2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL POR MEIO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM CONDOMÍNIO MULTIFAMILIAR LOCALIZADO NA CIDADE DE MATÃO - SP[1]

Ioris, Marcelo D. (1); Ghisi, Enedir (2); Ramos, Paulo J. (3)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, marcelo.ioris@posgrad.ufsc.br
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br
(3) Universidade Federal de Santa Catarina, ramos_paulo@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio multifamiliar localizado na cidade de Matão – SP. Foram analisados diferentes cenários, ou seja, demandas de água pluvial iguais a 10%, 25% e 45% da demanda total de água, demandas de água iguais a 100, 150 e 200 l/hab.dia, e 17, 26 e 34 habitantes. Os cenários foram analisados por meio de simulação computacional no programa Netuno. Concluiu-se que o reservatório mais adequado seria o de 5000 litros, com potencial de economia de água potável igual a 8,0%, investimento inicial de R$ 6.407,00 e tempo de retorno do investimento de 34 meses.

Palavras-chave: *Água pluvial. Programa Netuno. Economia de água potável. Análise econômica.*

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the potential for potable water savings by using rainwater in a multifamily building located in the city of Matão - SP. Different scenarios were analysed, that is, rainwater demands equal to 10%, 25% and 45% of the potable water demand, potable water demands equal to 100, 150 and 200 l/person per day, and 17, 26 and 34 inhabitants. The scenarios were assessed through computer simulation using the Neptune programme. It was concluded that a 5000-litre tank would be the most suitable one, the potential for potable water savings would be 8.0%, the initial investment equal to R$ 6,407.00 and the payback period equal to 34 months.

Keywords: *Rainwater. Netuno Programme. Potable water savings. Economic analysis.*

1 INTRODUÇÃO

Muitas regiões sofrem com a escassez de água potável, pois apesar de abundante

[1] Ioris, Marcelo D.; Ghisi, Enedir; Ramos, Paulo J. Avaliação do potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio multifamiliar localizado na cidade de Matão - SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

no planeta, a sua distribuição não ocorre de forma uniforme. Por este motivo, a água potável deveria ser destinada a usos mais nobres, podendo ser substituída por alternativas mais baratas em usos menos nobres.

Diante dessa situação, surge a necessidade de procurar alternativas que possam ajudar a suprir a demanda de água. Uma das alternativas encontradas é o aproveitamento de água pluvial. Ultimamente, diversos estudos sobre aproveitamento de água pluvial têm sido desenvolvidos no Brasil. Ghisi, Montibeller e Schimidt (2006) avaliaram a utilização de água pluvial no setor residencial de 62 cidades de Santa Catarina e obtiveram média de 69% de economia de água potável devido à utilização de água pluvial. Em outro exemplo, Ghisi e Oliveira (2007) realizaram um estudo em que combinavam aproveitamento de água pluvial com o uso de água cinza em duas residências na cidade de Palhoça – SC; encontraram economia de água potável igual a 35%.

Ortiz et al. (2009) analisaram o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial no setor residencial de quatro cidades do Estado de São Paulo, ou seja, Piracicaba, São José dos Campos, Ribeirão Preto e Sorocaba. O potencial de economia de água potável variou de 7% até aproximadamente 93% de acordo com os valores de precipitação média mensal. O potencial médio de economia de água potável foi 39%.

Para a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, é importante que, além do estudo de economia de água potável, também se analise a economia financeira e tempo de retorno do investimento. Dalsenter (2016), em seu estudo em um condomínio multifamiliar, estimou em R$ 10.260,58 o investimento inicial, e o período de retorno foi de 12 meses; concluiu ser viável economicamente para o condomínio estudado.

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio multifamiliar localizado na cidade de Matão – SP.

