



AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Eduardo Farias – e-mail: 118486@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Engenheiro Civil pela UPF
Endereço: BR 285, Bairro São José, Campus I, UPF - FEAR
CEP: 99052-900 – Passo Fundo - RS

Vera M. Cartana Fernandes – e-mail: cartana@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura

Simone Fiori – e-mail: sfiori@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura

Vinicius Scortegagna – e-mail: viniuss@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura

Luisa Dametto Vanz – e-mail: luisavanz@gmail.com

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura

Resumo: *Nos últimos anos, falou-se muito sobre o problema da escassez da água e a necessidade de encontrar substituições de fontes, pois não apenas a falta de chuva, mas a má utilização dos recursos hídricos, o aumento demográfico e a notável poluição fazem com que os sistemas de aproveitamento de água não potável fiquem em destaque. Desta forma, o presente trabalho avaliou técnica e economicamente a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em um edifício residencial na cidade de Passo Fundo/RS. Onde, se baseou em orçamentos e pesquisa sobre sistemas alternativos ao presente na edificação em análise, o objetivo principal foi avaliar o custo de implantação e o retorno deste investimento, que é uma dúvida que muitos construtores e futuros moradores possuem. Com os resultados encontrados neste trabalho, foi possível concluir que as diretrizes especificadas na NBR 15527/07 são determinantes para que o correto funcionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva seja garantido. Em uma análise de rentabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, os valores obtidos foram satisfatórios, com base no levantamento dos materiais necessários para implantá-lo, e na estimativa da tarifa de água mensalmente economizada. Por fim, em uma análise sustentável da implantação do S.A.A.C obteve números consideráveis gerados na economia de água potável.*

Palavras-chave: *Água de chuva, Eficiência, Captação da água, Sustentabilidade.*



TECHNICAL EVALUATION AND ECONOMIC RAIN WATER RECOVERY SYSTEM IN RESIDENTIAL BUILDING

Abstract: *In recent years, there was much talk about the problem of water scarcity and the need to find replacement sources because not only the lack of rain, but the misuse of water resources, population growth and remarkable pollution cause the non-potable water use systems become highlighted. Thus, this study evaluated technically and economically the implementation of a rainwater utilization system in a residential building in the city of Passo Fundo / RS. Which was based on budgets and research on alternative systems to the present in the building in question, the main objective was to evaluate the cost of implementation and the return on this investment, which is a question that many builders and future residents have. With the findings of this study, it was concluded that the guidelines specified in NBR 15527/07 are crucial to the proper functioning of the rainwater utilization system is guaranteed. In an analysis of profitability of the implementation of rainwater utilization system, the values obtained were satisfactory, based on the survey of the materials needed to deploy it, and the estimated monthly water saved fare. Finally, in a sustainable analysis of drinking water.*

Keywords: *Rain water, Efficiency, Water catchments, Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

O sistema de aproveitamento da água de chuva sem dúvidas é uma das alternativas sustentáveis mais destacadas dentre as disponíveis na construção civil, o sistema já é consolidado em países da Europa. Recentemente, no Brasil, é um dos projetos mais requisitados, sendo idealizado pela população e por profissionais relacionados à construção civil, por portar qualidade sustentável e gerar redução nas tarifas de água, atendendo assim, as necessidades ambientais e econômicas de uma região.

Os benefícios e vantagens alcançados pelo sistema são notáveis nos quesitos sustentabilidade e implantação, visto que, gera economia no consumo de água potável e por ser considerado de fácil instalação quando o mesmo for projetado de forma adequada e compatível com os demais projetos da edificação, como os projetos estruturais e arquitetônicos, por exemplo. Para que isso ocorra o projeto deve respeitar as características e atender as necessidades de cada edificação, sendo projetado por um responsável técnico de acordo a atender as diretrizes da NBR 15527/2007.

Por mais vantajoso que um sistema possa ser, tem seu custo, um investimento a ser feito, desta forma, muitos construtores e moradores querem saber em quanto tempo este investimento terá retorno, além de sustentável, financeiro. Focando nisto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar técnica e economicamente o sistema de aproveitamento de água de chuva implantado em um edifício residencial. Visando obter uma qualidade de água adequada ao uso que se destinará e determinar a melhor relação custo-benefício para a implantação do mesmo.

2. MÉTODO DA PESQUISA

O presente trabalho teve seus objetivos concluídos a partir de análise feita em um edifício residencial composto por 13 pavimentos, que somados chegam a uma área construída de 5763,69m², sendo de caráter residencial, o edifício comporta 21 apartamentos e uma sala comercial e está localizado na cidade de Passo Fundo, situada no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Dentro disso, para atender a demanda de seus moradores o sistema de aproveitamento de água de chuva implantando é destinado a atender às descargas das bacias sanitárias de todo o edifício, lavagem do piso das garagens, lavagem de carros e na irrigação de plantas.



2.1. Estudo dos problemas

Para iniciar uma avaliação técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva é necessário pesquisar e aprofundar-se sobre o tema, expandir a percepção, conhecer os tipos e os processos de sistemas adotados mundialmente, desde a coleta até o tratamento final dado à água, enfatizando nos fatores que serão preponderantes para fornecer uma melhor qualidade de água aos pontos de consumo, tais como, tratamento, filtragem e armazenamento da água de chuva.

