



APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA RESIDÊNCIA EM APUCARANA-PR

Marcela de Jiácomo Machado¹ & Priscila Pini Pereira²

RESUMO - O uso da água da chuva torna-se uma abordagem cada vez mais comum em todo o mundo, inclusive no Brasil, visto que a escassez de água no país é uma realidade para muitas pessoas, mesmo sendo o país que possui a maior quantidade de água doce do mundo. Esse fato fica claro nas crises que afligem estados como São Paulo e Paraná, onde já se recorre ao rodízio no abastecimento de água potável nas residências em alguns períodos do ano. Pensando na economia dessa água potável, no presente trabalho foi realizado o projeto de todo o sistema de captação de água de chuva em uma residência na cidade de Apucarana-PR, desde as calhas, o volume da cisterna, os diâmetros das tubulações até os pontos finais de uso, que neste caso serão as descargas e as torneiras do jardim. Também foi mensurada a viabilidade financeira do sistema, através do orçamento de construção e da economia mensal do morador ao adotar o sistema. Os resultados obtidos mostraram que o sistema completo não tem viabilidade econômica atraente, porém traz benefícios para o sistema de drenagem urbana e preservação da água.

ABSTRACT - Rainwater reuse system has become an increasingly common engineering resource around the world, including Brazil. Water scarcity is a reality for lots of Brazilians, even though our country has the largest amount of river water. This fact is clear in the crises that afflict states as São Paulo and Paraná, whose population still suffers water rotation at dry periods. Aiming economy of potable water and sustainability, the present work demonstrates an entire project of rainwater capture system in a residence in the city of Apucarana-PR, from the gutters, the volume of the cistern, the diameters of the pipes to the final points of use, which, in this case, will be drains and taps in the garden. The financial viability of the system was also measured, through the construction budget and the resident's monthly savings when adopting the system. The results obtained showed that the complete system for this capture is still not financially profitable but there are benefits to the drainage system and to the preservation of water.

Palavras-Chave – sistema de captação da chuva; economia de água; sustentabilidade.

1) Engenheira civil, UTFPR Apucarana, PR, marcelajmachado@gmail.com.

2) Mestre em engenharia urbana, professora do curso de engenharia civil, UTFPR Apucarana, PR, priscilapereira@utfpr.edu.br.



1. INTRODUÇÃO

Para Somlyódy e Varis (2006), o agravamento e a complexidade da crise da água decorrem de problemas reais de disponibilidade e aumento da demanda, de um processo de gestão ainda setorial e de resposta a crises e problemas sem atitude preditiva e abordagem sistêmica.

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos (WWRD4, 2012), mantendo o ritmo dos dias atuais, seriam necessários 3,5 planetas Terra para suportar a população vivendo em um ritmo norte-americano ou europeu.

Segundo uma pesquisa do IBGE de 2017, as famílias brasileiras tiveram uma média per capita de consumo igual a 116 litros por dia, mas um estudo da ANA (2021) prevê que o uso da água deverá crescer 24% até 2030, utilizando-se em média 2,5 milhões de litros por segundo.

Mesmo com um cenário favorável frente aos outros países, a crise da água já é uma realidade no Brasil, como pode ser visto em São Paulo, onde é comum a incapacidade dos mananciais de atender à demanda da população em alguns períodos do ano (Cirilo, 2015).

A crise da água também foi observada no estado do Paraná, com início em 2019, o estado vem enfrentando a pior crise dos últimos 50 anos. Todos os rios estão com uma cota fluviométrica abaixo da média (Instituto Água e Terra, 2021).

Diante desse contexto, o objetivo desse trabalho é analisar um sistema de captação de água de chuva para uma residência localizada na cidade de Apucarana, Paraná, ponderando a execução do sistema previsto frente à economia obtida no consumo de água potável ao longo do tempo.

1.1 Sistema de aproveitamento da água de chuva

Para Mendes Junior et al. (2020), um sistema de aproveitamento da água de chuva viável economicamente e de fácil implementação deve fomentar a conscientização humana para uma maior sustentabilidade apontando a preocupação com os recursos hídricos e as gerações futuras.

Na visão de Waterfall (2004), há muitos lugares possíveis para a coleta dessa água de chuva, como casas, escolas, parques, estacionamentos, condomínios e instalações comerciais, todas elas, mesmo que tenham uma área pequena de coleta, funcionam para o sistema.

