



SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Marcia Viana Lisboa Martins⁽¹⁾

Doutora em Aproveitamento da Energia pela FEG da UNESP (2012), mestre em Recursos Hídricos pela FEC da UNICAMP (1997) e graduação em Engenharia Civil pela FEPI (1992). Atualmente é professora da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI no Instituto de Recursos Naturais - IRN. Possui experiência em desenvolvimento de estudos e projetos na área de saneamento, com ênfase em reúso de água, sistema de esgotamento sanitário e eficiência hídrica em sistema industrial.

Raphael Reis Rufino⁽²⁾

Engenheiro Civil pela UNIFEI

Endereço⁽¹⁾: Av. BPS, 1303 - Pinheirinho - Itajubá - MG - CEP: 37500-903 - País - Tel: +55 (35) 3629 1479 - e-mail: marciaviana@unifei.edu.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é avaliar técnica e economicamente a implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva em um edifício público para uso não potável nos vasos sanitários e mictórios. Foram realizadas visitas a campo e verificado que o sistema de aproveitamento de águas pluviais foi executado incompleto, impossibilitando seu uso. Baseado na Norma Brasileira NBR 15.527 (ABNT, 2007) e na Diretriz sobre Reúso de Água (USEPA, 2012) foram dimensionadas as unidades inexistentes, tais como o reservatório inferior de armazenamento da água de chuva e as unidades de tratamento e minimizados os riscos de contaminação, eliminando as ligações cruzadas. Foram levantados os custos para implantar efetivamente o sistema e calculada a economia de água potável resultante do uso da água de chuva. A análise econômica do investimento no sistema de aproveitamento da água de chuva mostrou-se viável, apresentando um VPL positivo de R\$3.710,00 e *payback* de 5 anos.

PALAVRAS-CHAVE: água de chuva, ligação cruzadas, edifício público.

INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis vem se mostrando uma alternativa sustentável para enfrentar os problemas de escassez hídrica. O uso de água da chuva contribui para diminuição da demanda de água potável, reduzindo os custos com abastecimento de água potável e preservando os mananciais de abastecimento (TOMAZ, 2009; SOUZA et. Al., 2016). Os sistemas de aproveitamento de água da chuva auxiliam também na redução do volume de água que chega aos sistemas de drenagem urbanos, já que parte da precipitação fica retida nos reservatórios, atenuando os picos de cheia.

Segundo May (2004), há anos o sistema de aproveitamento da água de chuva já vem sendo utilizado, no Brasil, porém foi somente em 2007 que foi elaborada a norma NBR 15.527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007), em função do aumento do número de sistemas de aproveitamento de água da chuva implantados em residências e a necessidade de diretrizes para normatizar este aproveitamento.

A tendência é que utilização da água de chuva nas edificações se intensifique no futuro próximo uma vez que muitas cidades vêm aprovando leis que obrigam as novas edificações a terem este sistema. Como exemplo o município de São Carlos aprovou a Lei 17.729 de fevereiro de 2016 que obriga os novos imóveis com área superior a 140 m² a terem o sistema de aproveitamento da água de chuva. Dessa forma além de reduzir a demanda no sistema de abastecimento água potável do município, essa medida pode auxiliar na drenagem urbana, mitigando os problemas de inundações.

No âmbito federal, a Lei Federal 13.501 de 2017, prevê a inclusão do incentivo e a promoção da captação, preservação e aproveitamento de águas das chuvas entre os objetivos da Política Nacional de Recursos



Hídricos. A inclusão entre esses objetivos do incentivo à captação, preservação e aproveitamento de águas das chuvas acompanha tendência mundial de utilização de água não tratada para rega de jardins, limpeza de calçadas e em atividades agrícolas e industriais (Agência Senado, 2017).

Entretanto, face a este entusiasmo e a necessidade de aproveitamento de água de chuva os projetos vem sendo elaborados e, por vezes, executados inadequadamente, incorrendo em riscos de contaminação. Um dos principais cuidados dos projetos de aproveitamento de água da chuva é evitar a contaminação dos sistemas de água potável pela água não potável. Portanto, os sistemas de distribuição de água devem evitar a ligação cruzada, ou seja, pontos que através de ligação física permitem que haja contato entre a água potável e água não potável.