Análise técnica do sistema de aproveitamento de água da chuva

A análise do sistema de aproveitamento de água de chuva ocorreu através de conferência feita “in loco”, com visitas feitas ao edifício foi possível fazer uma interpretação do funcionamento do sistema, observando suas etapas, os pontos de coleta, condutores, processo de filtragem e tratamento da água, armazenamento, bombeamento e demais componentes. Avaliou-se o local onde é captada a água de chuva, a capacidade de suprir o volume gerado e a demanda de água não potável consumida no edifício, e a eficiência do filtro adotado, conforme indica a NBR 15527:2007. Quanto aos critérios de qualidade de águas de chuva consumidas em fins não potáveis, referente ao armazenamento, a investigação baseou-se na qualidade dos reservatórios, a segurança apresentada no local em que estavam configurados, e sua capacidade de impedir a entrada de insetos e animais que possam inutilizar o uso desta água.

Avaliação econômica do sistema de aproveitamento de água da chuva

A análise econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva visou esclarecer se, além de ganhos significativos no quesito sustentabilidade, se o sistema pode, ou não, se pagar com o passar do tempo e a gerar economia aos construtores e aos consumidores dos imóveis.

Sendo assim, foram feitos orçamentos do sistema implantado no edifício residencial de análise, para isso, considerou-se toda a tubulação e das peças necessárias para fazer a ligação entre os reservatórios inferiores aos superiores, os próprios reservatórios adotados, as bombas centrífugas, o sistema de filtros, e o tratamento necessário dado à água, ou seja, todos componentes que são necessários considerados para que o projeto de aproveitamento de água de chuva funcionasse. Para que o orçamento fosse possível, o quantitativo de materiais foi obtido através do projeto de águas pluviais e do projeto hidráulico, além de levantamento feito no local de análise. Desta forma, com a conclusão do orçamento, juntamente com os dados mensais de consumo de água de chuva, obtidos através de hidrômetro instalado no sistema de aproveitamento de água de chuva, alcançou-se um dado real de economia gerada, a partir de cálculo realizado para obter a rentabilidade do sistema de forma prática.

A equação de rentabilidade do sistema de aproveitamento de água de chuva foi resolvida com o auxílio da engenharia econômica, através do método *payback*. Considerou-se o capital de investimento, a economia gerada e o período de retorno, a partir da implantação do mesmo.

Os orçamentos foram obtidos com base nos preços atuais encontrados nas lojas de materiais de construção na cidade de Passo Fundo/RS, e com auxílio da planilha do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Estudo comparativo dos filtros comerciais disponíveis para uso em sistemas de aproveitamento de água da chuva

Para obter uma melhor qualidade à água de chuva tratada, e o melhor custo-benefício de implantação, foram realizadas comparações técnicas e econômicas entre o sistema de filtro implantado no edifício residencial e os sistemas de filtros disponíveis comercialmente.

O estudo comparativo entre os filtros atentou-se a todas as etapas percorridas pela água no filtro até que gere as suas características finais, após entrada no mesmo. Com isso, a comparação levou em conta o tipo de separação feita nos materiais grosseiros presentes, como folhas e gravetos, o

tipo de filtragem das partículas finas e dos microrganismos, o processo adotado para reduzir a turbidez e o odor da água, e por fim, o tratamento dado à mesma.

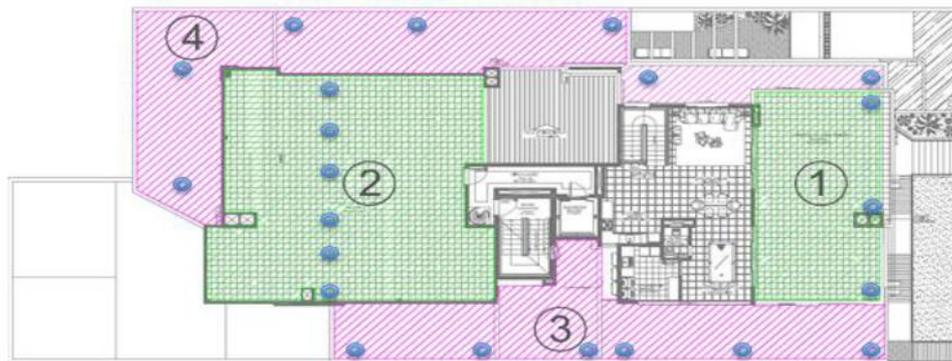
3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1. Avaliação técnica do sistema de aproveitamento de água da chuva

Áreas de captação

A partir de visita feita ao edifício de análise foi possível observar e analisar os locais que possuem pontos de coleta de água de chuva, desta forma, evidenciou-se que os mesmos se fazem presente em dois pavimentos, nos terraços da cobertura e nos terraços de manutenção do primeiro pavimento tipo, além da cobertura do reservatório superior que transfere a água de chuva coleta aos terraços da cobertura. A captação é feita através de ralos metálicos distribuídos nas áreas de captação, feita a coleta de água de chuva estas são levadas até os condutores verticais. A figura 1 apresenta croqui da distribuição dos pontos de coleta.

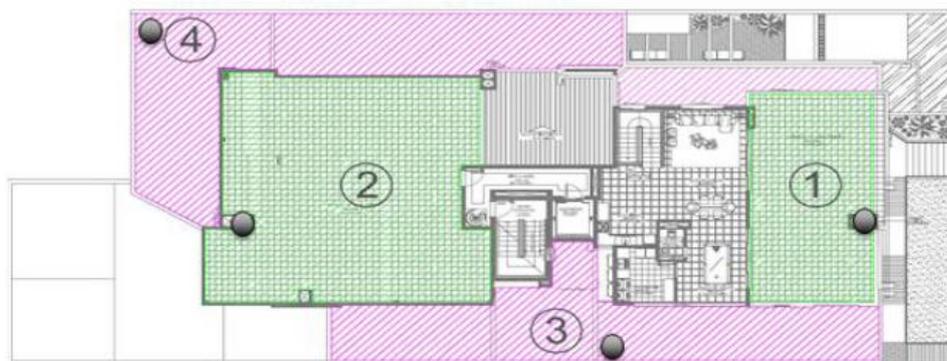
Figura 1 – Pontos de captação da água da chuva, 1 e 2 cobertura (12º pavimento) 3 e 4 terraço (4º pavimento).