Para May (2004), há duas vantagens na utilização da água de chuva em áreas urbanas, sendo elas a redução no consumo de água e a melhor distribuição de carga de água de chuva imposta ao sistema de drenagem urbana, diminuindo inundações em grandes centros, e há uma desvantagem, que seria a diminuição do volume de água em época de estiagem. A água pode ser destinada para fins



potáveis e para fins não potáveis. Quando se trata de água potável, o processo de tratamento da água é mais complexo, enquanto para fins não potáveis, apenas uma simples filtração seria suficiente para tal.

1.2. Normas para a coleta de água de chuva

Tem-se duas normas principais para projeto de captação da água de chuva, a NBR 10.844/1989, que trata das instalações prediais de águas pluviais, e a NBR 15.527/2019, que aborda o tema de aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Para as instalações prediais, a NBR 15.527 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis cita que as instalações de água potável e água não-potável devem ser distintas, não permitindo seu encontro nas tubulações. Já no caso de haver bombeamento, a norma indica a utilização da NBR 12.214/1992 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – Procedimento.

A NBR 15.527/2019- Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis passou por uma reforma em 2019, que apresenta algumas diferenças, como: o método de dimensionamento do reservatório fica a critério do projetista; a área de cobertura conta como área de captação com potencial de presença de contaminantes; a definição dos usos para a água não potável, como sistemas de resfriamento, descargas sanitárias, lavagem de veículos, lavagem de pisos, reserva técnicas de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagístico; parâmetros mínimos de qualidade da água e acrescido inspeção semestral e/ou quando necessário, na área de captação e condutores (ABNT NBR 15.527, 2019).

2. METODOLOGIA

O projeto utilizado para esse estudo se trata de uma residência fictícia, que contém aproximadamente 170 m² de cobertura de telhado cerâmico utilizada para o aproveitamento da água de chuva.

A água captada é destinada somente às bacias sanitárias e às torneiras de jardim, portanto é feito um levantamento desses consumos para o dimensionamento do reservatório de água não potável, considerando uma ocupação de 3 pessoas na residência.

Para as bacias com caixas acopladas, considerou-se um uso médio de 6 L/descarga, considerando uma média de 5 descargas/per capita/dia, já para a torneira de jardim foi considerado



um consumo médio de 2 L/m²/dia, utilizada duas vezes por semana, ou seja, 8 vezes ao mês. Seguindo as orientações, para gramados ou jardins, consideraou-se um valor de 2 L/m²/dia (TOMAZ, 2009).

Para o dimensionamento das calhas, seguiu-se as instruções descritas na NBR 15527/2019 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. O primeiro passo é calcular a intensidade pluviométrica da cidade de Apucarana, posteriormente, é calculada a área de contribuição da cobertura, levando em consideração que a cobertura da residência é de estrutura de madeira e a telha é cerâmica comum e não possui parede na vertical, com a área, calcula-se a vazão de projeto, define-se o material da mesma e chega-se ao dimensionamento desejado.

O dimensionamento dos condutores verticais foi verificado pelos ábacos de determinação de diâmetros de condutores verticais, que estão disponíveis na ABNT NBR 10.844/1989, partindo-se do valor mínimo de 70 mm.

Os condutores horizontais recebem a água recolhida das calhas pelos condutores verticais. Suas vazões, assim como as das calhas, são definidas pela equação de Manning-Strickler, considerando a altura de 2/3 do diâmetro. A NBR 10.844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais traz uma tabela com os valores já definidos conforme o coeficiente de rugosidade e a inclinação.

Para o dimensionamento do reservatório inferior, fez-se cálculos através de seis métodos conhecidos, sendo eles o método de Rippl, o método da Simulação, o método prático do professor Azevedo Neto, o método prático Alemão, o método Inglês e o método Australiano. E, após isso, foi escolhido o melhor volume a ser adotado, levando em consideração os critérios técnicos, econômicos e ambientais, não deixando de lado as boas práticas da engenharia, como pede a ABNT NBR 15527/2019 - Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

O reservatório superior de água não-potável foi dimensionado conforme o consumo de água nos pontos em questão, com a informação colhida na demanda e suficiente para abastecer os pontos por 48 horas.

