

ANÁLISE ECONÔMICA DE SOLUÇÕES PARA REDUZIR O CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL – ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA EM JOINVILLE – SC

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020197-217



Luísa Bertolazzi¹
Diego Antônio Custódio²

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar as soluções econômicas para reduzir o consumo de água potável em uma residência em Joinville/SC. A pesquisa foi desenvolvida em uma residência unifamiliar, que possuía principalmente equipamentos convencionais. Primeiramente, levantou-se o perfil de consumo, estimado a partir de planilhas que foram preenchidas pelos residentes. Depois realizou-se a análise da redução de consumo com a substituição dos equipamentos convencionais por economizadores. Foram utilizadas as reduções teóricas de arejadores, restritores de vazão e válvula de descarga com acabamento do tipo “Dual flush”. Estudou-se a viabilidade do aproveitamento da água pluvial. Por fim, optou-se por combinar as duas estratégias de redução de consumo de água potável (aparelhos economizadores e o sistema de água pluvial). Estimou-se uma redução no consumo de 21,0%, caso fossem utilizados os equipamentos economizadores, com um retorno financeiro de 52 meses. Para o aproveitamento de água pluvial, a redução no consumo de água potável seria de

¹ Graduada em engenharia civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2019). e-mail: luisa.bertolazzi22@gmail.com

² Mestre em engenharia civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2017). e-mail: diego.custodio@udesc.br

29,6%, e um retorno financeiro maior do que 50 anos. Na combinação dos sistemas, a economia financeira seria apenas R\$ 2,84 por mês. Concluiu-se que adotar os equipamentos economizadores no lugar dos convencionais é a melhor opção custo-benefício, porém, ambientalmente, a combinação dos cenários seria o ideal.

Palavras-chave: Água. Aproveitamento pluvial. Economizadores de água.

ECONOMIC ANALYSIS OF SOLUTIONS FOR POTABLE-WATER SAVINGS - CASE STUDY OF A RESIDENCE IN JOINVILLE – SC

ABSTRACT

This study's objective is analyzing economic solutions to reduce the potable water consumption in a residence in Joinville. This because water is suffering from the growth of its demand, following the population's development. It was decided to study a single-family residence, which had mostly conventional equipment. The research began with the characterization of the consumption profile, calculated from consumption spreadsheets filled by residents, which was 145.37 liters/person/day. Then, was analyzed the consumption reduction with the replacement of conventional equipment by aerators, flow restrictors and discharge valve with "dual flush" type finish, resulting in a reduction of 21.0% of the total consumption. The investment was R\$879.24, with 52 months of payback. After, was studied the feasibility of implementing a rainwater harvesting system. The computer simulations indicated the potential for potable water savings by using rainwater is 29.6%, with more than 50 years payback. Lastly, was combine the two situations, the difference in relation to the use of the water-saving plumbing fixtures alone was R\$2.84 on the invoice. Finally, it was concluded that the first situation generates a great reduction with the higher financial return. Although, in sustainable thinking, the combination would be ideal.

Keywords: Water. Rainwater harvesting system. Potable water savings.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a demanda de água deve aumentar em 30% até 2030. Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda e garantir o desenvolvimento sustentável, é necessário que métodos e sistemas alternativos sejam aplicados (ANA, 2017). De acordo com o relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos (UNESCO, 2019), mais de 31 países experimentam o estresse hídrico entre 25% e 70%.

Diante da escassez da água, diversos estudos têm sido desenvolvidos na busca de soluções para este problema. Dentre as diversas soluções para este problema é possível reduzir o consumo de água potável utilizando equipamentos economizadores ou mesmo implantando uma fonte alternativa como a água pluvial.

Kalbusch e Ghisi (2016) investigaram a substituição de equipamentos convencionais por economizadores de água em um prédio de uma universidade em Santa Catarina. Os autores estimaram uma redução do consumo de água potável de 26,2%. Em Joinville/SC, a utilização dos equipamentos economizadores de água, no prédio da Universidade do Estado de Santa Catarina, gerou uma redução de 12,34% do consumo nas torneiras e 30,99% nas bacias sanitárias (ALEXANDRE; KALBUSCH e HENNING, 2017). Silva *et al.* (2019) analisaram oito bairros na cidade de Caruaru/PE e estimaram uma redução de 40% do uso de água potável apenas com a adoção dos equipamentos economizadores de água.

Diversos estudos estimaram os potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial: em doze cidades de Pernambuco os potenciais variaram de 31,0% a 58,0% (SANTOS e FARIAS, 2017); em Joinville/SC foram estimados potenciais de 18,5% a 40,1% (CUSTÓDIO e GHISI, 2019).

A utilização de equipamentos economizadores e a implantação do sistema de água pluvial são considerados viáveis, porém são necessários mais incentivos para melhorar a compreensão do problema pela sociedade e, assim, aumentar a conservação da água (VIANNA e SOUZA, 2019).

O objetivo deste trabalho é analisar o potencial de redução do consumo de água potável e a economia financeira da utilização de equipamentos economizadores e do aproveitamento de água pluvial de uma residência em Joinville – SC.