Condutores verticais

Feita a captação da água de chuva, o próximo passo será conduzi-la até o seu tratamento e posterior armazenamento. Desta forma a edificação dispõe de quatro condutores verticais de 100mm, atendendo às diversas áreas de captação, onde possui dois condutores verticais para os terraços da cobertura e mais dois condutores para os terraços do primeiro pavimento tipo. A figura 2 apresenta croqui referente aos condutores verticais.

Figura 2 – Croqui dos condutores verticais.



Desta forma, através da NBR 10844/89, norma esta destinada a fornecer os critérios mínimos para que os projetos de drenagem de águas pluviais funcionem de forma aceitável, foi avaliado se estes quatro condutores verticais são suficientes para atender às áreas de captação. Para avaliar este componente do sistema de aproveitamento de água de chuva utilizou-se do método encontrado no item 5.6.4 da NBR 10844/89.

Caracterizando um período de retorno de 5 anos para a região de Passo Fundo/RS, intensidade pluviométrica adotada de 125mm/h, os condutores não foram dimensionados de maneira correta, embora atendam os critérios da NBR 10844/89, não atende aos critérios da tabela 1 de vazão máxima que pode ter um condutor vertical. Sendo assim, pode-se creditar esta discrepância ao fato de que o ábaco disponível na NBR 10844/89 tenha se tornado obsoleto com o passar dos anos, pois neste ábaco a sua maior vazão disponível (2800L/min) seria suprida por um condutor de 120mm, ao passo que para esta vazão na tabela 1 de vazão máxima seria necessário um condutor de no mínimo 200mm.

Tabela 1 – Máxima vazão de escoamento no coletor vertical.

D (mm)	25%	30%
	Q (L/min)	
50	63,96	86,68
75	188,57	255,54
100	-	530,33
150	-	1622,53
200	-	3594,37
250	-	6335,75

Tratamento da água da chuva

O tratamento de água de chuva coletada é feito por filtro feito de concreto armado, constituído de divisórias de alvenaria de bloco cerâmico, o mesmo se encontra na parte dos fundos da edificação no 3º pavimento em local de fácil acesso, além de possuir boa localização foi projetado de forma a facilitar a manutenção e limpeza, possuindo amplas divisórias, que possibilitam a entrada do responsável por estes serviços. O mesmo é composto por diversas etapas de tratamento e filtragem da água de chuva coletada conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Sistema de filtro implantado no edifício analisado.





No compartimento 1 ocorre a chegada da água de chuva coletada, nele também é feita a segregação de materiais grosseiros através de grade metálica que é capaz de reter as folhas e demais objetos que possam ter entrado nos ralos, a inspeção é feita mensalmente.

Nos compartimentos 2, 3 e 4, ocorre o mesmo processo, ou seja, nestas três etapas é feita a separação de óleo, já a etapa 5 é onde se encontra o filtro rápido, constituído de brita 0, onde possui fluxo ascendente de forma a retirar da água de chuva coletada, partículas maiores de poeira, e demais objetos que possam ter passado pela etapa 1 na separação de materiais grosseiros.

A etapa 6 é composta por um filtro médio de fluxo descendente, constituído de areia média e brita 0, proporção 1:1, pode ser considerado um método de tratamento complementar ao visto na etapa 5. O compartimento 7 é considerado um dos mais importantes do sistema, pois os filtros lentos de areia podem auxiliar na remoção de alguns parasitas, como *Cryptosporidium parvum* e demais microrganismos danosos a saúde, sendo capaz de com ele atender aos critérios descritos para a água de chuva na NBR 15527/07.

As etapas 8 e 9 são caracterizadas pelo tratamento final dado à água de chuva coletada, onde após a filtragem da água pelos diversos filtros, com a introdução de um clorador flutuador é feito o tratamento da água de chuva coletada, aumentando a qualidade da água para que possa atender os requisitos descritos na NBR 15527/07, ao passo que também é indicado quando há contato com a pele humana, nesta etapa a inspeção é feita mensalmente para substituição das pastilhas que estão inseridas no interior do clorador flutuante. Desta forma, após todos os processos e passagens pelos compartimentos a água de chuva tratada é destinada aos reservatórios de acumulação, tanto inferiores quanto superiores.

Observando todas as etapas de filtragem e tratamento da água de chuva coletada, evidencia-se a falta do descarte das primeiras águas de chuva captadas, na qual é recomendado pela NBR 15527/07, que recomenda um descarte de 2mm da precipitação inicial, fazendo com que as etapas presentes no sistema de filtros possuam responsabilidade de suprir a falta desse descarte, sendo necessário que eliminem todos os microrganismos, sujeiras, poeira e bactérias, presentes nos terraços e telhados.

