

Dimensionamento de Sistema de Captação de Águas Pluviais no IFPE Campus Recife – Estudo de Caso para o Bloco F

Sizing of rainwater catchment system in IFPE fields Reef - case study for the block

F

Camila Guedes Alcoforado^{1*}, Vânia Soares de Carvalho¹

*milaalcoforados@gmail.com

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

RESUMO

A crise de abastecimento de água potável e os consequentes problemas por ela gerados requerem que novas tecnologias sustentáveis sejam aplicadas na sociedade, principalmente em instituições de ensino, pois estas incentivam a pesquisa entre jovens e difundem sua utilização nas comunidades. Nesse sentido, a fim de agregar iniciativas à agenda ambiental do IFPE, foi introduzido o estudo para reuso de águas pluviais. Para avaliar tecnicamente a implantação do sistema, o estudo concentrou-se em um dos blocos da instituição. Como os altos custos estão associados, principalmente, ao reservatório, tornou-se necessário justificar a escolha do método de dimensionamento mais adequado. O trabalho foi desenvolvido utilizando o programa computacional Netuno. Para sua aplicação, foi necessário definir os dados de entrada com base em revisões bibliográficas, entrevistas com usuários, visitas ao local de aplicação e nas informações fornecidas pelo setor administrativo da Instituição. O volume obtido para o reservatório inferior foi de 9.500 L, o volume do reservatório superior foi de 2.000 L, resultando em uma economia de água potável de 26,63%. Portanto, este projeto mostra-se viável economicamente, com um período de retorno do investimento estimado em 14 meses.

Palavras-chaves: Água; Chuva; Reservatório; Reuso.

ABSTRACT

The crisis in water supply and the problems caused by it, the sustainable technology development should be applied to reduce the lack of water resources, especially in educational institutions to encourage research among young people and sharing it in society. Therefore, in order to add initiatives to the environmental agenda in the Federal Institute of Pernambuco, it was introduced the study of reuse rainwater. To technically evaluate the system implementation the study focused on one of the institution blocks. The

high cost for system implementation, comes from the reservoir, and it is necessary to justify the use of the most appropriate sizing method. The study was developed using the computer program Netuno. For implantation, it was necessary to define the input data based on literature reviews, interviews with users, visit in the local implementation and the information provided by the administrative sector of the *institution*. *The result achieved for the lower reservoir volume was 9.500 liters, the volume of the upper reservoir was 2.000 liters, with a savings of drinking water 26.63%. Therefore, this project proves economically viable and the financial return is 14 months.*

Keywords: Water; Rain; Reservoir; Reuse.

1. Introdução

A contaminação das reservas hídricas e a escassez de água de boa qualidade para o consumo humano estão se tornando grandes problemas da humanidade. Manchetes sobre tais temas têm se tornado mais frequentes e vêm assombrando as presentes e futuras gerações.

A Organização das Nações Unidas – ONU, em 2015, informou que 768 milhões de pessoas não têm acesso à água tratada e que 1,3 bilhão não têm acesso à energia. Estima-se que, em 2030, a população global necessitará de 35% a mais de alimentos, 40% a mais de água e 50% a mais de energia. A ONU também alerta que a água pode levar a conflitos entre comunidades e nações.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC,2015), o mundo ainda não despertou, de fato, para a realidade do que enfrentará em termos de crises hídricas.

Essa realidade requer medidas urgentes de incentivo ao uso de tecnologias que amenizem os impactos da falta de recursos hídricos no mundo. Nesse contexto, a reutilização de águas pluviais é uma das medidas que devem ser estudadas e desenvolvidas, pois, além de preservar os recursos hídricos, minimiza as enchentes causadas pela impermeabilização do solo e pelos efeitos da urbanização.

A implantação da agenda ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) também motivou este estudo, em consonância com a preocupação ambiental atual e com a situação hídrica do país. Este projeto objetiva não apenas a economia de água, mas também a economia financeira de dinheiro público, bem como a disseminação da utilização dessa tecnologia para a comunidade.