Além disto, verifica-se que as normas brasileiras, em comparação com a Diretriz sobre Reúso de Água elaborada pela Agência Americana de Proteção do Meio Ambiente (USEPA, 2012), é deficitária em alguns pontos. A norma NBR 15.527 (ABNT, 2007), bem como as normas correlatas, alertam para necessidade das tubulações e demais componentes serem identificados com cores distintas das tubulações de água potável, mas não define como deve ser feita a diferenciação. Nem mesmo na NBR 6.493 (ABNT, 1994) – Emprego de cores para identificação de tubulações, o tema é tratado claramente. Ao passo que nas normas americanas há necessidade da identificação da tubulação por cor distinta, sendo utilizada a cor rosa para água de reúso. A identificação das instalações de água não potável é necessária porque ao realizar uma reforma ou mesmo um reparo nos sistemas hidráulicos de uma edificação, a ausência de identificação por cores nas tubulações pode levar a uma ligação acidental entre os sistemas de água não potável e potável, configurando assim uma ligação cruzada e potencial ponto de contaminação.

A diretriz americana de reúso de água (USEPA, 2012), diferentemente da norma NBR 15.527 (ABNT, 2007), define as categorias de reúso em restritos, ou seja, reúso de água para aplicações não potáveis em ambientes urbanos, onde o acesso do público é controlado ou restringido por barreiras físicas ou institucionais, tais como cercas e irrestritos, o reúso cuja água é utilizada para aplicações não potáveis em ambientes municipais onde o acesso público não é restrito e ainda da estabelece os padrões de qualidade para cada uso. Já a NBR 15.527 (ABNT, 2007) apenas faz referência a usos mais restritivos e menos restritivos, mas não define especificamente os tipos de uso que se enquadram nessa classificação.

Outro ponto deficitário na norma brasileira é a falta de especificações nos sistemas de controle e prevenção de refluxo, fenômeno que oferece de contaminação da rede de abastecimento de água potável. As normas brasileiras recomendam o uso de dispositivos para impedir a conexão cruzada e retrorrefluxo, porém, com exceção da separação atmosférica e válvula quebra-vácuo, não especifica outros dispositivos.

Por fim, é necessário rever os projetos de aproveitamento de água de chuva a luz da norma NBR 15.527 (ABNT, 2007), e agregar novos conceitos a fim buscar o aprimoramento.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo analisar técnica e economicamente o sistema de aproveitamento de água da chuva implantado em um edifício público para uso não potável nos vasos sanitários e mictórios.

METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado um estudo dos projetos hidrossanitários do edifício em estudo, edifício da reitoria da UNIFEI, sendo as informações checadas com visitas realizadas ao canteiro de obras. Com base norma NBR 15.527 (ABNT, 2007) e na Diretriz sobre Reúso de Água (USEPA, 2012) procedeu a análise crítica do sistema de aproveitamento de água de chuva executado com a finalidade de verificar as deficiências do projeto e propor melhorias.

Verificou-se que o projeto foi executado incompleto impossibilitando o aproveitamento da água de chuva. Tendo sido executado apenas as instalações hidráulicas prediais de distribuição de água potável e não potável e o reservatório superior. As principais intervenções para implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva compreende o dimensionamento e a execução do reservatório inferior, do sistema de bombeamento, das unidades de tratamento da água (reservatório de descarte da água de chuva inicial, filtro e cloração) e o



redirecionamento da água de chuva da rede de drenagem para o reservatório inferior, além das intervenções para eliminar as ligações cruzadas e para identificação das instalações hidráulicas de água não potável.

O reservatório é o item mais oneroso do sistema de aproveitamento de água de chuva, podendo representar cerca de 50% a 85% do custo total (TOMAZ, 2009). O dimensionamento do reservatório foi realizado empregando o método de Rippl, devido a praticidade e confiabilidade (AMORIM, 2008). Os dados requeridos são a demanda mensal de água não potável, a área de coleta de água pluvial, o coeficiente de Runoff e a precipitação média mensal.