Com tudo, com os dados obtidos no trabalho realizado no mesmo edifício por (DANIELLI, 2015), a partir de amostra coletada após o tratamento do filtro, e analisada pelo laboratório de química e efluentes ambientais e biotecnologia ambiental, localizado no Campus I da UPF, é possível evidenciar o correto funcionamento da filtragem e tratamento da água de chuva, suprimindo a ausência do descarte das primeiras águas de chuva coletadas e se enquadrando nos requisitos feitos pela NBR 15527/07 e pelo CONAMA 357/05.

Sistema elevatório

O sistema elevatório do edifício residencial analisado é composto por cinco bombas centrífugas, três delas com potência de 3CV e duas com potência de 7,5CV, conforme ilustração da figura 19. Este sistema encontra-se em local com bom espaço para manutenção, e se apresentou em boas condições de funcionamento, pois não apresentava ruídos durante a realização do recalque por parte das bombas, o que caracteriza que as bombas foram bem projetadas e instaladas, garantindo a vazão necessária e pressão suficiente, conforme item C.5, do anexo C da NBR 5626/98.

A bomba representada pelo número 1 é destinada à limpeza dos filtros, já as bombas 2 e 3 são responsáveis por recalcar a água de chuva armazenada no reservatório em anexo ao sistema de filtros para os reservatórios inferiores. As bombas 4 e 5, de maior potência, são utilizadas para recalcar a água de chuva armazenada nos reservatórios inferiores até o reservatório superior.

Figura 4 – Bombas centrífugas presentes na edificação analisada.



Reservatórios

O sistema de aproveitamento de água de chuva analisado possui armazenamento para um total de 57.000 litros de água de chuva captada, sendo um reservatório inferior em anexo ao sistema de filtros com capacidade de 10.000 litros, mais dois reservatórios inferiores com capacidade de 20.000 litros cada, e por fim, um reservatório superior com capacidade de 7.000 litros.

Quanto ao dimensionamento dos mesmos analisou-se com base nos estudos de (DANIELLI, 2015), e observou-se que o volume de armazenamento utilizado na edificação é suficiente para atender a todos os métodos, onde os métodos mais aproximados ao adotado são os Método de Rippl e o Método Prático Australiano.

Abastecimento aos pontos de consumo

O abastecimento aos pontos de consumo no edifício residencial analisado é feito a partir do reservatório superior, localizado no último pavimento, a partir deste serão abastecidas todas as bacias sanitárias do edifício, as torneiras do jardim e as torneiras das garagens. Para que o mesmo sempre esteja abastecido e para que mantenha os pontos de consumo munidos em possível falta de água de chuva por parte dos reservatórios inferiores, este reservatório possui uma ligação com o também reservatório superior de água potável, neste sentido, para que não haja o abastecimento inverso, ou seja, para que o reservatório de água potável não seja abastecido pelo de água de chuva, na ligação entre os dois reservatórios possui uma válvula de retenção na tubulação que os conecta.

Um ponto negativo, e muito importante, que foi observado é a falta de indicações, por sinalização ou placas, nas torneiras dos jardins e das garagens de que a água nestes pontos não é potável, embora conste no manual do proprietário, é um risco eminente para os moradores, crianças e visitantes do edifício.

3.2. Avaliação econômica

A avaliação econômica feita no sistema de aproveitamento de água de chuva implantado no edifício residencial de análise considerou todos os componentes necessários para que o mesmo pudesse ser implantado. Com isso, foram quantificadas toda a tubulação e peças necessárias para fazer a sucção e recalque do sistema elevatório, o sistema de filtros, e os reservatórios de armazenamento.



Após a conclusão do levantamento de materiais, utilizou-se da planilha do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com a atualização feita para o mês de setembro/2015, e utilizou-se também, dos preços disponíveis nas lojas de materiais de construção da cidade de Passo Fundo/RS para obter o custo de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva. Já o custo do comando de acionamento das bombas centrífugas foi obtido por informação do engenheiro responsável, pois este sistema foi feito por ele, através de sensores encontrados nas lojas de materiais elétricos.

Através de todo o quantitativo de materiais e seus respectivos custos de implantação, tornou-se possível conhecer o valor de investimento necessário para implantar o sistema de aproveitamento de água de chuva no edifício de análise. Para obter o valor de investimento somou-se o total dos custos de cada componente pertencente ao S.A.A.C. Desta forma, a planilha 2 apresenta o investimento total feito para implantar o S.A.A.C. no edifício.

Tabela 2 – Investimento total.

Investimento	
Componentes do S.A.A.C	Custo
Filtros + Reservatórios 10.000L	R\$ 7.726,76
Bombas + Reservatórios	R\$ 22.100,00
Tubulação de Recalque	R\$ 810,56
Tubulação de Sucção	R\$ 690,57
Total	R\$ 31.327,89

Rentabilidade do sistema de aproveitamento de água da chuva

Para conhecer a rentabilidade do S.A.A.C e o período de retorno, além do custo de investimento, necessitou-se do resumo de leituras feitas no hidrômetro exclusivo para o sistema de aproveitamento de água de chuva, e com isso converter a quantidade de água de chuva consumida em uma tarifa de água equivalente à taxa de água potável fornecida pela concessionária local, a CORSAN.

Após a obtenção dos dados de custo de investimento e economia gerada mensalmente na edificação, conclui-se a avaliação econômica através do método *Payback* disponível na engenharia econômica. O método se baseia em calcular o período de retorno do investimento para implantar o sistema de aproveitamento de água de chuva, onde o investimento inicial feito é o capital que se deseja recuperar, com isso, a economia gerada mensalmente nas tarifas de água é o lucro previsto, que será descontado até que se recupere novamente o valor investido, e assim, obtendo o período de retorno.

