de 100.000 L, que é o volume máximo disponível para a construção de um reservatório no Campus. Os resultados gerados pelo programa indicaram um volume ideal para o reservatório inferior igual a 37.000 L, com um potencial de

economia de água potável de 7,29%. Ainda conforme os resultados gerados, a utilização do volume máximo de 100.000 L ter-se-ia um acréscimo em relação ao volume ideal de apenas 2,29% no potencial de economia, o que demandaria um investimento maior para um reservatório de maiores dimensões, com pouca elevação na economia de água potável, conforme mostra a Figura 04.

Figura 04 - Simulação para determinação do volume ideal do reservatório inferior



Revista Fonte: Elaborado pelos autores ambiental

A fim de verificar a variação do volume ideal do reservatório inferior para substituir percentuais de água potável a ser substituída pela água pluvial maiores do que o percentual de 15% estimado, foram simulados novos volumes de reservatório variando o percentual a ser substituído até o dobro da estimativa com intervalos de 5%. Conforme a Tabela 03, os resultados gerados pelas novas simulações mostraram que a elevação do potencial de economia de água potável para percentuais de água potável a ser substituída por água pluvial acima de 15% não apresentou um acréscimo significativo, aumentando em apenas 0,72% em relação ao potencial de economia de 15%, cujo volume ideal de reservatório gerado pelo programa foi de 37.000 L.

Tabela 03 -Determinação do volume ideal para o reservatório inferior para percentuais maiores que 15% de demanda de água potável a ser substituída por água pluvial

Percentual da demanda potável a ser substituída por água pluvial (%)	Volume ideal do reservatório inferior (L)	Potencial de Economia de água Potável (%)	Varição do Potencial de Economia (%)	Demanda diária de água pluvial (L)
15	37000	7,29	-	5833
20	33000	8,01	0,72	6407
25	28000	8,14	0,13	6509
30	25000	8,30	0,16	6643

Fonte: Elaborado pelos autores

Desta forma, o volume do reservatório inferior a ser adotado no sistema seria igual a 37.000 L. Porém, a fim de facilitar o dimensionamento do reservatório inferior foi adotado um reservatório de 40.000 L, cujo potencial de economia de água foi de 7,47%.

Para atingir um total de 15% de potencial de economia de água potável, foi calculado um volume de água para ser reservado em um reservatório superior, a fim de que a demanda hídrica não potável da edificação seja suprida pela água pluvial. Os resultados gerados pelo programa computacional Netuno mostraram que para completar o percentual de economia de água obtido pelo reservatório inferior, seria necessário um reservatório superior com volume de 12.000 L, cujo potencial de economia de água foi de 8,12%.

Diante disto, a Tabela 04 apresenta um resumo dos volumes dos reservatórios e o potencial de economia de água potável.

Tabela 04 – Volume totais de água pluvial e potencial de economia de água potável.

Reservatório adotados	Volume total (L)	Potencial de economia de água potável
Inferior	40.000	7,47%
Superior	12.000	8,12%
Total	52.000	15,59%

Fonte: Elaborado pelos autores

Para determinar o local onde os reservatórios serão instalados foi considerado como critério principal, a maior proximidade possível dos prédios cujas cobertas foram selecionadas como áreas de coleta, a fim de diminuir o custo com tubulações para conduzir a água até o reservatório. Diante disto, analisando a planta baixa do Campus, identificou-se uma área livre entre o auditório e a creche (Figura 05), que possui dimensão máxima igual a 5,0m, suficiente para comportar um reservatório inferior,

construído em concreto armado, que deverá ter 20 m² de área e 2 m de altura útil. O reservatório superior, constituído de um reservatório de fibra de vidro no volume de 12.000 L, seria posicionado acima do reservatório inferior, para que a estrutura em concreto do mesmo possa ser aproveitada e sirva de apoio. Essa solução foi proposta a fim de minimizar a ocupação de espaço nas instalações dos mesmos.

Figura 05 - Localização dos reservatórios



Fonte: Elaborado pelos autores

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

3.6 Análise da viabilidade econômica

Inicialmente, para realizar a análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial proposto, foram orçados os custos com a implantação e manutenção do sistema. A implantação do sistema custaria à instituição R\$ 48.177,47, em que, deste, R\$ 31.551,02 custaria apenas para a construção dos reservatórios. Para determinação do custo anual com a manutenção do sistema considerou-se um custo de 20% do valor total da implantação do sistema para o tempo de vida útil do sistema igual a 20 anos, o que resultou em um custo anual de R\$ 481,77.