A demanda média diária de água não potável (vaso sanitários e mictórios) foi estimada com base nos dados de vazão dos aparelhos sanitários fornecidos pelos fabricantes e na frequência de uso prevista para edificação. O consumo de água de cada aparelho sanitário foi estimado em 12 l/pessoa. Foi adotada a frequência diária de uso dos aparelhos sanitários 0,3 mictório por vaso sanitário, sendo diferenciada a frequência de uso dos aparelhos por sexo, sendo os 3 usos feminino exclusivo de vaso sanitário e masculino 1 uso diário de vaso sanitário e 2 usos diários do mictório (KAMMERS E GHISI, 2006). O número de ocupantes foi estimado com base no projeto de ocupação da edificação, sendo diferenciado o uso por funcionários que trabalham no local e por usuários que frequentam irregularmente a edificação. A área de coleta e o coeficiente de Runoff foram obtidos do projeto de hidrossanitário de água de pluvial existente.

Para o cálculo do volume médio mensal de água de chuva foi utilizada a série histórica pluviométrica média mensal do município de São Lourenço, visto que não foi possível obter uma série histórica longa de dados pluviométricos para o local de estudo. Foram utilizados dados de chuvas entre 1966 e 2016 para a obtenção da precipitação média mensal, captados pela estação meteorológica número 83.736, do tipo convencional. Os dados estão disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Segundo McMahon (1993) apud Tomaz (2003) a confiança do sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser expressa pela porcentagem de meses em que o sistema atendeu a demanda (Equação 1).

$$R_r = 100 \cdot \left[1 - \frac{nr}{n} \right] \quad \text{equação (1)}$$

Onde R_r é a confiança do sistema; Nr é o número de meses em que o sistema não atendeu a demanda; N é o número total de meses do ano.

De acordo com McMahon (1993) apud Tomaz (2003) a eficiência (E) do sistema pode ser verificada pela relação entre o volume de água de chuva aproveitado e o volume total de chuva (Equação 2).

$$E = 100 \cdot \frac{V_u}{V_t} \quad \text{equação (2)}$$

Onde V_u é o volume de chuva utilizado (m^3), que corresponde ao volume de chuva total no ano subtraído o volume extravasado e o volume de suprimento potável; V_t é o volume de chuva total no ano (m^3).

Para o reservatório de descarte da chuva inicial foi avaliado um descarte entre 0,8 mm e 1,5 mm da precipitação inicial, proposto por Dacach (1990) apud Tomaz (2003) em função da proximidade de árvores e das condições de poluição no local. O volume do reservatório de descarte (V_d) é dado pela equação 3.

$$V_d = \frac{h_i \cdot A_t}{1000} \quad \text{equação (3)}$$

Onde h_i é a altura inicial da chuva, em (mm) e A_t é a área do telhado (m^2).

Para o dimensionamento do diâmetro da tubulação de saída do reservatório de descarte foi utilizada a equação 4.

$$V_d = t_e \cdot C_d \cdot A_t \cdot (2 \cdot g \cdot h_R)^{0,5} \quad \text{equação (4)}$$



Onde V_d é o volume do reservatório de descarte inicial (m^3); t_e é o tempo para o reservatório ser esvaziado (s); C_d é o Coeficiente de descarga do orifício (adimensional); A_t é área da seção transversal da tubulação de saída (m^2); g é a aceleração da gravidade (m/s^2); h_R é a altura do reservatório (considerando a tubulação na base do reservatório) (m)

Para atender o limite de turbidez menor que 5 UT, previsto a norma NBR 15.527 (ABNT, 2007) para uso menos restritivos foi proposto a instalação de filtro. Ainda, segunda norma o teor de cloro residual livre deve ser entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L.

Segundo Botelho (2006), a potencia da bomba pode ser calculada pela equação 5.

$$P = \frac{Q.H}{4} \quad \text{equação (5)}$$

Onde P é a potência do motor (cv); Q é a vazão (l/s) recalçada para o reservatório superior; H é o desnível geométrico entre o reservatório inferior e o reservatório superior (m).