Assim como (Ecocasa, 2013), o período de retorno se dará próximo a quinto ano de utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva após sua implantação. Sendo assim, pode-se considerar este período de retorno aceitável, além de ser um período atrativo referente à engenharia econômica, ao passo que, após os 72 meses passará a gerar economia. Ainda, dois pontos positivos e que trazem maior certeza de que o investimento é confiável, o primeiro ponto é relativo aos prováveis aumentos que as tarifas de água sofrerão nos próximos anos, já o segundo ponto está diretamente relacionado com a ocupação total do edifício, pois no cálculo não foi considerado o consumo dos dois apartamentos e da sala comercial, estes, ainda não ocupados.

3.3. Análise sustentável

A análise sustentável objetivou conhecer os benefícios que a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva é capaz de obter. Para obter estas informações foi necessário considerar os volumes consumidos de água potável e de água de chuva na edificação analisada, desta forma, através de relação feita entre os dois volumes consumidos mensalmente, obteve-se a porcentagem de água potável que está sendo economizada neste edifício residencial.



A tabela 3 apresenta as leituras feitas nos hidrômetros referentes à água potável e ao de água de chuva consumida.

Tabela 3 – Porcentagem de água potável economizada.

Período	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Leitura água potável (m ³)	175,45	67,43	161,00	141,14	117,01	149,59	166,28	188,20	175,91
Leitura água da chuva (m ³)	31,40	29,28	40,76	30,30	33,79	36,99	71,03	49,01	49,28
% economizada de água potável (%)	15,18	30,28	20,20	17,67	22,41	19,83	29,93	20,66	21,88
% média de água potável economizada 22,00%									

Obteve-se a quantidade de água potável economizada com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, onde, aproximadamente 22% da água potável deixou de ser consumida em fins não potáveis desde o início da habitação do edifício. Ainda, no mês de julho de 2015, a redução no consumo de água potável chegou a 29,93%, sendo assim, o valor mais significativo e extremamente satisfatório.

Desta forma, podemos quantificar a sustentabilidade do edifício analisado em aproximadamente 372.000 litros de água potável economizados em nove meses, sendo que em quatro destes as unidades consumidoras do edifício estiveram ocupadas em apenas 61,18%, em dois por 72,73% e em três por 86,36% da capacidade total do edifício, equivalentes a 21 apartamentos e 1 sala comercial.

Sendo assim, confirmando a estimativa mensal de consumo de água de chuva no edifício de 70m³, o mesmo poderá obter uma economia anual de água potável de 840.000 litros.

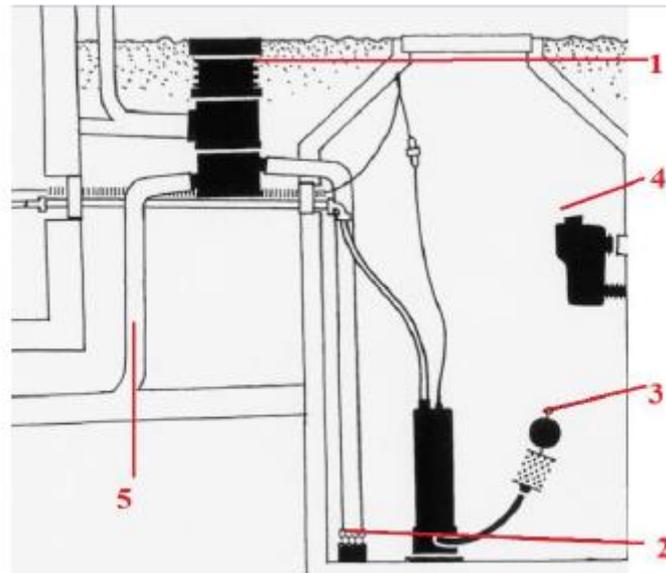
3.4. Comparativo entre os sistemas de filtro

Nesta etapa serão demonstrados as análises feitas, técnica e economicamente, em três modelos de filtros comercialmente disponíveis comparados ao filtro adotado e suas características de funcionamento, apresentando seus aspectos positivos e negativos.

Modelo 1

O primeiro modelo de filtro avaliado, comercialmente disponível, é indicado para tratar a água de chuva coletada em uma área de captação de 500m², sendo compatível com a área disponível no edifício analisado, possui preço aproximado em aproximado de R\$6.630,00. A figura 5, apresenta o sistema de filtragem e as peças utilizadas no filtro modelo 1

Figura 5 – Sistema de funcionamento do filtro modelo 1.



A etapa 1, é caracterizada com um pré-filtro instalado nos condutores horizontais antes dos reservatórios de armazenamento, já na etapa 2, é feita a instalação de um freio de água, para evitar o turbilhonamento quando a água chega ao reservatório de armazenamento. Na etapa 3, ocorre a captação da água armazenada para abastecer os pontos de consumo por uma bomba de água, que possui um filtro flutuante instalada em anexo, de forma a filtrar as partículas que não foram retidas no pré-filtro. Quanto a etapa 4, é instalado um multisifão no extravasor do reservatório de armazenamento, sendo responsável pela limpeza superficial do reservatório e também pelo bloqueio do mal cheiro e entrada de insetos e animais no mesmo. Por fim, na etapa 5 é ilustrado o caminho percorrido pela sujeira retida no pré filtro e sendo desviada do caminho do reservatório de armazenamento.