2 MÉTODO

O objeto de estudo foi o condomínio multifamiliar Antonella, em fase de construção. O condomínio contém dezessete apartamentos distribuídos em quatro pavimentos. Para a cidade de Matão foram encontrados três valores médios diários para demanda total de água. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o valor médio de demanda de água é de 176 l/hab.dia. No Plano de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Município de Matão (PLAMAE, 2012), o valor sugerido foi de 191 l/hab.dia. A concessionária Águas de Matão informou que a demanda de água encontra-se entre 135 l/hab.dia e 165 l/hab.dia. A fim de comparar o efeito que diferentes consumos podem causar no potencial de economia de água potável, foram analisados três consumos: 100, 150 e 200 l/hab.dia, pois abrangem tanto os valores estimados para residências populares, quanto para o condomínio do estudo.

Para a demanda de água pluvial também foram considerados três valores: 10%, 25% e 45% do consumo total de água. São valores de usos finais internos de água, nos quais foram escolhidos o maior valor, o menor valor e também a média de todos os valores encontrados na literatura para vaso sanitário com caixa acoplada, máquina de lavar roupas, torneira e tanque. Considerou-se que a água pluvial será usada nos seguintes aparelhos: vaso sanitário, máquina de lavar roupas, tanque e

torneiras de uso geral do terraço e térreo.

Segundo o Código de Obras do Município de Matão (2010), quando a edificação apresentar apenas um dormitório, sua área deve ser maior ou igual a 12 m², devendo-se considerar nesse caso dois habitantes por dormitório. No caso do condomínio de estudo, há dezessete apartamentos com um dormitório com área de 12,13m² por apartamento, resultando em um número máximo de 34 habitantes possíveis para o condomínio. Também foram considerados três possibilidades para o número de moradores: 17 (uma pessoa por apartamento), 26 (perfil de número médio de moradores) e 34 habitantes (máxima ocupação das unidades).

Nas simulações foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica de Matão de 01/11/1981 a 31/10/2016 obtidos do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) e foram desconsideradas as precipitações menores ou iguais a 2 mm, como recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2019).

A partir da planta de cobertura do projeto arquitetônico e de acordo com a definição da NBR 15527 (ABNT, 2019), a área de captação de água pluvial a ser utilizada será a soma das áreas impermeáveis da cobertura, projetadas horizontalmente. A mesma norma ressalta que a água pluvial deve ser coletada em locais que não haja circulação de pessoas, veículos ou animais. Foi encontrada uma área de 121,6m². As telhas são de metal do tipo corrugadas, portanto, o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*) foi considerado 0,8 (TOMAZ, 2003).

Foram adotados reservatórios inferior e superior para armazenamento de água pluvial, o que diminuirá o consumo de energia elétrica da motobomba, que funcionará apenas o tempo necessário para abastecer o reservatório superior. Para o volume do reservatório superior foi considerado o volume igual à demanda diária média de água pluvial, que é uma das opções que o programa Netuno oferece. O método utilizado pelo Netuno se ajusta em função da demanda de água pluvial, do regime de precipitação e apresenta o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório (GHISI; CORDOVA, 2014). A forma de obtenção do volume está expressa na Equação 1.

$$\mathrm{Vsup} = \mathrm{Dt} \times \mathrm{n} \times \frac{\%\mathrm{pluv}}{100} \qquad (1)$$

Onde:

Vsup é o volume do reservatório superior (litros);

Dt é a demanda total de água potável (litros/hab.dia);

n é o número de moradores;

%pluv é a demanda de água pluvial (%).

No caso do reservatório inferior, foram simulados diferentes volumes. Para encontrar o volume ideal, o Netuno verificou os potenciais de economia de água para reservatórios entre 0 e 50000 litros, variando de 1000 em 1000 litros. O volume ideal escolhido foi o volume cuja diferença entre os potenciais de economia tem uma variação menor ou igual a 1%/m³. Desse modo, quando um volume de reservatório maior for testado pelo programa e a variação do potencial de economia for inferior a 1%/m³ , o menor volume testado anteriormente será adotado como volume ideal.

A partir dos resultados obtidos da análise de cada cenário, para cada volume

considerado ideal foi realizada uma nova análise considerando volume de reservatório inferior fixo, a fim de comparar quais dos volumes ideais obtidos é o mais adequado para o condomínio.