Com base no projeto de urbanístico, arquitetônico e de instalações hidráulicas prediais foi definido o local de implantação do reservatório e avaliada técnica e economicamente a melhor alternativa para conduzir as águas de chuva para o reservatório inferior. Na estimativa do custo de adequação dos condutos horizontais foi considerado o custo de remoção do pavimento dos passeios, escavação da vala para retirada da tubulação, recolocação da tubulação, adaptação das caixas de passagem, reaterro da vala e recolocação do pavimento. Para determinação dos preços de cada serviço foi tomado como base o valor das composições da tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

O custo do reservatório de água de chuva foi estimado em U\$178,00 por m^3 de água. Este valor foi obtido por Tomaz (2003) considerando a construção de um reservatório de concreto armado já incluindo todos os equipamentos como bombas, válvulas e instalação elétrica.

Para determinar o valor anual economizado com água potável, foi levantado o custo médio do m^3 de água pago à concessionária pela UNIFEI, R\$14,30 por m^3 . Esse valor foi utilizado também para obter o custo anual de água potável consumida pelo sistema.

As medidas necessárias para implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva foram avaliadas sob o ponto de vista econômico através do método do Valor Presente Líquido - VPL, da Taxa Interna de Retorno - TIR e complementado pela análise do tempo de retorno do investimento (*payback*).

O método do VPL consiste no cálculo da soma do investimento inicial com os valores atualizados de fluxo de caixa ao longo do tempo para uma dada taxa de desconto, conforme equação (6).

$$VPL = -I_o + \sum \frac{FC}{(1+tx)^{na}} \quad \text{equação (6)}$$

Onde I_o é o investimento, FC é o fluxo de caixa, tx é a taxa de juros e na a vida útil em anos dos equipamentos. Quanto maior o VPL, mais atrativo do ponto de vista econômico é o projeto.

A TIR é o valor de taxa interna de retorno de um investimento para o qual o VPL é nulo. Seu cálculo é feito de forma recursiva utilizando a equação (11) e variando-se o valor de tx. O investimento será atrativo se a TIR for maior do que a taxa mínima de retorno esperada para o investimento.

O *payback* é uma forma mais simplificada de avaliar economicamente um projeto. Trata-se do tempo de recuperação do capital investido e pode ser calculado através da equação (7).

$$PB = \frac{I_o}{\sum FC_{anual}} \quad \text{equação (7)}$$



Foi considerando um alcance de projeto de 10 anos, obtido em função do tempo médio de vida das bombas. A manutenção do sistema consiste somente na limpeza e foi desconsiderada no período analisado. Considerou-se a taxa mínima de atratividade do negócio de 12% ao ano.

RESULTADOS

A demanda média mensal de água não potável foi estimada considerando a população fixa, servidores alojados na edificação, e a população flutuante, participantes de reuniões, funcionários terceirizados e público externo (Tabela 1).

Tabela 1 – Demanda mensal de água nos aparelhos sanitários

Usuários	Nº Total (pessoas/dia)	% de pessoas que utilizarão os aparelhos sanitários	Consumo diário por pessoa (L)	Nº de dias que haverá utilização dos aparelhos sanitários no mês	Consumo Mensal (m³/mês)
1	125	100%	12	21	31,50
2	28	50%	3	3	0,13
3	45	50%	3	3	0,20
4	12	100%	12	21	3,02
5	375	15%	3	21	3,54
6	200	70%	3	1	0,42
Total (m³/mês)					38,82

Dada as incertezas na estimativa do consumo de água em edifícios públicos e no número de ocupantes, a demanda mensal utilizada nos cálculos para dimensionar os reservatórios foi incrementada em 15%, resultando no valor médio mensal de consumo de água não potável de 45 m³.