2 MÉTODO

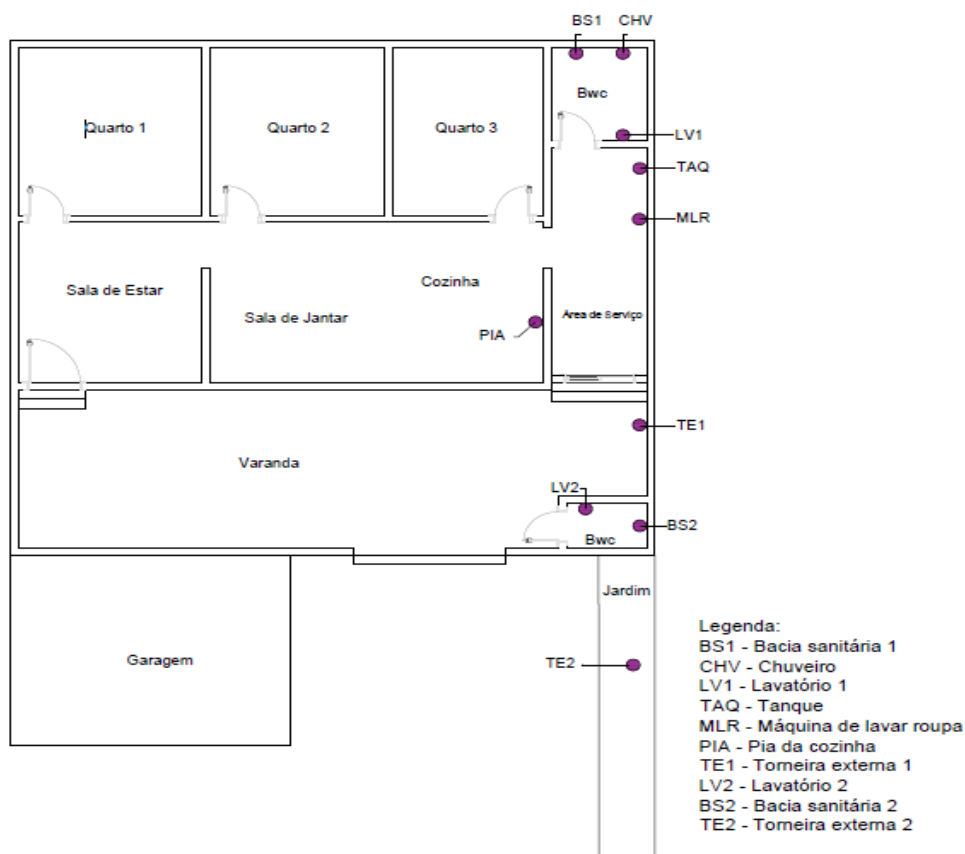
Foi realizada uma pesquisa quantitativa a partir dos hábitos de consumo com a finalidade de reduzir o consumo da água potável. Primeiramente foi feita a escolha da residência. Após, levantou-se o perfil de consumo os usos finais. A partir desses resultados, foram estimadas as reduções de consumo e feitas as análises financeiras em três cenários. São eles: a substituição dos equipamentos convencionais pelos

economizadores de água (cenário 1); o aproveitamento da água pluvial (cenário 2) e a combinação dos cenários 1 e 2 (cenário 3).

2.1 Levantamento de dados

O estudo foi realizado na cidade de Joinville, localizada no estado de Santa Catarina. A residência escolhida está localizada na Rua Osni Câmera da Silva, no bairro Morro do Meio. O objeto de estudo foi selecionado porque na maioria dos pontos de consumo da residência não havia equipamentos economizadores de água, e não há outras fontes de abastecimento. No local, residem três mulheres, chamadas neste estudo de morador 1, 2 e 3. A Figura 1 é planta baixa da residência com a localização dos equipamentos.

Figura 1. Localização dos equipamentos.



Fonte: Autores.

2.2 Caracterização do perfil de consumo

O diagnóstico do consumo de água esteve atrelado à análise do consumo durante um mês e aos hábitos dos moradores. Além disso, foi feita uma comparação entre os valores estimados e o consumo faturado.

2.3 Caracterização dos usos finais

Para caracterizar os usos finais, os equipamentos foram divididos em duas categorias de acordo com a forma de estimativa do consumo. A primeira categoria é composta por: chuveiro, tanque, pia de cozinha, torneiras externas e lavatórios, neles, o consumo foi verificado por meio do método volumétrico. A segunda categoria é composta pela bacia sanitária e a máquina de lavar roupas, uma vez que esses equipamentos foram analisados pela frequência de utilização, e também porque não era possível medir a vazão destes equipamentos.

Para determinar a vazão do chuveiro, primeiro pesou-se um recipiente vazio e a massa foi anotada, depois, foi pedido para o morador abrir o registro, e colocou-se um balde abaixo do chuveiro para evitar perdas de água durante a queda. Ao mesmo tempo, acionou-se um cronômetro e após alguns segundos o cronômetro foi parado, a água no balde foi transferida para o recipiente e anotou-se a massa do conjunto (recipiente mais água).