Para a análise econômica também foi utilizado o programa Netuno. O programa cria fluxos de caixa que resultam em três índices: valor presente líquido (VPL), período de retorno e a taxa interna de retorno. O valor presente líquido representa todos os gastos e economias durante o período de análise em um único valor atual; se esse resultado for positivo indica que o sistema é economicamente viável. O período de retorno indicará em quanto tempo o investimento na instalação do sistema será pago. A taxa interna de retorno indicará o ganho financeiro para os moradores, em percentual, devido à instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial. O Netuno requer alguns dados de entrada para efetuar a análise econômica, ou seja, os custos iniciais (reservatórios, motobomba, tubulações e mão de obra), custos operacionais (energia consumida pela motobomba e limpeza), inflação, período de análise, entre outros.

Para o levantamento dos custos iniciais, no caso dos reservatórios e motobomba, foi realizada uma pesquisa de preços em lojas da cidade de Matão – SP e da região, optando sempre pelo menor valor encontrado. Em relação aos custos de instalação, que incluem tubulações, conexões e afins, foi atribuído o valor de 15% da soma dos custos de implantação (reservatórios, mão de obra e motobomba), como sugere Ferreira (2005). O custo da mão de obra foi obtido a partir dos valores mais recentes do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017). Quanto à motobomba, foi escolhido um modelo que atenda a altura manométrica de bombeamento da edificação, que é de 18 metros de coluna d'água, a partir do catálogo do fabricante. O custo operacional (energia elétrica consumida pela motobomba) foi calculado a partir do tempo de funcionamento diário da motobomba e do custo da energia elétrica por hora.

O período de análise foi de 20 anos, período referente à vida útil do sistema, valor esse que é comumente utilizado neste tipo de estudo, como em Meincheim (2015) e Dalsenter (2016).

O programa Netuno ainda calcula, através das tarifas de abastecimento de água potável, a economia financeira mensal que a utilização de água pluvial proporcionaria. Para os valores das taxas de água do estudo, foram utilizadas as tarifas em vigor no município de Matão. Os impostos aplicados na tarifa de água, como PIS e COFINS, não foram considerados.

A taxa de inflação foi considerada igual a 0,14% ao mês, valor referente ao mês de abril de 2017, conforme Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA, 2017). A taxa mínima de atratividade adotada foi igual a 0,5% ao mês.

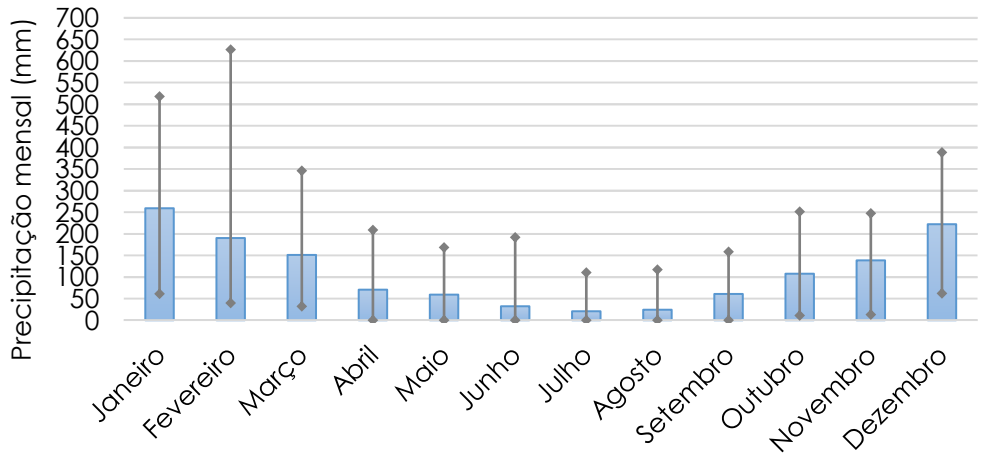
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação média anual entre 1981 e 2016 foi 1331 mm/ano. A Figura 1 mostra as precipitações médias, mínimas e máximas mensais para Matão.