A área de coleta obtida do projeto foi de 1.347m². De acordo com o tipo de cobertura do edifício, telhas metálicas e laje, foi fixado um único coeficiente de Runoff igual a 0,8. Para a obtenção da precipitação média mensal foi utilizada a série histórica de dados pluviométricos entre o período de 1966 a 2016 do município de São Lourenço (MG). Na Tabela 2 está apresentado o dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

Tabela 2 – Dimensionamento do reservatório – Método de Rippl

Mes	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Volume de demanda acumulado (m³)	Área de coleta (m²)	Coeficiente de Runoff	Volume de chuva mensal (m³)	Volume de chuva acumulado (m³)	Diferença entre Volume de chuva e Demanda (m³)	Volume do reservatório de água de chuva (m³)
Jan	293,00	45	45	1347	0,8	316	316	271	0
Fev	191,00	45	90	1347	0,8	206	522	161	0
Mar	171,76	45	135	1347	0,8	185	707	140	0
Abr	74,00	45	179	1347	0,8	80	786	35	0
Mai	55,72	45	224	1347	0,8	60	846	15	0
Jun	33,69	45	269	1347	0,8	36	883	-9	9
Jul	25,58	45	314	1347	0,8	28	910	-17	17
Ago	27,38	45	359	1347	0,8	30	940	-15	15
Set	75,80	45	404	1347	0,8	82	1021	37	0
Out	121,08	45	449	1347	0,8	130	1152	86	0
Nov	184,14	45	493	1347	0,8	198	1350	154	0
Dez	267,91	45	538	1347	0,8	289	1639	244	0
Volume total de reservação									42



Uma vez que o reservatório superior já foi executado e possui um volume de 11m^3 , o reservatório inferior deverá possuir um volume de 31m^3 para atender a demanda. A confiança no sistema é 100% e a eficiência de 37%. A fim de facilitar a execução do reservatório inferior, elevar a confiabilidade do sistema será adotado o volume de 34m^3 . Assim, o volume total de reservação passa a ser de 45m^3 . Vale ressaltar que o reservatório foi considerado vazio no início da contagem, ou seja, no mês de janeiro.

O volume do reservatório de autolimpeza resultou em $2,0\text{m}^3$, sendo considerado o descarte de uma de chuva inicial de 1,5 mm.

De acordo com a qualidade da água proveniente da chuva, no uso a que se destina esta água (uso em vasos sanitários e mictórios), e nos parâmetros estabelecidos pela norma NBR15.527 (ABNT, 2007) foi prevista a instalação de filtros constituídos de malha em aço inox e a cloração da água. Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2007) o teor de cloro residual livre deve ser entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L, portanto para manter essa dosagem será adotado um clorador flutuante no reservatório inferior que deverá ser ajustado em função do volume do reservatório. Segundo fabricantes de pastilhas de cloro, deve-se utilizar uma unidade de 200g para cada 30m^3 de água, para manter a dosagem de cloro residual estabelecida pela norma.

Para determinar o local de construção do reservatório inferior foram levadas em consideração questões técnicas e urbanísticas. Do ponto de vista técnico, a fim de diminuir as perdas de carga no sistema, recomenda-se que o reservatório inferior seja localizado o mais próximo possível do ponto a partir do qual a água será recalçada, que deve ser localizada no *shaft* existente. Analisando o projeto de urbanístico da edificação, foi dada preferência para a localização do reservatório inferior, locais sem arruamentos ou passeios e próximo ao local de recalque. Dessa forma optou-se por localizar o reservatório nos fundos da edificação, próximo ao local onde se encontra o *shaft* e onde não é previsto nenhum arruamento, estacionamento ou passeio.

Atualmente a água pluvial captada é descartada no sistema de drenagem da universidade, portanto foram analisadas duas propostas de redirecionamento da água pluvial para o reservatório inferior. A opção que se mostrou tecnicamente mais viável propõe a inversão da direção do escoamento dos trechos já executados para direcionar a água para o reservatório inferior (Figura 1). Para isto será necessário remover o pavimento dos passeios, escavar a vala para retirada da tubulação, recolocação da tubulação, adaptação das caixas de passagem, reaterro da vala e recolocação do pavimento.