A adoção de tecnologias voltadas à preservação do meio ambiente em instituições de ensino, como escolas e universidades, promove a disseminação dessas inovações, o interesse dos estudantes e, conseqüentemente, a participação da comunidade local. Esses

mecanismos também apresentam como vantagem no estudo apresentado, a estrutura física com grandes áreas de cobertas, as quais favorecem a captação de águas pluviais.

De acordo com Marinoski e Ghisi (2018), a água pluvial coletada pode ser utilizada em descargas de bacias sanitárias, torneiras de jardins, lavagem de roupas, calçadas e automóveis. Por meio de sistemas de captação da água pluvial, é possível reduzir o consumo de água potável e minimizar alagamentos e enchentes.

Contudo, para a instalação do projeto de reutilização de águas pluviais, faz-se necessário um estudo prévio, a fim de garantir a viabilidade técnica e a eficiência dos mecanismos adotados. Alguns fatores que podem inviabilizar o projeto são a área de captação, o regime pluviométrico, a demanda de uso e, principalmente, o dimensionamento do reservatório, por ser um dos itens mais caros para implantação. O dimensionamento do reservatório é importante para evitar gastos desnecessários em caso de superdimensionamento e baixa eficiência no caso de subdimensionamento.

Além dos métodos descritos na norma da ABNT NBR 15527:2019 – “Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos”, há programas computacionais que simulam a modelagem adequada do sistema, considerando uma combinação de variáveis que nem sempre são contempladas pelos métodos normativos.

Um desses programas é o Netuno, desenvolvido em 2004 no Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O software tem como objetivo determinar, através dos dados de entrada fornecidos pelos usuários, o potencial de economia de água potável em função da capacidade do reservatório, além de estimar os custos e as economias associadas ao sistema.

Diante do exposto, propõe-se este estudo de caso com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, para fins não potáveis, em uma das edificações do IFPE, Bloco F, Campus Recife.

2. Materiais e Métodos

A utilização do sistema limitou-se ao reuso pontual nos sanitários do Bloco F, uma vez que seria inviável isolar a demanda para outros fins, como jardinagem e limpeza.

O trabalho foi realizado de acordo com os procedimentos do manual do programa Netuno, desenvolvido por Ghisi, Cordova e Rocha (2013), do Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e com a norma da ABNT NBR 15527:2019.

Primeiramente, os registros pluviométricos da região foram coletados no Instituto Nacional de Meteorologia (IMNET). A área de captação do telhado foi obtida por meio do projeto de arquitetura, em conjunto com o setor administrativo da referida instituição. Também foi realizada uma visita à cobertura para determinar o coeficiente de escoamento superficial, que depende do material do telhado, além de analisar as condições das telhas, as possibilidades de captação e a viabilidade do sistema.

O levantamento da população que frequenta o Bloco F foi obtido junto às coordenações dos cursos que funcionam no prédio. Por sua vez, a determinação do consumo total de água para essa população foi feita com base na tabela de consumo predial médio diário indicada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), multiplicada pela quantidade de usuários.

Para a determinar a demanda total de água para fins não potáveis, foi realizada uma entrevista visando estimar a frequência do uso das bacias sanitárias e mictórios por dia, considerando os diferentes tipos de frequentadores (alunos, professores e funcionários), devido à variação de permanência de cada grupo na instituição. Para que a amostragem fosse representativa para o estudo, utilizou-se o método de Marinoski e Ghisi (2008).

O percentual da demanda total de águas para uso não potável foi calculado em relação ao consumo anual total de água. Levou-se em consideração, ainda, 23 dias úteis por mês e dois meses de recesso escolar ao longo do ano. Com relação à análise econômica, foi feito um orçamento do sistema e coletas de tarifas de água da região, de acordo com dados da Companhia de Saneamento de Pernambuco (COMPESA).