Com isso, evidenciou-se que é um sistema de filtragem de água de chuva interessante, ao passo que é capaz de filtrar a água captada em uma área de captação relativamente grande. É um sistema que se mostrou preocupado com vários detalhes, desde a entrada da água no reservatório de armazenamento até a utilização de um multisifão junto ao extravasor, sendo pontos que agregaram qualidade ao produto final. Porém, é um sistema que não oferece tratamento algum a água de chuva coletada, ou seja, não utiliza cloro, ozônio ou outro material para fazer o tratamento da água, conforme a NBR 15527/07 indica.

Modelo 2

O filtro do modelo 2 é capaz de atender à áreas de captação de até 750m², suprimindo a demanda das áreas de captação do edifício analisado. O mesmo deve ser instalado em compartimento de dimensões compatíveis ao tamanho do filtro, podendo estes, ser de alvenaria ou material resistente ao uso que se destinará. O preço da unidade deste filtro e demais componentes, resultam em um montante de R\$6.570,00.

Este modelo é descrito por seus fabricantes como autolimpante, necessitando apenas de inspeção periódica, porem o mesmo necessita de freio de água, multisifão e filtro flutuante para aumentar a qualidade de água de chuva armazenada, de maneira análoga ao filtro modelo 1. A separação dos materiais grosseiros e demais resíduos presentes na captação da água da chuva é realizada através de grades metálicas. Para melhorar a qualidade da água de chuva é utilizado filtro flutuante dentro do reservatório de armazenamento, sendo capaz de reter partículas mais finas

presentes na água de chuva coletada, ainda, o multisifão também tem propósito de auxiliar na limpeza da água superficial armazenada, impedindo mau cheiro e entrada de animais.

Desta forma, foi considerado o filtro menos atrativo dentre os analisados, embora seja capaz de suprir a demanda de uma área de captação elevada, o mesmo é baseado em fazer a separação de materiais grosseiros, como folhas e gravetos, não oferecendo tratamento algum a microrganismos, partículas finas, ou seja, também não utiliza cloro, ozônio ou outro tratamento à água de chuva captada, ficando em desacordo com os critérios descritos na NBR 15527:07.

Modelo 3

O filtro modelo 3 analisado é indicado para uma área de captação de 100m² e possui preço estimado em aproximadamente R\$ 790,00 por unidade. Neste caso, comparado à área de captação do edifício, seriam necessários a instalação de pelo menos 5 unidades deste filtro, acarretando em um valor total de aproximadamente R\$3.950,00. Este modelo de filtro é caracterizado por ser de instalação vertical, diferente dos demais modelos analisados, ou seja, é instalado junto aos coletores verticais. A figura 7 apresenta o filtro modelo 3.

Este modelo de filtro é composto por 6 etapas, onde a primeira é responsável pela entrada de água de chuva, que o próximo caminho a percorrer no sistema será a entrada em uma caixa separadora de materiais grosseiros, que elimina estes materiais através da saída representada pelo número 3. Seguindo, após passagem pela caixa separadora, passa por pedras de calcário para estabilizar o PH da água, e com o PH estabilizado, passa por pastilhas de cloro representadas pelo número 4, utilizadas para esterilizar microrganismos nocivos, para posteriormente passar por mais um filtro de partículas finas, de até 100 micras, isto com a utilização de filtro HD, e por fim, no número 6, a água já está tratada e filtrada, seguindo até o reservatório de armazenamento.

Sendo assim, após análise nos modelos de filtros comercialmente disponíveis, este modelo 3 se mostrou o sistema de filtragem e tratamento de água mais completo. Pois, possui o intuito de fazer todas as etapas recomendadas para filtrar e tratar a água de chuva coletada, desde a separação de materiais grosseiros, retenção de partículas mais finas e microrganismos, até o tratamento final dado a água de chuva coletada através das pastilhas de cloro, além de que faz o processo de eliminação das primeiras águas de chuva coletadas naturalmente através do número 3, ilustrado na figura 6.

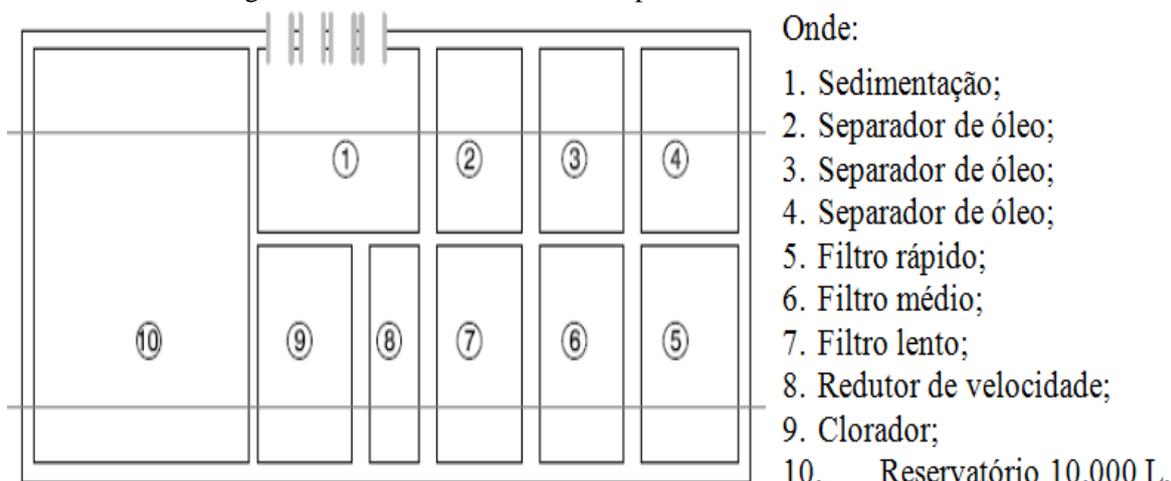
Figura 6 – Filtro modelo 3.