O conjunto foi levado à balança de precisão e anotou-se a sua massa descontando a massa do recipiente vazio. Como a massa específica da água é aproximadamente $1,0 \text{ g/cm}^3$, o volume de água do recipiente pode ser verificado com mais confiança do que apenas utilizando as marcações de volume. O volume de água armazenado no recipiente durante o procedimento e o tempo medido foram usados para calcular a vazão por meio da Equação 1. O mesmo procedimento foi realizado para a pia da cozinha, para o tanque, para as torneiras externas e para os lavatórios, porém para esses o balde não foi necessário, utilizou-se apenas o recipiente. Para cada equipamento o procedimento foi realizado três vezes com todos os moradores, utilizou-se o valor médio para os cálculos.

$$Q = \frac{V}{T} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: "Q" é a vazão (L/s); "V" é o volume medido no aparelho (L) e "T" é o tempo medido durante o funcionamento do aparelho (s).

Para a bacia sanitária, bastou pesquisar o modelo para então obter a quantidade de litros que é utilizada em cada descarga. Isso foi feito com a máquina de lavar roupas, porém neste caso, foi necessário pesquisar o volume de água consumido em cada nível de lavagem.

Depois, obteve-se a estimativa do consumo de água da residência. Para isso, foram elaboradas planilhas para cada morador de acordo com cada equipamento, para serem preenchidas durante um mês.

Por fim, foi feito o cálculo do consumo de água, por morador. O volume de água consumido em um acionamento do chuveiro foi estimado por meio da Equação 2. O mesmo procedimento foi feito para o cálculo do consumo de água, por morador, do tanque, da pia da cozinha, das torneiras externas e dos lavatórios

$$V_b = T \times Q \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: "V_b" é o volume total do uso (L); "T" é o tempo total medido durante o funcionamento o equipamento (s) e "Q" é a vazão característica do morador para o equipamento (L/s).

Para determinar o volume total das descargas durante as 4 semanas, por morador, da bacia sanitária com válvula de descarga de 2 níveis, utilizou-se a Equação 3 e para o consumo de água da bacia sanitária com válvula de descarga único, utilizou-se a Equação 4.

$$V_i = (N_1 \times V_{d1}) + (N_2 \times V_{d2}) \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde: "V_i" é o volume de descargas (L); "N₁" é o número de descargas do maior nível; "V_{d1}" é o volume por descarga do maior nível (L); "N₂" é o número de descargas do menor nível e "V_{d2}" é o volume por descarga do menor nível (L).

$$V_i = N \times V_d \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde: “Vi” é o volume de descargas (L); “N” é o número de descargas e “Vd” é o volume por descarga (L).

Para determinar o volume por descargas (Vd), utilizou-se a NBR 12904 (ABNT, 1993), que as válvulas de descarga devem ser projetadas para propiciar descargas regulares na faixa de 6,0 L a 12,0 L. Assim, optou-se por utilizar 9 litros por acionamento.

Para a bacia sanitária com dois níveis de acionamento, verificou-se que, segundo a ANA (2005), existem dispositivos conhecidos como “*dual flush*” que possibilitam dois tipos de acionamento da válvula de descarga. A válvula de descarga, contém dois botões: um deles tem descarga de aproximadamente 6,0 litros. O acionamento do outro botão resulta em uma meia descarga, geralmente de 3,0 litros.

Para o cálculo do consumo de água, por morador, da máquina de lavar roupa, utilizou-se a Equação 5 para determinar o volume total de acordo com cada nível.

$$V_m = \sum (V_i \times N_i) \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: “Vm” é o volume total da máquina de lavar roupas (L); “V” é o volume de água de acordo com o nível de lavagem (L); “N” é o número de acionamentos para um mesmo nível de lavagem e “i” é o ciclo.

Como resultado do volume total de água por morador nas 4 semanas, somou-se o consumo por morador de todos os equipamentos. O consumo total da residência é a soma dos consumos totais dos moradores. O volume médio em l/pessoa/dia obtido nesse estudo foi comparado com o volume l/pessoa/dia faturado.

Para a determinação dos usos finais, utilizou-se o valor do volume final como referência e com as somas dos volumes por equipamento de todos os moradores encontrou-se uma porcentagem, de acordo com a Equação 6.

$$U = \frac{V_e}{V_t} \times 100 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: “U” é o uso final da água (%); “Ve” é o volume total consumido pelo equipamento (L) e “Vt” é o volume total consumido pela residência (L).

2.4 Equipamentos economizadores

No estudo dos equipamentos economizadores, foram considerados como pontos de vazão a serem reduzidos: Lavatórios, Torneiras (externas, pia da cozinha e tanque), e a válvula de descarga do segundo banheiro que ainda não possuía o acionamento duplo. A Tabela 1 apresenta os equipamentos existentes e as opções de economizadores adotadas e suas porcentagens de redução de consumo de água.

Tabela 1. Relação dos equipamentos e seus economizadores.

Economizador economizador	Equipamento existente	Redução adotada
Arejador	Pia cozinha Lavatórios	50,0%
Restritor	Torneiras externas Tanque	62,0%
Acabamento válvula de descarga de duplo acionamento	Bacia Sanitária	6 e 3 Litros

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2007), Sabesp (2017), Perona (2011) e Ana (2005).

Dos equipamentos existentes na residência, não foram sugeridas alterações para o chuveiro e a máquina de lavar roupas. Porque ambos já possuíam sistemas de redução do consumo de água potável.