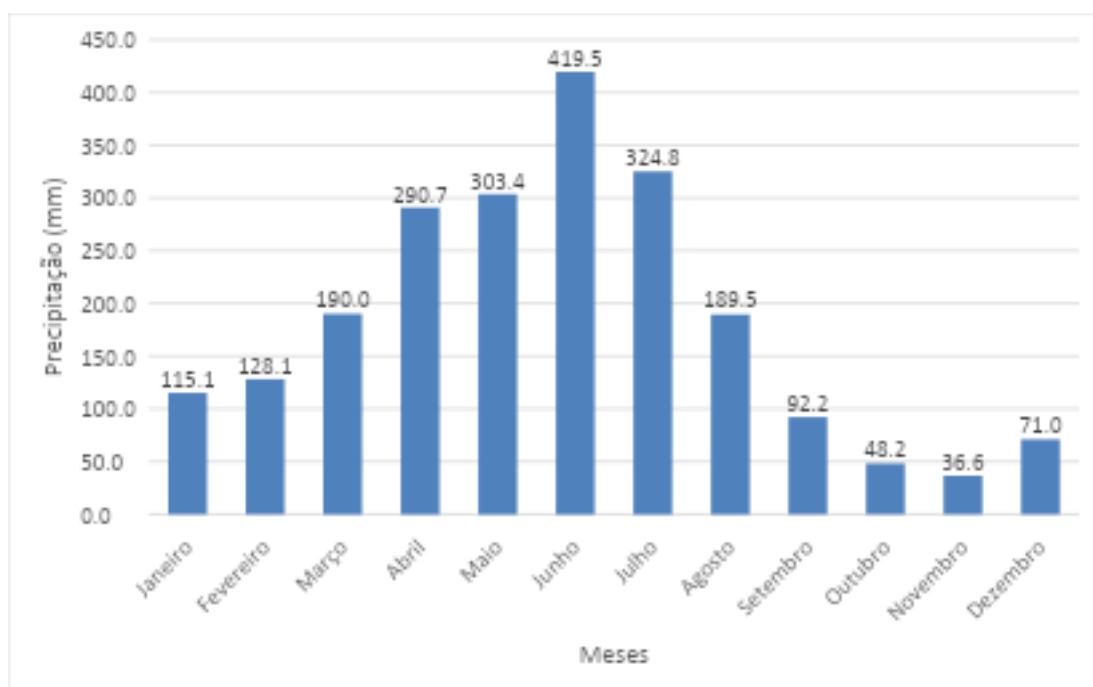
Todos esses dados de entrada foram introduzidos no programa Netuno, versão 4.0, com o objetivo de calcular o volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial, o tempo de retorno do investimento, o valor presente líquido e a taxa de retorno.

3. Resultados e Discussão

3.1. Dados de Entrada para Utilização dos Métodos.

3.1.1 Dados pluviométricos

A precipitação média anual da região é de 2.206 mm. Os registros pluviométricos foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (IMNET), com 20 anos de série histórica (2000 até 2020), e correspondem à estação localizada no Curado – PE. A média mensal é mostrada na Figura 1.

Figura 1. Precipitação média mensal no Recife

Fonte: Autores

3.1.2. Descarte inicial

Fontanela (2010) utiliza o descarte inicial de 1 mm, ou seja, 1L.m⁻², valor usualmente considerado suficiente para lavar toda a área de captação e evitar o carregamento de sujeiras acumuladas no telhado para o reservatório.

3.1.3. Área de captação

A área do Bloco F é composta por dois prédios, mas, em função da facilidade de implantação do sistema, optou-se pela utilização de apenas um deles, cuja área corresponde a 1.301,67 m².

3.1.4. Levantamento da população

O levantamento da população que frequenta o bloco foi obtido junto às coordenações de ensino de cada curso em funcionamento no prédio e está disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Levantamento da população.