Considerando o consumo médio mensal de 2.400 m³/mês obtido durante a determinação das demandas hídricas da edificação, têm-se como custo médio mensal de água antes da implantação do sistema igual R\$ 41.568,00. Após a implantação do sistema considerando o potencial de economia de água potável gerado pelo Programa Computacional Netuno igual a 15%, ter-se-ia um custo médio mensal de água após da implantação do sistema igual R\$ 38.192,68. Com isso, a economia monetária

gerada pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais seria de R\$ 3.375,32 por mês ou R\$ 40.503,86 por ano, durante o tempo de vida útil do sistema.

A partir dos valores gerados pelo orçamento da implantação do sistema e da economia monetária anual gerada pelo consumo de água potável após a implantação do sistema, calculou-se o Valor Presente Líquido, pelo Método VPL, e o Tempo de retorno do investimento, pelo Método *Payback* Simples. O VPL resultou em R\$ 202.334,06 e o tempo de retorno em aproximadamente 1 ano e 2 meses.

4 CONCLUSÃO

Verificou-se um potencial de economia de água potável de 15% na edificação estudada, correspondente à água utilizada para fins não potáveis como rega de jardim, lavagem de pisos e lavagem de veículos.

O dimensionamento dos reservatórios realizado no Programa computacional Netuno apontou como 40 m³ o volume ideal para o reservatório inferior, gerando um potencial de economia de água potável de 7,47%. Dessa forma, a fim de atingir o potencial total de economia de água potável proposto, o programa computacional Netuno apontou um volume ideal de 12 m³ para reservatório superior, cujo potencial de economia de água foi de 8,12%.

A análise de viabilidade econômica da implantação do sistema apontou que o custo total de implantação do sistema seria de R\$ 48.177,47 e o benefício com economia de água seria de R\$ 3.375,32 ao mês, equivalente a 356 m³ de economia de água potável por mês. Com base na economia mensal de água potável gerada e no custo total de implantação do sistema, o método do *Payback* simples apontou que o tempo de retorno do investimento seria de 1 ano e 2 meses.

Diante disto, constata-se que a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial seria considerada técnica e economicamente viável. Pois, a demanda hídrica não-potável analisada seria suprida, e o VPL resultou em um valor positivo, o que reflete a compensação dos custos iniciais para a implantação na economia monetária obtida ao longo da vida útil do projeto, de modo a apresentar em benefícios financeiros e ambientais em curto prazo. Ademais, a captação da água pluvial se apresentaria como uma contribuição benéfica para a drenagem da área, uma vez que minimizaria eventuais alagamentos no interior do Campus em dias de chuvas intensas.

ANALYSIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF A RAINWATER HARVESTING SYSTEM FOR NON-POTABLE PURPOSES IN A FEDERAL EDUCATION INSTITUTION IN PERNAMBUCO STATE

ABSTRACT

This study aims to analyze the technical and economic viability of a rainwater harvesting system at a Federal Teaching Institution in Pernambuco. Reuse water would be used for non-potable purposes such as plant watering, floor washing and vehicle washing, which accounted for 15% of the total water demand of the building. Initially, rainfall data were collected from the region and the catchment areas needed to meet the non-potable water demand analyzed were surveyed. Subsequently, the Netuno Software was used to determine the volume of the reservoirs, which indicated an ideal volume of 40 m³ for the lower reservoir and 12 m³ for the upper reservoir, whose savings potential was 7.47% and 8.12%, respectively. The economic analysis showed that the cost with the implementation of the system would be R \$ 48,177.47, in may/2017. The Liquid Present Value – VPL and Simple Payback methods used showed an VPL of R \$ 202,334.06 and an investment return time of 1 year and 2 months. It is concluded that the implementation of the system is technically and economically viable, due to the non-potable water demands analyzed, the VPL positive and the short term for return on investment.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Keywords: Rainwater harvesting. Water conservation. Educational institution.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAMENTAÇÃO DE PERNAMBUCO (ARPE). *Resolução nº 120 de 18 de fevereiro de 2017*. 2017. Disponível em: <<https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>>. Acesso em mai. 2017.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). *Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco*. 2017. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/>>. Acesso em mai. 2017.
- ALMEIDA, D. C. *Aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino federal*. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Administração de Pernambuco, Recife, 2016, 97p.