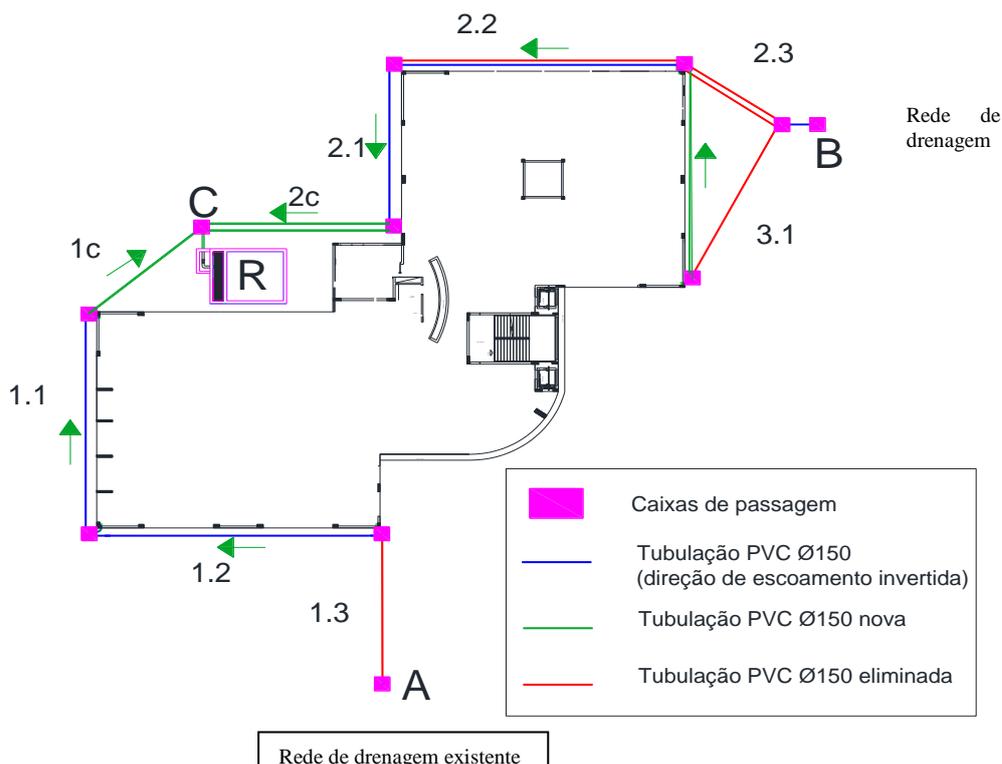


Figura 1 – proposta de redirecionamento das águas pluviais para reservatório
(Fonte: elaborado pelo autor)



Foi dimensionada uma bomba com potencia de 2,0 cv para recalcar água de chuva armazenada no reservatório inferior para reservatório superior. Segundo Tomaz (2009), é recomendável que a água bombeada seja retirada próximo à superfície, pois no fundo tendem a se depositar sujeiras que passam pelas etapas anteriores de eliminação de materiais poluentes. Assim propõe-se que seja utilizada uma boia acoplada à tubulação e nesta um filtro de entrada para sucção e recalque da água de chuva até os reservatórios superiores.

Durante as visitas em campo foi verificado que os barriletes do reservatório de água de chuva e do reservatório de água potável estão interligados através da instalação de registros de gaveta, configurando uma ligação cruzada (Figura 2). A solução é separar os dois sistemas e para isto é necessário interromper a ligação cortando-as e utilizando um *cap* em cada tubulação.



Figura 2 – Ponto de ligação cruzada dos reservatórios de água potável e água de chuva.

Fonte: Acervo do autor

As tubulações de água não potável deverão ser pintadas de cor rosa e deverão ter adesivos de edificação de água não potável, conforme estabelecido na Diretriz sobre Reúso de Água (USEPA, 2012). Recomenda-se adição de corantes mensalmente na água de reúso para certificação que ocorreu nenhuma ligação cruzada.

O custo da complementação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi estimado em R\$37.664,70 e engloba a construção do reservatório inferior acoplado ao reservatório de descarte de chuva inicial, seus equipamentos e o custo de direcionamento da água de chuva para o reservatório inferior. O sistema irá gerar uma economia anual 538 m³ de água potável que, deduzidos os custos de manutenção do sistema, irão economizar R\$ 7.493,62 por ano. Assim, é previsto que o investimento seja recuperado num prazo máximo de 5 anos a partir da data de operação do sistema.