A partir dos valores de demanda total de água, demanda de água pluvial e número de moradores que compõem os 27 cenários analisados, obtiveram-se o volume do reservatório inferior e o potencial de economia de água potável para cada caso. Os reservatórios inferiores variaram entre 5000, 10000 e 15000 litros, apresentando um máximo potencial de economia de água potável de 19,1% e um mínimo de 4,6%. A Figura 2 mostra os potenciais de economia de água potável em

função dos diversos volumes de reservatórios simulados.

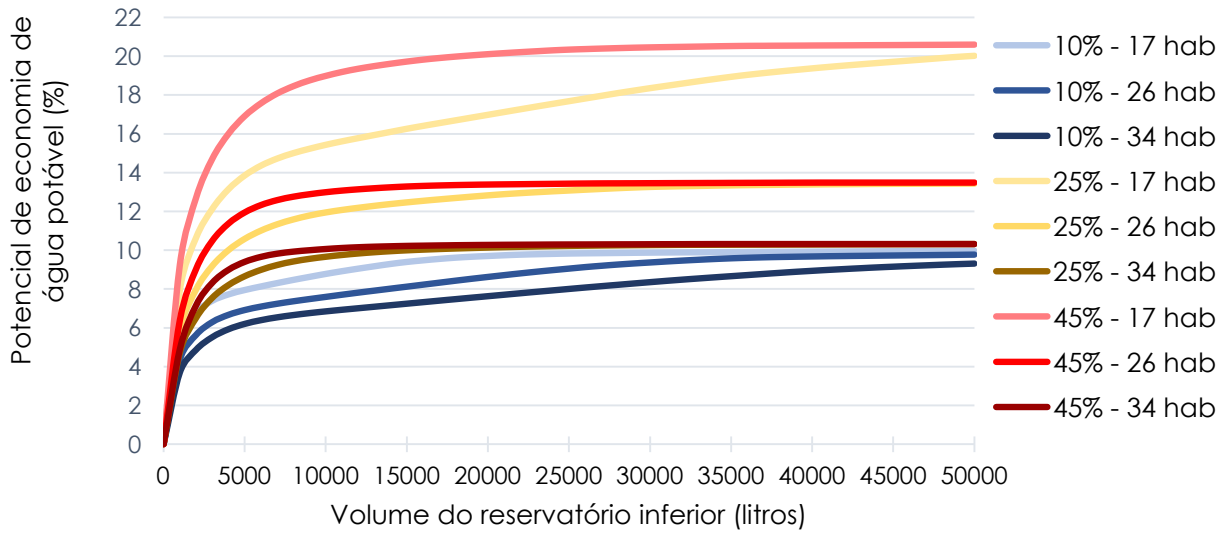
Figura 1: Precipitação média mensal com máximos e mínimos do município de Matão – SP de 1981 a 2016