Modelo implantado

O filtro adotado no edifício foi dimensionado especialmente para as características da edificação, a figura 7 caracteriza as etapas de funcionamento do filtro.

Figura 7 – Planta baixa do filtro implantado no edifício analisado.



Conforme detalhamento do filtro implantado no edifício analisado, evidenciou-se que este sistema adotado é muito completo, além de fazer todos os procedimentos recomendados na NBR 15527/07, acrescentou as etapas de separadores de óleo e o redutor de velocidade.

Sendo assim, evidenciou que comparado aos modelos comercialmente disponíveis atualmente, o sistema de filtro implantado é sem dúvidas o mais completo referente à quantidade de etapas para fazer a filtração e tratamento da água, que conforme os resultados de amostra analisada.

O custo de implantação deste filtro descontando as dimensões e materiais utilizados no reservatório em anexo do filtro ficou estimado em aproximadamente R\$5.132,00.

Comparativo técnico e econômico

Feito a descrição e o estudo de cada modelo de filtro analisado, objetivou-se mostrar os pontos positivos e negativos encontrados em cada um dos sistemas analisados, ou seja, mostrar se são capazes de cumprir os parâmetros descritos na tabela 1 da NBR 15527/07. Desta forma, a tabela 4 mostra a quantidade de processos utilizados por cada filtro analisado.

Tabela 4 – Análise técnica dos sistemas de filtros analisados.

Análise técnica dos sistemas de filtros				
Processo	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Filtro implantado no edifício
Descarte primeiras águas coletadas			X	
Separação de materiais grosseiros	X	X	X	X
Separador de óleo				X
Retenção de partículas finas	X	X	X	X
Tratamento			X	X



Sendo assim, verificou-se que o filtro modelo 3 e o filtro implantado no edifício apresentam a mesma quantidade de etapas para tratar a água de chuva, onde se analisarmos as particularidades de cada um, no sistema implantado embora não possua descarte das primeiras águas, com a amostra analisada após tratamento da água coletada foi capaz de alcançar os parâmetros descritos na NBR 15527/07. Já o filtro modelo 3, não possui separador do óleo, até mesmo por ser um modelo mais compacto, mas não é um empecilho para que esteja de acordo com os parâmetros da NBR 15527/07, pois a norma não fala sobre separar óleo da água, embora muitos fabricantes estejam o produzindo como tratamento complementar para o sistema de água de chuva.

Já os filtros modelo 1 e modelo 2 além de, dentre os quatro modelos, possuírem menos etapas de tratamento de água de chuva, não fazem o tratamento da água coletada, seja por cloro, ozônio ou raio ultravioleta. Desta forma, acabam descreditados perante as indicações previstas na NBR 15527/07 para que se atinja a qualidade de água de chuva necessária para utilização com fins não potáveis. Os modelos 1 e 2 podem ser considerados como pré filtros, ou filtros de sedimentação de materiais grosseiros, e não de tratamento.

Para que a avaliação econômica fosse efetivada, algumas variáveis não puderam ser ignoradas, pois o modelo 3 necessita de cinco filtros, e como consequência necessitaria de cinco condutores horizontais e verticais, o que mudaria o projeto, visto que no sistema implantado há quatro condutores verticais e horizontais. A tabela 5 apresenta um comparativo econômico, mostrando o valor para que seja implantado cada modelo estudado.

Tabela 5 – Análise de custos dos sistemas de filtros analisados.

Análise econômica dos sistemas de filtros				
Processo	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Filtro implantado no edifício
Preço	R\$ 6.630,00	R\$ 6.570,00	R\$ 3.950,00	R\$ 5.132,00
Variáveis			X	
1 - Possui uma verba adicional, pois necessita de um condutor vertical e horizontal a mais que os demais sistemas, pois necessita 5 filtros .				

Desta forma, mesmo com a verba estimada ao modelo 3, foi considerado o sistema de filtro mais barato, pois acrescentando um valor da tubulação equivalente tamanho dos condutores verticais e horizontais do edifício analisado não chegaríamos ao valor do filtro que está implantado, que é o segundo mais barato. Porém, o filtro implantado, o segundo mais barato, pode ser considerado uma excelente opção, pois possui tamanho muito superior aos demais analisados, o que com certeza gerou acréscimo de valor referente à quantidade de materiais utilizados em sua construção, acarretando no preço final um pouco maior que o modelo 3.

Para completar, os filtros modelo 1 e 2 se mostraram os mais caros, pesando ainda mais contra eles, além da falta de tratamento da água de chuva com a utilização de cloro, ozônio ou raio ultravioleta, conforme indica a NBR 15527/07.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises realizadas “*in loco*”, foram verificados todos os componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva implantado no edifício residencial de análise, para posteriormente confrontá-las com as normas técnicas NBR 15527/07, NBR 10884/89 e NBR 5626/98. Sendo assim, a coleta de água de chuva é realizada por terraços de cobertura e terraços de manutenção localizados no 4º pavimento, e este último não consta nas definições descritas na NBR 15527/07, embora o local não tenha acesso de pessoas. A coleta da água de chuva é feita por diversos ralos com grelha em todas as áreas de contribuição, evitando possíveis problemas de entupimento ou empocamento, os capacitando a suprir a demanda de água de chuva incidida nestas áreas.