População que frequenta o Bloco F	Funcionários	Professores	Alunos
DAIC	9	60	1500
Refrigeração	3	14	260
Sistemas de Informação	1	10	120
Turismo	3	9	180
Mestrado de Gestão Ambiental	2	15	33
Segurança	1	-	-
Limpeza	4	-	-
Total	23	108	2093
População total		2224	
População em período de férias		131	

Fonte: Autores.

3.1.5. Demanda de água não potável

A estimativa de consumo de água não potável, exclusivamente para aparelhos sanitários como descargas e mictórios, no Bloco F, foi feita a partir de entrevistas. Isso se deve ao fato de que, como há vários blocos, não é possível mensurar a quantidade de água utilizada para jardinagem e limpeza provenientes de cada um deles.

Com relação à entrevista, foi realizado o cálculo para uma amostragem significativa para o estudo. O método utilizado determina o número de entrevistados pelas equações (1) e (2):

$$N \geq \frac{n0 * N}{n0 + N} \quad (\text{Equação 1})$$

$$N0 \geq \frac{1}{\varepsilon 0^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- ✓ N é o número total de pessoas;
- ✓ $\varepsilon 0$ é o erro amostral desejado;
- ✓ n é a amostra de pessoas entrevistadas.

Segundo o método, o erro adotado deveria estar entre 1% e 4%. No entanto, neste trabalho, utilizou-se o valor maior, em função da pouca variedade de respostas e da

quantidade de pessoas efetivamente ativas na Instituição ser inferior à registrada no controle da coordenação.

Marinoski e Ghisi (2008), em estudo para determinar a porcentagem de utilização para fins não potáveis, consideraram o erro amostral desejado entre 1% e 20%. Portanto, diante dessas considerações, neste trabalho foi utilizado o erro amostral de 17%, e a quantidade de entrevistados efetivamente está disposta na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de entrevistados.

Cálculo do tamanho da amostra	Funcionários	Professores	Alunos
Tamanho da população (N)	23	108	2093
Erro amostral tolerável (E0) = 17%	0,17	0,17	0,17
Tamanho da amostra inicial(n0)	34,60	34,60	34,60
Tamanho da amostra corrigido (n)	13,82	26,21	34,03

Fonte: Autores.

3.2. Cálculo para Uso de Águas para Fins Não Potáveis

No cálculo, foi considerado que a vazão por acionamento do equipamento da bacia com caixa acoplada consome, em média, 10 L por acionamento, e do mictório, de 4 L por acionamento. Esses valores estão disponíveis no Manual de Gerenciamento para Controladores de Consumo de Água da Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP, 2009). O consumo médio por acionamento, multiplicado pela quantidade de utilizações diárias por usuário, resulta no consumo detalhado de litros de água por dia para cada usuário, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Consumo médio diário (L.d⁻¹) de água para bacias e mictórios por usuários.

Tipos de usuários	Aparelho	Média de uso diário (entrevista)	Litros por acionamento do aparelho	Consumo de água para cada aparelho por usuário
Alunos	Mictório	1,64	4,00	6,55
	Bacia	1,80	10,00	18,00
Professores	Mictório	1,61	4,00	6,44
	Bacia	2,30	10,00	23,00
Funcionários	Mictório	3,67	4,00	14,67
	Bacia	2,17	10,00	21,67

Fonte: Autores.

A quantidade aproximada de usuários por aparelho foi definida em média ponderada, com base nos resultados percentuais obtidos na entrevista realizada, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Quantidade aproximada de usuários por aparelho.

Tipos de usuário	Quantidade	Porcentagem de utilização		Utilização da população	
		Mictório	Bacia	Mictório	Bacia
Aluno	2093	31%	69%	648,83	1444,17
Professores	108	67%	33%	72,36	35,64
Funcionários	23	64%	36%	14,72	8,28

Fonte: Autores.