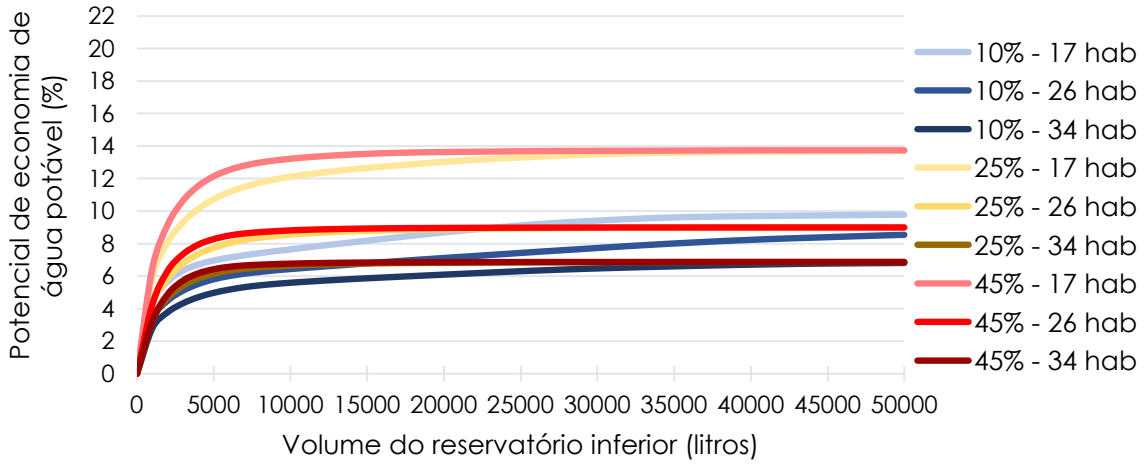
Fonte: Os autores

Para o valor do custo de mão de obra foi considerado um período de duas semanas de trabalho, em que um encanador e um auxiliar trabalhariam 8 horas/dia. Segundo o SINAPI, em sua composição de custos do mês de maio de 2017, o valor da hora trabalhada para o encanador é de R$16,36, para o auxiliar é de R$12,28 e o custo para escavação manual de valas é de R$65,82 por m³. A partir do manual de fabricante de bombas e das características da edificação, optou-se por um modelo de motobomba com ½ cavalo de potência e com valor de mercado de R$852,72. Serão adquiridas duas motobombas, pois uma delas será de reserva, substituindo a outra em caso de não funcionamento ou manutenção, não prejudicando o abastecimento como recomenda a NBR 5626 (1998). A tarifa residencial de energia elétrica de Matão foi considerada igual a 0,38 R$/kWh (CPFL, 2017).

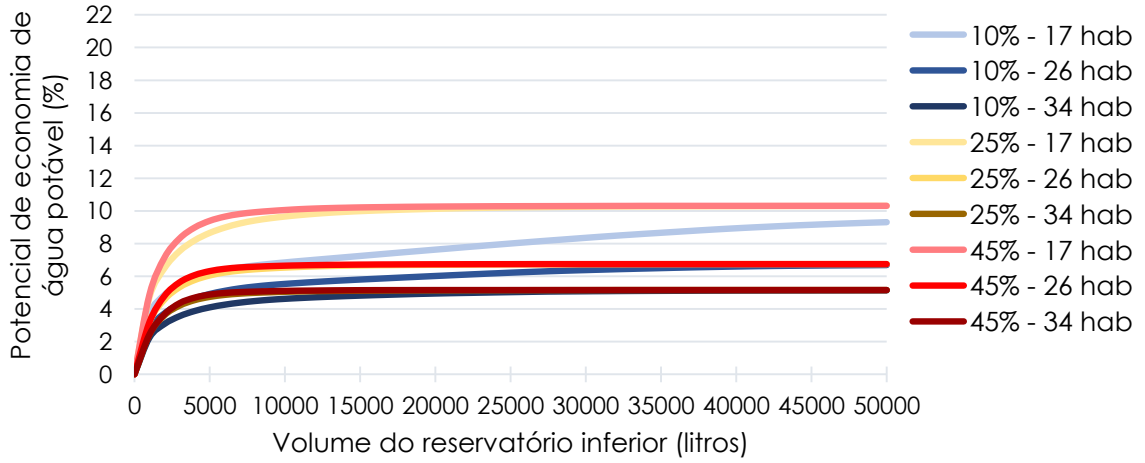
Figura 2: Potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior



(a) Consumo igual a 100 l/hab.dia



(b) Consumo igual a 150 l/hab.dia



(c) Consumo igual a 200 l/hab.dia

Fonte: Os autores

A Tabela 1 mostra os resultados da análise econômica (VPL, *payback* corrigido, TIR, e custo total médio) considerando reservatório inferior com capacidade igual a 5000, 10000 e 15000 litros. Conclui-se que o reservatório de 15000 litros apenas seria viável do ponto de vista do potencial de economia de água potável. Mas como esse não é o único parâmetro a ser considerado na análise, restando ainda o custo total, o VPL, o *payback* e a TIR, o reservatório de 15000 litros tornou-se a pior escolha entre os três.

O reservatório de 10000 litros apresentou resultados interessantes. O seu potencial de economia médio foi de 8,8%, ficando acima do reservatório de 5000 litros, e próximo ao de 15000 litros. O seu VPL médio foi de R$ 30.159,08, maior entre os demais volumes. Mas em relação ao VPL máximo, *payback*, TIR e custo de implantação médio (R$ 7.755,00), seus resultados apresentaram valores menos atrativos comparados aos resultados do reservatório de 5000 litros.