ALMEIDA, R.; BECCANI, F.; MOTTA, B. L. S.; CAMPOS, J. F. Diagnóstico ambiental de uma instituição de ensino técnico, integrado e superior. *Revista gestão & Sustentabilidade ambiental*, Florianópolis, v. 6, n. 3, pp. 223-243, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2007.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). *Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI*. 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_653>. Acesso em mar. 2017.

CREDER, H. *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*. 6.ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2006. 465 p.

COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS DE SERGIPE (CEHOP). *Orçamento de Obras de Sergipe*. 2017. Disponível em: <<http://www.cehop.se.gov.br/orse/>>. Acesso em mai. 2017.

COSCARELLI, A. P. F. *Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em uma atividade industrial: estudo de caso de uma edificação a ser construída*. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010, 159 pp.

GHISI, E.; COLASIO, B. M.; GERALDI, M.; TESTON, A. Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. *Proceedings*, v. 186, n. 2, pp. 1-20, 2018.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. *Netuno 4 - Manual do usuário*. Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf>. Acesso em mai. 2016.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. *Building and Environment*, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.

INÁCIO, A. R.; DINIZ, A. F.; CANDIA, M. M.; OLIVEIRA, T. M.; CHAGAS, R. K. Dimensionamento de um sistema de captação de água pluvial para uso doméstico em São Bernardo do Campo - SP. *Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 8, n.2, pp. 1-23, 2013.

LIMA, K. L. B. A.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. Análise da viabilidade de implantação de captação de águas pluviais em escola pública no Recife-PE. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 05, n. 36, pp. 1-17, 2017.

LOPES, A. P. G.; SILVA JR., D. P.; MIRANDA, D. A. Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC). *Revista Petra*, v. 1, n. 2, p. 219-238, 2015.

MARINOSKI, A. K., GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

MORAIS, J. W. A. *Viabilidade Técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017, 124 p.

MOURA, M. R. F.; SILVA, S. R.; BARROS, E. X. R. Análise de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um empreendimento residencial na cidade de Recife-PE. *TECNO-LÓGICA*, v. 22, n. 1, pp. 66-72, 2018.

NUNES, L. G. C. F. *Plano de conservação de água: escolas públicas estaduais da cidade do Recife*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2018, 154p.

OLIVEIRA, F. R. G. de. *Consumo de água e percepção dos usuários para o uso racional da água em escolas estaduais de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013, 193p.

PÊGO, C. S.; ERTHAL JR., M. Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, RJ. *Perspectivas Online: Ciências exatas e engenharia*, v.2, n.3, p.41-53, 2012.

SCHEWE, J; HEINKE, J.; GERTEN, D.; HADDELAND, I.; ARNELL, N. W.; CLARK, D. B.; DANKERS, R.; EISNER, S.; FEKETE, B. M.; COLÓN-GONZÁLEZ, F. J.; GOSLING, S. N.; KIM, K.; LIU, X.; MASAKI, Y.; PORTMANN, F. T.; SATOH, Y.; STACKE, T.; TANG, Q.; WADA, Y.; WISSER, D.; ALBRECHT, T.; FRIELER, K.; PIONTEK, F.; WARSZAWSKI, L.; KABAT, P. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *PNAS*, v. 111, n. 9, pp. 3245-3250, 2014.

SOARES, A. E. P. *Análise do consumo de água em uma escola pública estadual de Recife-PE*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2016, 74p.

TEIXEIRA, C. A. ZATTONI, G. T.; NAGALLI, A.; FREIRA, F. B.; TEIXEIRA, S. H. C. Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalomecânica na região metropolitana de Curitiba PR. *Gestão e Produção*. São Carlos, v. 23, n. 3, 2016.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto*. 2007. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5802005-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-de-telhados-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis-diretrizes-basicas-para-um-projeto.html>>. Acesso em mai. 2017.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*. 2009. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em mai. 2017.

TRINDADE, K. A.; ALVARADO, C. A. A.; SANTANA, N. R. F. Sistema para aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis e sua viabilidade econômica em escola municipal no município de Lagarto/SE. *Scientia Plena*, v. 13, n. 10, pp. 1-5, 2017.