2.4.1 Potencial de redução do consumo de água

Para obter os valores de redução de água potável, foram utilizados os valores totais de consumo por equipamento encontrados na caracterização do perfil de consumo e usos finais. Aplicou-se então as porcentagens de redução estabelecidas na subseção 3.3 e a demanda encontrada foi comparada com o consumo total, em litros, anterior às reduções.

2.4.2 Análise econômica

A redução total do consumo foi a partir da Equação 7. Como a tarifa da concessionária é diferente dependendo do volume de consumo, o cálculo da economia financeira gerada pelo investimento teve que considerar a hipótese de que é possível que o potencial de redução do consumo altere a classificação da tarifa para essa residência.

$$E = (D * Ti) - ((1 - R/100) * D * Tf) \quad (\text{Equação 7})$$

Onde “*E*” é a economia financeira que o investimento oferece (R\$), “*R*” é o potencial de redução do consumo de água (%), “*D*” é a demanda mensal da residência antes da redução de consumo (m³), “*T_i*” é a tarifa cobrada pela concessionária de acordo com *D* (R\$/m³) e “*T_f*” é a tarifa cobrada pela concessionária de acordo com o valor do consumo encontrado em $(1 - R/100) * D$ (R\$/m³).

O custo do investimento foi determinado com uma pesquisa de mercado na cidade de Joinville. Além disso, utilizou-se a Equação 8 para que fosse comparado o tempo de retorno. Com o valor do fluxo de caixa é possível verificar em quantos meses o valor da equação deixa de ser negativo. Optou-se por adotar a previsão de reajuste de 2,7% que estava programada para acontecer em junho de 2018 (Companhia Águas de Joinville, 2018). Os cálculos então foram feitos com reajuste da tarifa uma vez ao ano, utilizando o mês de junho.

$$FC = -I + E \quad (\text{Equação 8})$$

Onde “*FC*” é o fluxo de caixa mensal (R\$), “*I*” é o valor do investimento (R\$) e “*E*” é a economia financeira (R\$).

2.5 Aproveitamento da água pluvial

Nesta subseção são descritos os procedimentos para o dimensionamento e análise econômica do aproveitamento da água pluvial.

2.5.1 Dimensionamento do reservatório

Para o cálculo do volume do reservatório de água pluvial, foi utilizado o programa Netuno (versão 4) que simula o sistema de captação e faz análises econômicas. O programa Netuno foi validado com medições realizadas na Casa Eficiente, em Florianópolis/SC, valores medidos foram comparados com os simulados pelo programa (ROCHA e GHISI, 2009).

As primeiras informações necessárias foram os dados de precipitação diária da região analisada junto com a data de início da observação e o número de registro. Para isso obteve-se os dados pluviométricos do Rio Pirai datados a partir de 2000 (CCJ, 2016).

A demanda total de água, é igual ao perfil de consumo da residência. Além disso, sabe-se que são três moradores nesta residência. Ainda, foi necessário determinar o percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial. Para isso, somou-se a porcentagem dos usos finais dos equipamentos que podem receber a água pluvial filtrada. Foi inserido no programa a quantidade em milímetros de descarte da precipitação inicial, para isso, foi consultada a NBR 15527 (ABNT, 2007) que recomenda o descarte de 2,0 mm. Além disso, calculou-se a área de captação, que de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), é a projeção horizontal da cobertura da edificação.

2.5.2 Análise econômica

Para que fosse possível analisar a viabilidade financeira do sistema, foi utilizada a análise econômica do programa Netuno (versão 4).

Primeiro, os dados necessários para o cálculo da análise incluíram definir as tarifas de água da Águas de Joinville, que é dividida em 3 preços de consumo para residências. A tarifa de esgoto é variável em 80,0% da tarifa de água. Quanto ao imposto sobre a tarifa, optou-se por adotar o reajuste que estava previsto para ocorrer em junho de 2018, de 2,7% conforme divulgado pela Companhia Águas de Joinville (2018).

Os preços dos reservatórios superior e inferior foram obtidos por meio de uma consulta em três lojas na cidade de Joinville. Os custos do sistema de captação foram determinados através da tabela do SINAPI (2018), assim como o custo com a mão de

obra. Já os preços de filtro e manutenção foram obtidos por meio de pesquisa de mercado na cidade de Joinville.

Outra informação oferecida ao programa foi a escolha da motobomba, indicando a potência unitária, o rendimento, a vazão, o custo unitário do equipamento, a tarifa de energia elétrica, e os impostos.

A partir dos resultados apresentados no Netuno (versão 4), foi possível verificar o valor líquido presente, o período de retorno de acordo com o período analisado, e a taxa interna de retorno (% ao mês).

2.6 Combinação dos cenários

A análise da combinação do uso dos equipamentos economizadores de água com o aproveitamento da água pluvial de maneira simultânea foi feita assumindo que os mesmos equipamentos economizadores continuariam sendo utilizados, mas o reservatório de água pluvial deveria ser redimensionado para esta nova demanda.