Após calcular a vazão de recalque, deverá ser calculado os diâmetros das tubulações de recalque, já que, com ele e com as conexões, serão calculadas as perdas de carga do sistema. Para o diâmetro da tubulação de sucção, é escolhido um diâmetro comercial maior que o de recalque, sendo que sua velocidade deve obedecer aos valores definidos pela norma ABNT NBR 12.214/1992- Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.

A tubulação para distribuição de água pela casa foi dimensionada seguindo a NBR 5626/2020 - Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção.



Por último, teve-se a viabilidade do sistema, feita com um estudo de payback simples, levando em consideração os gastos obtidos para a implantação do sistema e a economia mensal que o mesmo trará para a casa, chegando a uma conclusão de quantos anos são necessários para que o investimento seja repostos.

A Figura 1 apresenta as tarifas para o fornecimento de água e esgoto para uma residência normal, de acordo com a companhia de saneamento local, Sanepar (2022).

TARIFA RESIDENCIAL NORMAL (R\$/m3)						
	Até 5 m³	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 30	> 30
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	43,11	1,33	7,43	7,47	7,53	12,74
Curitiba						
ESGOTO	36,64	1,13/m³	6,32/m³	6,35/m³	6,40/m³	10,83/m³
ÁGUA E ESGOTO	79,75	2,46	13,75	13,82	13,93	23,57
Demais Localidades						
ESGOTO	34,49	1,07/m³	5,94/m³	5,97/m³	6,02/m³	10,19/m³
ÁGUA E ESGOTO	77,60	2,40	<u>13,37</u>	13,44	13,55	22,93

Figura 1 - Tarifa da SANEPAR de água e esgoto para uma residência normal - SANEPAR, 2022.

A análise de viabilidade é feita com um estudo de payback simples, levando em consideração os gastos obtidos para a implantação do sistema e a economia mensal que o mesmo trará para a casa, chegando a uma conclusão de quantos anos são necessários para que o investimento seja repostos, como mostra a equação (1).

$$RF = \frac{\text{custo sist.}}{\text{econ. anual}} \quad (1)$$

Onde,

RF – Retorno financeiro em anos;

custo sist. – Custo total do sistema (R\$);

econ. anual – Economia anual gerada pelo uso da água de chuva (R\$).

3. RESULTADOS

A demanda de água não potável da residência foi calculada levando em consideração 3 habitantes e 3 torneiras de jardim instaladas, de acordo com recomendações de Tomaz (2009), conforme mostrado na Tabela 1.



Tabela 1 - Demanda de água não-potável na residência

Bacia Sanitária		
Hab.	3	pessoas
Litros/descarga	6,48	L
Cons. Descarga	2916	L/mês
Torneiras de jardim		
Quant.	3	
L/dia/m ²	2	
área externa	189,08	m ²
Cons. TJ	3025,26	L/mês
Demanda	5941	L/mês
mensal	198	L/dia

As calhas dimensionadas foram as retangulares de PVC com diâmetros entre 100 e 125 mm e declividade de 0,5%. Os condutores verticais e horizontais apresentaram diâmetro igual a 75 mm, sendo esses últimos com declividade de 1 a 2%.

Para o dimensionamento do reservatório inferior foram avaliados seis métodos distintos, levando em consideração a média de 30 anos de precipitação fornecida pelo Climatempo (s/d), igual a 155 mm. Vale ressaltar que o valor determinado para o coeficiente de Runoff foi de 0,85, que é um valor médio para a telha cerâmica, utilizada na residência em questão. Apresenta-se nas Tabelas 2, 3 e 4 os métodos escolhidos como base para o dimensionamento do projeto.

Tabela 2 - Método Prático do professor Azevedo Neto

Coef.	0,042
Pm anual (L)	0,155
80% Pm anual (L)	0,124
Ac (m ²)	170,76
Meses de pouca chuva	5
V cisterna (m ³)	5,55

Tabela 3 - Método Prático Alemão

Va	22462	L/ano
Da	82959	L/ano
Pm anual	155	mm
Ac	170,76	m ²
C	0,85	
V	1348	L



Tabela 4 - Método Inglês

Pma	155	mm
Ac	170,76	m ²
V cisterna	1321	L

Tanto o Método Prático do professor Azevedo Neto, quanto o Prático Alemão e o Inglês trouxeram volumes menores quando comparados aos outros métodos, já que não foi utilizada a demanda para chegar nos volumes desejados e, além disso, possuem coeficientes para que a água captada fique reservada na cisterna durante poucos dias, o que diminui a necessidade de grandes reservatórios. Devido ao fato do espaço disponível para a cisterna ser pequeno, há a necessidade de baixo custo do sistema e existe a interligação com a água da rua, quando necessário, esses métodos se fazem mais eficientes para o projeto em questão. Assim, optou-se por adotar o volume do reservatório inferior de 1000 L, volume comercial próximo ao calculado pelo método Prático Alemão e Método Inglês.