Após ser feita a coleta da água de chuva, a mesma é carregada até os condutores verticais, na qual estão subdimensionados para atender as áreas dos terraços de manutenção de acordo com NBR 15527/07, localizados no 4º pavimento, porém quando comparado com a tabela de dimensionamento de vazão máxima que pode escoar pelo condutor vertical, o mesmo pode estar sobrecarregado.

O volume de armazenamento utilizado na edificação é suficiente para atender a todos os métodos de dimensionamento da NBR 15527/07, onde os métodos mais aproximados ao adotado são os Métodos de Rippl e o Método Prático Australiano. Porém, este volume apresenta-se superdimensionado em aproximadamente 26,6%, comparado ao volume necessário do Método de Rippl, que é o volume mais alto dentre os métodos.

O sistema de filtragem e tratamento da água de chuva coletada não possui o descarte das primeiras águas de chuva coletadas, não garantindo o carregamento de microrganismos e poeiras para fora do sistema de aproveitamento de água de chuva, conforme indica a NBR 15527/07. Porém o sistema de tratamento é bem elaborado e completo, tanto que mesmo sem o descarte das primeiras águas este sistema se mostrou eficiente ao ponto de atingir com sucesso os parâmetros exigidos na NBR 15527/07 e no CONAMA 357/05, através dos resultados de amostra coletada após o tratamento da água e analisada pelo laboratório de química e efluentes ambientais e biotecnologia ambiental, localizado no campus I da UPF.

Uma consideração importante englobando o funcionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva no edifício analisado foi referente aos pontos de consumo. Visto que há falta de indicações, por sinalização ou placas, nas torneiras dos jardins e das garagens de que a água nestes pontos não é potável, embora conste no manual do proprietário, é um risco eminente para os moradores, crianças e visitantes do edifício.

Ao avaliar a rentabilidade do sistema de aproveitamento de água de chuva implantado no edifício de análise, através dos orçamentos feitos e com o auxílio da planilha do SINAPI, após ter sido feito o levantamento de materiais utilizados para a execução do sistema, obteve-se o valor de investimento necessário, sendo equivalente à R\$ 31.327,89. Desta forma, obteve-se um período de retorno, ou *payback*, de 72 meses, e após este período passará a gerar economia, isto baseado na economia gerada nas tarifas de água potável que foi substituída pela a água de chuva utilizada pelos usuários do sistema. Há uma estimativa de que este período seja reduzido para 57 meses, visto que os dados de consumo utilizados na primeira análise de *payback*, o edifício encontrava-se habitado por 86,36% da capacidade total, satisfazendo ainda mais o investimento feito para implantar o sistema.

Considerando as questões sustentáveis, o sistema de aproveitamento de água de chuva já foi capaz de trazer uma redução no consumo de água potável de 372.000 litros em nove meses, sendo que em quatro destes as unidades consumidoras do edifício estiveram ocupadas em apenas 61,18%, em dois por 72,73% e em três por 86,36% da capacidade total do edifício, equivalentes a 21 apartamentos e 1 sala comercial. A estimativa de redução no consumo de água potável é de 840.000 litros anuais, um excelente benefício à preservação da água potável para usos mais nobres.

No comparativo entre os sistemas de filtros, tecnicamente notou-se que os filtro modelo 3 e o filtro implantado no edifício apresentam a mesma quantidade de etapas para tratar a água de chuva, atingindo os parâmetros necessários para tratar a água de chuva coletada descritos na NBR 15527/07, pois além de fazer a pré-filtragem a complementam com o tratamento final da água de chuva coletada. Já os filtros modelo 1 e modelo 2 além de possuírem menos etapas de tratamento de água de chuva, não fazem o tratamento da água coletada, seja por cloro, ozônio ou raio ultravioleta, acabando descreditados perante as indicações previstas na NBR 15527/07, podendo ser caracterizados como pré-filtros ou filtros de separação de materiais grosseiros.

De forma análoga à comparação técnica dos sistemas de filtro, a confrontação econômica se mostrou novamente favorável aos filtros modelo 3 e o implantado no edifício, visto que são os de menor custo para implantação do sistema. Desta forma, em sequência, os filtros mais



econômicos para se implantar, dentre os analisados, são o filtro modelo 3, filtro implantado no edifício, filtro modelo 1, e por último o filtro modelo 2, respectivamente.

De maneira geral, o sistema de aproveitamento de água da chuva analisado pode ser considerado extremamente favorável aos usuários, visto que, além de funcional, é rentável e sustentável, conservando a água potável e gerando economia permanente aos usuários.

Vale ressaltar que para as análises econômicas realizadas não foram considerados os custos de manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva, pois o edifício analisado é novo e não teve gastos com estas operações até então, podendo assim, modificar um pouco o valor obtido na análise de rentabilidade.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas*. NBR 15527. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Instalação Predial de Água Fria*. NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Instalação Predial de Águas Pluviais*. NBR 10884. Rio de Janeiro, 1989.

CORSAN - COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO: *Sistema Tarifário*. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/node/18>>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

CORSAN - COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO: *Tabela de Exponenciais*. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/sites/default/files/conteudo/Tabela%20Exponenciais.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

DANIELLI, Carolina. *Avaliação durante a operação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em um edifício residencial*. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2015.

QUEVEDO, L. S. M. . *Engenharia Econômica* - 6ª Edição. 2010. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila Didática).

TOMAZ, Plínio. *Aproveitamento de Água da chuva: Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. 2. Ed. São Paulo: Navegar, 2005.

TOMAZ, Plínio. *Aproveitamento de Água da chuva: Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. São Paulo, 2009.