O novo dimensionamento do reservatório de água pluvial partiu do princípio de que com a redução do consumo provocada pelos equipamentos economizadores, seria possível reduzir o volume destinado ao aproveitamento da água pluvial. Além disso, foi feita uma análise econômica do sistema através do programa Netuno.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Diagnóstico do consumo

A fatura correspondente ao consumo entre os meses de fevereiro e março, o mesmo período analisado nesta pesquisa, apontou um consumo de 12,0m³ de água potável, além disso a média dos últimos seis meses foi de 14,0m³ e a média diária do consumo é de 387,1 litros.

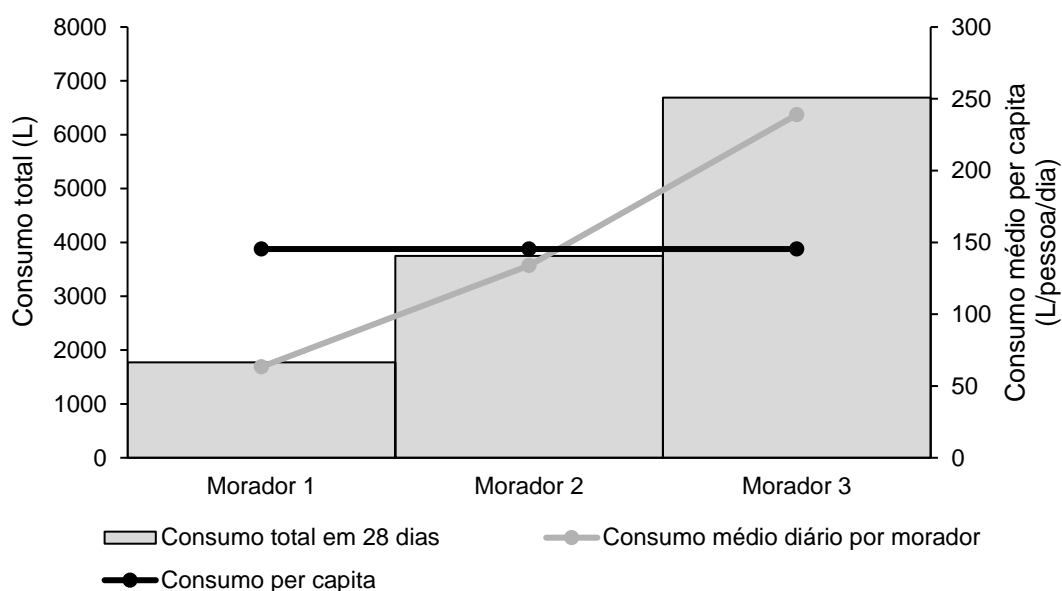
3.1.1 Perfil de consumo

O consumo de água total estimado na residência foi de 12211,2 litros. O que representa um volume médio de 145,4 litros/pessoa/dia, e uma média de 436,1

litros/dia. O consumo de água analisado ficou próximo aos 12000,0 litros faturados no mês de março, quando ocorreu acompanhamento do consumo. O erro percentual entre o consumo faturado e estimado foi de 1,76%.

O perfil de consumo está um pouco abaixo dos valores para a região de Joinville. Souza e Kalbusch (2017, tradução nossa) estimaram consumo de água médio de 186,0 litros/pessoa/dia em edificações residenciais multifamiliares de Joinville. A diferença pode estar relacionada com a tipologia das residências, o estudo realizado por Souza e Kalbusch verificou consumos de edifícios multifamiliares, enquanto este estudo desenvolveu-se em uma residência unifamiliar.

Figura 2. Perfil de consumo da residência.



Fonte: Primeiro autor.

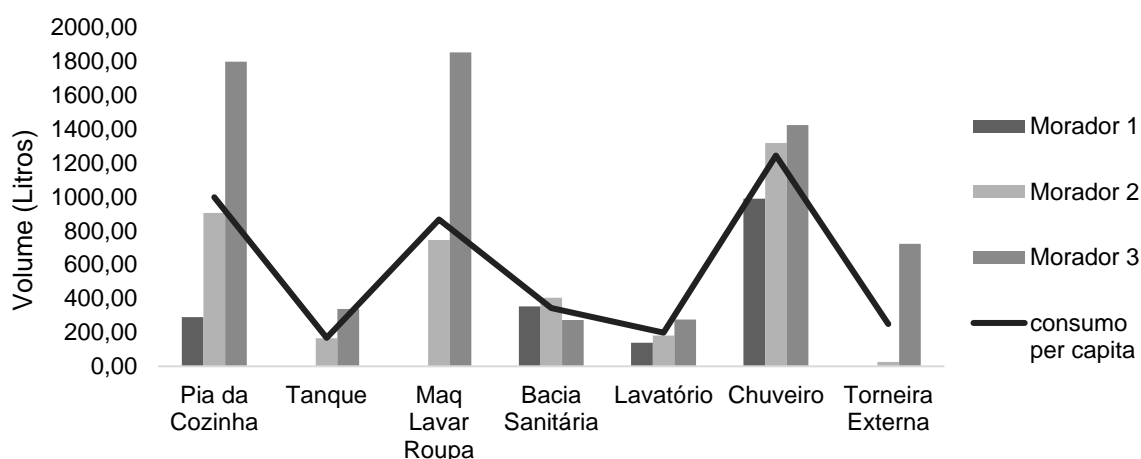
3.1.2 Usos finais

Para a determinação dos usos finais de cada morador, utilizou-se o valor total do consumo individual como referência e com a soma de consumo de cada equipamento fez-se uma análise das porcentagens de acordo com a Equação 6, os resultados são apresentados na Figura 3. A Figura 4 mostra os usos finais da residência considerando o valor de referência de consumo total como 12211,2 litros.