A bomba escolhida para levar a água do reservatório inferior ao superior foi a Bomba BC-98 de ½ CV da Schneider, visto que é um sistema simples que não necessita de muita potência.

O custo total do sistema foi calculado baseado no orçamento de todos os materiais necessários e da mão de obra empregada, incluindo toda a tubulação envolvida, os reservatórios, o conjunto motobomba, a mão de obra e os demais aparelhos utilizados para o sistema funcionar perfeitamente, levando em consideração que as calhas não entraram no orçamento, pois a casa já possui esse material. O preço final para execução do sistema foi igual a R\$ 4.035,09.

Para o cálculo da economia mensal de água potável, primeiro tem que se prever o volume consumido de água potável sem o sistema e, posteriormente, com o sistema.

A Figura 2 mostra o projeto da instalação visto em planta.

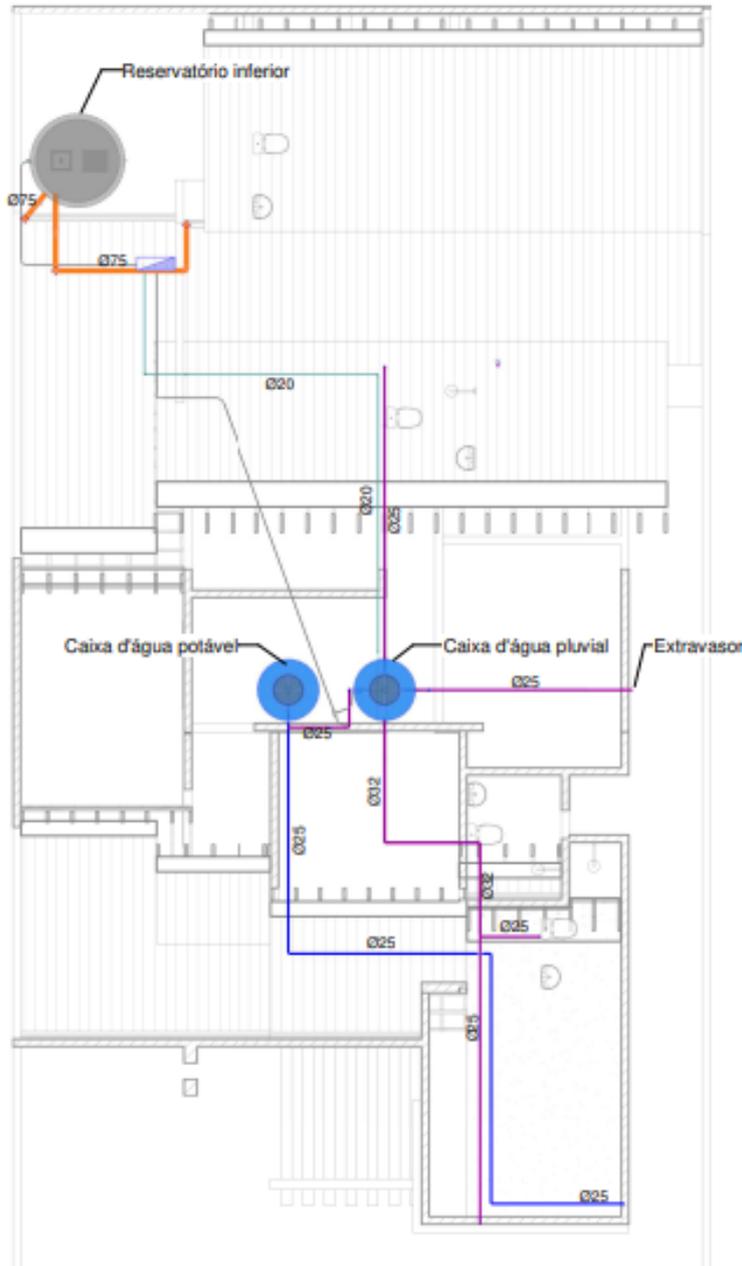


Figura 2 - Planta baixa da instalação de aproveitamento de água de chuva. Autoria Própria, 2022.