Tendo como base uma Taxa mínima de atratividade - TMA de 12% ao ano e um período de análise de 10 anos, segundo os métodos do valor presente líquido - VLP e taxa interna de retorno - TIR, o investimento se mostra viável, sendo o VLP positivo de R\$3.710,00 e a TIR de 14,43%, ou seja, maior que a TMA. Conclui-se, portanto, que as adequações para a implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva são economicamente e tecnicamente viáveis.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada uma análise técnica e econômica do sistema de aproveitamento de água da chuva para utilização em vasos sanitários e mictórios do edifício da reitoria da UNIFEI.

Em visitas a campo, foi verificado que o projeto foi executado incompleto impossibilitando o aproveitamento da água de chuva. As principais intervenções para implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva compreende a construção do reservatório inferior e das unidades de tratamento da água e o



redirecionamento da água de chuva da rede de drenagem para o reservatório inferior e a instalação do sistema de bombeamento para o reservatório superior.

No dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva foi empregado o método de Rippl e obteve-se um volume de reservação de 45 m³, sendo distribuído 11 m³ no reservatório superior já executado e 34 m³ no reservatório inferior a construir. O reservatório inferior será acoplado a um filtro de areia e brita e um reservatório de descarte de chuva inicial de 2 m³. A cloração deverá ser feita por um clorador flutuante colocado no reservatório inferior. O bombeamento da água de chuva para o reservatório superior de distribuição será realizado por uma bomba de 2,0 cv acionada por bóias de nível automáticas instaladas nos reservatórios e controlada por um medidor automático de nível.

A solução mais viável técnica e econômica para o direcionamento da água pluvial captada será a inversão da direção do escoamento dos trechos já executados para o reservatório inferior. Para minimizar os riscos de contaminação do sistema de água potável, as ligações cruzadas deverão ser desfeitas e haverá necessidade de identificar as tubulações de água não potável com a pintura na cor roxa e a colocação de adesivos.

O custo da complementação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi estimado em R\$37.664,70 e irá gerar uma economia anual 538 m³ de água potável que deduzidos os custos de manutenção do sistema serão economizados R\$ 7.493,62 por ano. Assim, prevê-se que o investimento será recuperado num prazo máximo de 5 anos a partir da data de operação do sistema.

O VPL apresentou-se positivo, R\$3.710,00. e a TIR foi de 14,43%, considerando uma TMA de 12% ao ano e um período de análise de 10 anos. Conclui-se que as adequações para a implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva são técnicas e economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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, 2008.
2. AGÊNCIA SENADO. Sancionado incentivo ao aproveitamento de águas das chuvas. Da Redação 31/10/2017, 14h39 - atualizado EM 31/10/2017, 17h44. Disponível em <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/10/31/sancionado-incentivo-ao-aproveitamento-de-aguas-das-chuvas>> Acesso em 06 de fevereiro de 2017.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.493: – Emprego de cores para identificação de tubulações. Rio de Janeiro, 1994.
5. BRASIL, LEI Nº 13.501, DE 30 DE OUTUBRO DE 2017. Altera o art. 2o da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Publicado no DOU de 31.10.2017.
6. SÃO CARLOS (Município). Lei Nº 17.729 de 10 de Fevereiro De 2016. Cria o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva e institui a sua obrigatoriedade nos imóveis localizados no Município e dá outras providências. São Carlos. 2016.
7. KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos Finais de Água em Edifícios Públicos Localizados em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, jan./mar. 2006.
8. MAY, S. (2004). Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 189 p.
9. SÁNCHEZ, A.S. Aproveitamento de águas pluviais na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.
10. SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SINAPI. 2016. Disponível em <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648>. Acesso em 05 de setembro de 2016.
11. SOUZA, J.F.; NETO, M.R.F.; SOUZA, M.A.S.; VENEU, D.M. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. Revista Eletrônica Teccen. 2016, 9(1), 35-46.



**Encontro Técnico
AESABESP**

29º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



FENASAN

parceiro **IFAT**

2018

12. TOMAZ, P. (2003). Aproveitamento de água de chuva. 2ª Ed. São Paulo: Navegar Editora, 180 p
13. TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. *Oceania*, v. 65, n. 4, p. 5, 2009.
14. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. 2012. *Guidelines for Water Reuse*. 2012. Disponível em: < <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf> >. Acesso em 07 de maio de 2016.