As porcentagens para os usos finais da residência, se comparadas com outros estudos, mostram que, para a pia da cozinha o valor de 24,5% está superior ao resultado de 12,0% encontrado em São Paulo por Barreto (2008). A porcentagem do tanque mais da máquina de lavar roupas resulta em 25,4%. Esse resultado é superior aos 9,9% encontrados por Ghisi e Ferreira (2007, tradução nossa) em Florianópolis.

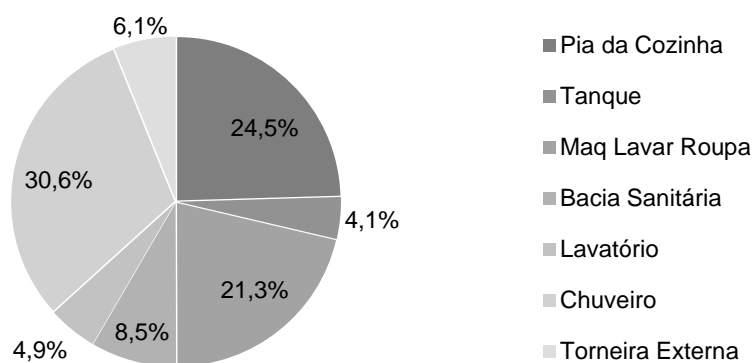
Para a bacia sanitária, o resultado de 8,5% foi inferior ao apresentado por Barreto (2008) de 26,8%, mas próximo à porcentagem encontrada no Distrito Federal por Scardua *et al.* (2014) de 9,9%. Nos lavatórios, a porcentagem de 4,9% ficou próxima aos resultados de 7,0% e 3,0% encontrados por Botelho (2013). A porcentagem de 30,6% do consumo no chuveiro foi próxima dos 33,0% da pesquisa de Stewart *et al.* (2013).

Figura 3. Usos finais de cada morador.



Fonte: Primeiro autor.

Figura 4. Usos finais da residência.



Fonte: Primeiro autor.

3.2 Equipamentos economizadores

Para o cenário dos equipamentos economizadores, são descritos os procedimentos para a análise do potencial de redução do consumo de água potável e a análise financeira dessa situação.

3.2.1 Potencial de redução do consumo de água

Primeiro, somaram-se os valores de consumo totais da pia da cozinha, lavatórios, torneiras externas, tanque e bacia sanitária com válvula de descarga de acionamento simples. Aplicou-se a redução adotada para cada um dos equipamentos, com esses dados, foi possível calcular o potencial de redução do consumo para cada equipamento, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Potencial de redução do consumo de água.

Equipamento	Consumo inicial (L)	Equipamento Economizador	Potencial de redução Adotado	Consumo final (L)
Pia cozinha	2995,55	Arejador	50,0%	1497,8
Tanque	504,50	Regulador	62,0%	191,7
Lavatório fora	75,40	Arejador	50,0%	37,7
Lavatório dentro	521,50	Arejador	50,0%	260,8
Bacia sanitária	54,00	Acabamento duplo acionamento	3 e 6 litros	24,0
Torneira dentro	11,90	Regulador	62,0%	4,5
Torneira fora	736,30	Regulador	62,0%	279,8

Fonte: Primeiro autor.

Aos valores de consumo da máquina de lavar roupas, do chuveiro e da bacia sanitária com válvula de acionamento duplo encontrados na subseção 4.1, somou-se o consumo final após a adoção dos economizadores: arejador, regulador e acabamento de válvula de descarga no sistema “*Dual flush*”.

Assim, o consumo total que na subseção 4.1.3 ficou definido como 12211,2 litros, passaria a ser, após a adoção de equipamentos economizadores, 9608,3 litros, ou seja, 114,4 litros/pessoa/dia. Uma redução de 21,0% do consumo total, e 52,0% considerando os consumos apenas dos equipamentos que foram substituídos. Este resultado de 21,0% ficou próximo do encontrado por Vimieiro (2005), que apontou uma redução, em metade das residências analisadas, igual a 24,0% do consumo total. Analisando a bacia sanitária, obteve-se uma redução de 55,5%, resultado um acima dos 16,0% de Vimieiro (2005), e próximo dos 58,3% observados por Gonçalves (2007).

3.2.2 Análise econômica

A pesquisa de mercado na cidade de Joinville resultou em um total do investimento de R\$879,20. Com o orçamento do investimento, e as porcentagens do potencial de redução do consumo, foi possível preencher as equações 8 e 9. O tempo de retorno para esse cenário foi de 52 meses, próximo dos 54 meses estabelecidos por Vimieiro (2005).