O consumo médio per capita de água no Paraná é de 150 litros/dia (SANEPAR, 2022). Considerou-se uma família de 3 pessoas, dessa forma, tem-se um consumo de 13,5 m³ por mês. De acordo com a Figura 1, para um consumo mensal de 11 a 15 m³, a tarifa é de R\$13,37/m³. Então, o gasto mensal seria de R\$180,50.



A economia gerada pelo sistema de abastecimento, segundo o Método Inglês, será de aproximadamente 1.871,80 L/mês, que é o volume captado de água de chuva anual (V_a) dividido por 12 meses, podendo variar conforme a constância de precipitações. Com isso, a demanda passará de 13,5 m³ para 11,63 m³ gerando, em reais, uma economia mensal de aproximadamente R\$ 25,00.

Para ter-se o retorno financeiro do sistema, utiliza-se a equação 1, com os valores encontrados anteriormente.

$$RF = \frac{R\$ 4035,09}{\$ 25,00 * 12} \quad (1)$$

$$RF = 13,45 \text{ anos}$$

4. CONCLUSÃO

Após todas as análises, foi possível concluir que, levando em consideração apenas o retorno financeiro do sistema, não será benéfico ao consumidor final, visto que, este levará aproximadamente 14 anos para suprir o custo para a implantação do sistema.

Levando-se em conta as previsões de escassez em muitos países nos próximos anos, devido ao aumento previsto no consumo de água em 50% até 2030, é importante que sistemas de aproveitamento de água de chuva sejam estudados e previstos dentro das edificações. Outro benefício da captação de água de chuva em lotes residenciais é a diminuição da vazão que chega até às galerias pluviais, reduzindo as chances de inundações e alagamentos urbanos.

A economia de água deve ser uma prática incentivada, de maneira que as pessoas se atentem aos gastos mensais de sua residência, buscando atitudes que diminuam esses gastos e sistemas que substituam o consumo de água potável em alguns pontos de uso. Mesmo que não tenha um bom custo-benefício, deve-se considerar algo a mais que o dinheiro investido, como a responsabilidade ambiental, para que no futuro, não se faça necessário medidas mais extremas para a racionalização desse bem.

REFERÊNCIAS.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. ANA declara situação crítica de escassez quantitativa dos recursos hídricos da Região Hidrográfica do Paraná. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-declara-situacao-de-escassez-quantitativa-dos-recursos-hidricos-da-regiao-hidrografica-do-parana>. Acesso em: 02 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844: Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro: 1989.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: 2019. ABNT. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. 2 ed. Rio de Janeiro, 2020. 56 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214: Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água — Requisitos. 3 ed. Rio de Janeiro, 2020. 35 p.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. Revista USP, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 45-58, 02 set. 2015.

IBGE. Em 2017, o Brasil consumia 6,3 litros d'água para cada R\$ 1 gerado pela economia. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27607-em-2017-o-brasil-consumia-6-3-litros-d-agua-para-cada-r-1-gerado-pela-economia>. Acesso em: 30 jul. 2021.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. Governo do Paraná. Hidroinfoparaná. 2021. Disponível em: <https://geo.iat.pr.gov.br/portal/apps/opspdashboard/index.html#/a72d94afbff548c5a3e744a355d8a323>. Acesso em: 09 ago. 2021.

JUNIOR, Jailton Muniz Mendes et al. Reutilização de água da chuva. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 06, Vol. 05, pp. 66-90. Junho de 2020.
MAY, Simone. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANEPAR. NOSSAS TARIFAS. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/clientes/nossas-tarifas>. Acesso em: 29 jul. 2021.

SOMLYODY, L; VARIS, O. Freshwater under pressure. International Review for Environmental Strategies, v.6, n.2, p.181-204, 2006.

TOMAZ, Plínio. Conservação da Água. Guarulhos: Parma, 1999.

WATERFALL, P.H.. Harvesting Rainwater for landscape use. University of Arizona Cooperative. Disponível em: <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>. 2006. Acesso em: 20 de outubro de 2021.

WWRD4. World Resources Institute. O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco. Global: -, 2012. 17 p. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/rio_20/wwdr4-fatos-e-dados.pdf. Acesso em: 29 jul. 2021.