Sendo assim, concluiu-se que o reservatório inferior de 5000 litros seria o reservatório com o volume mais adequado, apresentando potencial de economia de água potável de 8,0%. Apresentou ainda o menor custo de implantação, com valor médio de R$ 5.894,00; o maior VPL, com valor máximo de R$ 43.301,46; o menor *payback*, 23 meses; e a maior TIR, 5,15% ao mês.

Tabela 1: Resultado da análise econômica para reservatórios inferiores com capacidade de 5000, 10000 e 15000 litros

Indicador financeiro		**Reservatório inferior (litros)**		
		5000	10000	15000
VPL (R$)	Menor	4438,57	3562,08	1770,68
	Médio	29727,67	30159,08	28749,56
	Maior	43301,46	42100,34	40055,38
Payback (meses)	Menor	23	26	36
	Médio	34	42	54
	Maior	108	138	187
TIR (% ao mês)	Menor	1,16	0,92	0,67
	Médio	3,82	3,14	2,49
	Maior	5,15	4,01	3,17
Custo total médio (R$)		5894,00	7755,00	10153,90

Fonte: Os autores

O volume do reservatório superior escolhido foi o de 3000 litros, volume correspondente ao cenário de demanda diária de água mais desfavorável, no qual considerou-se 200 l/hab.dia e 34 habitantes, alterando o custo inicial de investimento para R$ 6.407,00. Observando os resultados da análise econômica para os três diferentes volumes de reservatório, notou-se que nenhum caso apresentou VPL menor do que zero, *payback* maior que 240 meses (20 anos) e TIR menor do que 0,5% ao mês, o que demonstra que a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é um investimento viável para o condomínio em análise.

4 CONCLUSÕES

Por meio da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, foi realizada a análise do potencial de economia de água potável de um condomínio multifamiliar localizado no município de Matão - SP. Com base em diferentes cenários, foi possível determinar qual seria o reservatório que melhor atenderia o condomínio. Após analisar os resultados, foi adotado um reservatório inferior com volume de 5000 litros e um reservatório superior de 3000 litros, com potencial médio de economia de água potável igual a 8,0%. A análise econômica comprovou a viabilidade financeira. Os resultados mostraram também que o VPL máximo seria de R$ 43.301,46 e o custo inicial da implantação seria de R$ 6.407,00. Esse investimento apresentou ainda um *payback* médio de 34 meses, que é um tempo baixo comparado ao período de análise (240 meses), bem como uma TIR média de 3,82% ao mês. Com o auxílio do programa Netuno foi avaliado o potencial de economia de água potável por meio de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uso não potável em um condomínio multifamiliar.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2020. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/> . Acesso em: abr. 2017.

CPFL. Companhia Paulista de Força e Luz. Disponível em: <https://bityli.com/d6Pkn> Acesso em: Mai. 2017.

DALSENTER, M. E. V. **Estudo do potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis - SC**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4 - Manual do Usuário**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, v.41, n. 2, p. 204-210, 2006.

GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of Rainwater and Greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.

IPCA. IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, 2017. Disponível em: <http://br.advfn.com/indicadores/ipca>. Acesso em: Mai. 2017.

MATÃO (SP). Lei nº 4118, de 13 de Janeiro de 2010. Institui o Código de Obras do Município de Matão e dá outras Providências. Lex: Coletânea de legislação e jurisprudência, Matão - SP, 13 jan. 2010. 35 p.

MEINCHEIM, D. L. **Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar localizada em São José - SC**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

ORTIZ, I. A. S.; BORGES, R. M.; MORUZZI, R. B.; MATSUMOTO, T. Potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial no setor residencial de cidades médias do estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Recife, 2009.

PLAMAE. PLANO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE MATÃO. Plano de Saneamento Básico do Município de Matão, Matão, 2012. Disponível em: <www.matao.sp.gov.br/download-arquivos.php?id=1751> Acesso em: Abr. 2017.

SINAPI. SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em: < https://bityli.com/DmZam > Acesso em: Mai. 2017.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Disponível em: <http://www.snis.gov.br> Acesso em: Abr. 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2 ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.