3.3 Dimensionamento para o aproveitamento da água pluvial

Para o dimensionamento do reservatório, foram utilizados os dados de precipitação da região do Rio Piraí que é o mais próximo da residência estudada, situada no bairro Morro do Meio, em Joinville – SC. Quando inserido o arquivo no programa, o número de registros é preenchido, o que precisou ser informado ainda foi a data de início dos registros: 01/01/2000. E conforme já mencionado na subseção 3.4.1 utilizou-se 2,0mm como descarte inicial. Foi calculada a área do telhado em 158,0m².

A demanda total de água, foi estimada de 145,4 litros/pessoa/dia. Ainda, o percentual de demanda total a ser substituído por água pluvial foi calculado somando os consumos de 8,5% para as bacias sanitárias, 21,3% para a máquina de lavar roupas e 4,1% para o tanque, resultando uma porcentagem de 33,9%.

Assim, o volume ideal para o reservatório inferior é de 2400,0 litros. Para o reservatório superior, 43,5 litros/pessoa é o volume necessário por dia.

O potencial de redução do consumo de água potável do dimensionamento realizado no programa Netuno foi de 29,6% para uma área de captação de 158,0m² e três moradores com uma demanda de 30,0% de substituição que representa 130,6 litros/dia. Este resultado, de 29,6% de redução, ficou próximo do encontrado por Schondermark (2009) de 25,5%.

3.3.1 Análise econômica

Depois de feita a simulação do cenário de aproveitamento da água pluvial, o programa Netuno oferece a opção “Análise Econômica”. Assim, para o volume de 2.400 litros, dito como o ideal para a residência analisada, inseriu-se os valores das tarifas de água e esgoto. Além disso, foram adicionados todos os custos do sistema como materiais e mão de obra. E, ainda, a tarifa convencional de energia elétrica para residências que é igual a 0,46 R\$/kWh.

Com esses dados, foi possível gerar uma planilha de economia de custos mensais para a residência. A média mensal da economia financeira é R\$19,51, totalizando uma economia anual de R\$234,14. Em Martini (2009) a economia foi maior, obteve-se um valor de R\$21,89 por mês. O investimento total calculado ficou em R\$5704,11 que resulta em um período de retorno maior do que 50 anos, superior aos 25 anos estimados por Lopes *et al.* (2017).

3.4 Combinação dos cenários

A nova demanda do consumo de água com a utilização dos equipamentos economizadores foi calculada na subseção 4.2.1 e resultou em 114,4 litros/pessoa/dia.

A simulação dos dados propõe como ideal um reservatório inferior de 2000 litros com um potencial de aproveitamento de água pluvial de 29,7%. Depois da simulação da combinação dos dois cenários, fez-se a Análise Econômica através do Programa. Foi possível fazer a média da economia financeira deste cenário, igual a R\$ 2,84 que totaliza uma economia anual de R\$34,07. O investimento não obteve retorno financeiro em menos de 50 anos. Esse resultado condiz com a pesquisa de Pasini e Daré (2011), na qual a implantação simultânea do sistema de captação de

água pluvial com os equipamentos economizadores de água mostrou-se desnecessária para uma residência unifamiliar, por não possuir demanda elevada de consumo.

4 CONCLUSÕES

A simulação da substituição dos equipamentos convencionais por economizadores de água gera uma redução significativa sem alterações nos hábitos dos usuários. Essa solução foi a que obteve o melhor custo benefício, uma vez que sua redução de consumo é eficiente e o seu investimento é baixo. Em uma análise financeira, investir apenas na substituição dos equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água seria a melhor opção, uma vez que esta opção é a única que possui período de retorno financeiro que pode ser considerado atrativo aos usuários.

O aproveitamento da água pluvial é um sistema vantajoso quanto a sua capacidade de redução do consumo de água potável. Porém sua análise econômica mostrou que o investimento não era viável para a edificação estudada. O custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial nesta residência foi alto em relação à demanda de água pluvial. Ou seja, para que esse sistema tenha vantagens financeiras é importante que o consumo de água potável da residência seja próximo do potencial de captação de água pluvial.

Para a quantidade de consumo analisada neste trabalho, a combinação dos dois cenários, seria a solução ideal para o meio ambiente e a sustentabilidade, obtendo-se a maior redução de demanda de água potável.

Como contribuição, esse estudo apresenta a interferência dos custos dos sistemas economizadores nas escolhas da sociedade. É importante que existam mais incentivos governamentais, tanto para diminuir o investimento financeiro, como para aumentar o número de residências com projetos sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ANEEL (2015). Resolução normativa nº 687/2015, 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2017). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**. Brasília, 2017. 100p. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2005). **Conservação e Reúso da água em Edificações**. São Paulo, 2005. 151 p. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

ÁGUAS DE JOINVILLE (2018). **Tabela de Tarifas**. 2018. Disponível em: <http://www.aguasdejoinville.com.br/site/?page_id=2>. Acesso em: 02 abr. 2018.

ALEXANDRE, Ananda Cardoso; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa (2017). Avaliação do impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água. 2017. **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 1005-1015, set.-out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007). NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: Sede ABNT, 2007. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989). NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: Sede ABNT, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1998). **NBR 5626: Instalação Predial de água fria**. 1 ed. Rio de Janeiro: Sede ABNT, 1998. 41 p.

BARRETO, Douglas (2008). Perfil de consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr.-jun. 2008.

BOTELHO, Gabriella Laura Peixoto (2013). **Avaliação do consumo de água em domicílios: Fatores intervenientes e metodologia para setorização dos usos**. 2013, 215 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

COMITE DE GERENCIAMENTO DAS BACIAS DO RIO CUBATÃO E CACHOEIRA (CCJ) (2016). Joinville. **Dados de Precipitação Diária**. 2016.

CUSTÓDIO, Antônio Diego; GHISI, Enedir (2019). Assessing the Potential for Potable Water Savings in the Residential Sector of a City: A Case Study of Joinville City. **Water**, v.11, out. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/11/10/2074>>. Acesso em: 12 out. 2019.

GHISI, Eneid; FERREIRA, Daniel (2007). Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, Amsterdã, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306001971?via%3di>>. Acesso em: 03 set. 2017.

GONÇALVES, O. M. (2007). Manual de Conservação de Água. Programa de Conservação de Águas. **Empreendimento Genesis - Takaoka**. 50 p. São Paulo, 2007.

KALBUSCH, A.; GHISI, E. Comparative life-cycle assessment of ordinary and water-saving taps. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 4585-4593, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez46.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016%2Fj.jclepro.2015.06.075>> Acesso em: 10 out. 2019.

LOPES, Vitoria A. R.; MARQUES, Guilherme Fernandes; DORNELLES, Fernando; MEDELLIN-AZUARA, Josue. Performance of rainwater harvesting systems under scenarios of non-potable water demand and roof area typologies using a stochastic approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 148, p. 304-313, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617301476>> Acesso em: 13 out. 2019.

MARTINI, Felipe (2009). **Potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva em São Miguel do Oeste – SC**. 2009, 96f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Felipe_Martini.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2018.

PASINI, Laura; DARÉ, Mônica Elizabeth (2011). **Determinação dos custos diretos e da viabilidade econômica para um sistema de captação de água pluvial e equipamentos sanitários economizadores de água: estudo de caso para habitação de interesse social**. 2011, 16 f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/171/1/Laura%20Pasini.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

PÊGO, Carlos Sulzer; ERTHAL JR., Milton (2012). Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, RJ. **Perspectivas Online: exatas & eng**, Campos dos Goytacazes, v. 2, n. 3, p.41 – 53, 2012. Disponível em: <http://seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/view/174/93>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PERONA, Jean François (2011). **Eficiência do uso da água nas edificações**. 2011. 49 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/75.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

ROCHA, Luis Vinicius; GHISI, Eneidir (2009). **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 2009, 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SABESP (2017). **Equipamentos economizadores de água**. 2017. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=145>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

SANTOS, S. M.; FARIAS, M. M. M. W. E. C. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 1007-1015, 2017. Disponível em: < <https://www-sciencedirect.ez46.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016%2Fj.jclepro.2017.06.251>>. Acesso em: 12 out. 2019.

SCARDUA, Fernando Paiva; BERNARDES, Ricardo Silveira; ALMEIDA, Rafael Lima de; DUARTE, Diego Gonçalves (2014). Eficiência do uso de água em domicílios residenciais na cidade do Gama. **Gesta**, Bahia, v. 2, n. 2, p. 188-192, 2014. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/12116>>. Acesso em 13 mar. 2018.

SCHONDERMARK, Pedro Neves (2009). **Análise de viabilidade financeira de sistemas de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares em Santa Catarina**. 2009, 227 f., Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SILVA, Juliana Karla da; NUNES, Luiz Gustavo Costa Ferreira; SOARES, Anna Elis Paz; SILVA, Simone Rosa da (2017). Assessment of water-saving equipment to support the urban management of water. **RBRH**, Porto Alegre, v.22, e.44, 2017. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312017000100237&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 13 out. 2019.

SINAPI (2018). **Relatório de Insumos e composições Março 2018**. 2018. Disponível em:< http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662>. Acesso em: 15 abr. 2018.

SOUZA, Camila de; KALBUSCH, Andreza (2017). Estimation of water consumption in multifamily residential buildings. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.39, n. 2,

p.161-168, abr.-jun. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/26100>>. Acesso em: 01 set. 2017.

STEWART, Rodney. A.; WILLIS, Rachelle. M.; PANUWATWANUCH, Kriengsak.; SAHIN, Oz (2013). Showering behavioral response to alarming visual display monitors: longitudinal mixed method study. **Behavior & Information Technology**, v.32, n.7, p.695711, mar. 2013. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0144929X.2011.577195>>. Acesso em: 12 out. 2019.

UNESCO (2019). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Março 2019. 2019. Disponível em:<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367276_por?posInSet=2&queryId=fa5e9bfb-2f91-44ad-8dab-065598a7cadf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

VIANNA, Jorge Thiago Duarte da Silva; SOUZA, Marco Antonio Almeida (2019). Escolha de alternativas para economia de água em edificações residenciais de Brasília, DF. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 23, jul. 2019. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/19811>>. Acesso em: 12 out. 2019.

VIMIEIRO, Gisele Vidal (2005). **Educação ambiental e emprego de equipamentos economizadores na redução do consumo de água em residências de famílias de baixa renda e em uma escola de ensino fundamental**. 2005, 130 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/163M.PDF>>. Acesso em: 30 set. 2017.