Multiplicando a quantidade aproximada de usuários pelo consumo de água diário, obtém-se o consumo de água para cada aparelho. O consumo diário total, em meses de aula, corresponde ao somatório dos gastos de todos os usuários, enquanto, nos meses de recesso, considera-se apenas os gastos de professores e funcionários. Os consumos totais diários, em épocas de recesso e em meses letivos, estão esclarecidos na Tabela 5.

Tabela 5. Consumos total diário ($L \cdot d^{-1}$) em meses de recesso e de aula

Tipos de usuário	Mictório	Bacia
Aluno	4246,89	25995,06
Professores	466,32	819,72
Funcionários	215,89	179,40
Consumo total de uso sanitário em meses de aula		31.923,28
Consumo total de uso sanitário em meses de recesso		1.681,33

Fonte: Autores.

3.3. O consumo de uso de mictório e bacia sanitária total será:

- ✓ Em um mês com aulas é calculado de acordo com a equação 3:

$$31.923,28 L \cdot d^{-1} \times 23 d \cdot \text{mês}^{-1} = 734.45 L \cdot \text{mês}^{-1} \quad (3)$$

- ✓ Em um mês de férias (janeiro e julho) é calculado de acordo com a equação 4:

$$1.681,33 \text{ L.dia}^{-1} \times 23 \text{ d.mês}^{-1} = 38.670,67 \text{ L.mês}^{-1} \quad (4)$$

- ✓ O consumo anual para fins não potáveis será calculado de acordo com a equação 5:

$$734.235,45 \text{ L.mês}^{-1} \times 10 \text{ meses} + 38.670,67 \text{ L.mês}^{-1} \times 2 \text{ meses} = 7.419.695,87 \text{ L.ano}^{-1} \quad (5)$$

3.4. Percentual de demanda total a ser suprida por água pluvial

A demanda total de água foi calculada através do consumo estimado diário indicado pela tabela da Norma Técnica N 181 da SABESP, a qual estabelece que escolas com até três períodos de funcionamento utilizam 50 L.d⁻¹ per capita.

De acordo com a população levantada, o consumo total será:

- ✓ Em um mês com aulas é calculado de acordo com a equação 6:

$$50 \text{ L.dia}^{-1} \times 2224 \text{ pessoas} \times 23 \text{ dias úteis} = 2.557.600 \text{ L} \quad (6)$$

- ✓ Em um mês de férias (janeiro e julho) é calculado de acordo com a equação 7:

$$50 \text{ L.dia}^{-1} \times 131 \text{ pessoas} \times 23 \text{ dias úteis} = 150.650 \text{ L} \quad (7)$$

- ✓ O consumo anual é calculado de acordo com a equação 8:

$$2.557.600,00 \text{ L.mês}^{-1} \times 10 + 150.650,00 \text{ L.mês}^{-1} \times 2 = 25.877.300,00 \text{ L.ano}^{-1}$$

(8)

Portanto, o percentual da demanda de água pluvial a ser suprida por água potável é calculado de acordo com a equação 9:

$$\% = \frac{7.419.695,87 \text{ L.ano}^{-1}}{25.877.300,00 \text{ L.ano}^{-1}} \times 100 = 28,67\% \quad (9)$$

3.5. Coeficiente de escoamento superficial (Runoff)

Em visita à cobertura do prédio, a fim de verificar as condições das instalações do telhado e do material utilizado, observou-se que a telha é de fibra amianto (Figura 2), a qual possui um coeficiente de escoamento entre 0,8 e 0,9. Como as telhas das são antigas, o escoamento da água é mais difícil. Portanto, o valor escolhido foi 0,8, ou seja, o volume total precipitado é maior do que o volume total escoado.

Figura 2. Cobertura do bloco F do IFPE.



Fonte: Autores.

3.6. Utilização do Programa Netuno

Após a coleta de todos os dados, utilizou-se o programa NETUNO para a simulação. Foi utilizada uma simulação com água a ser recalcada e, posteriormente, distribuída para os banheiros. Por isso, foi acrescentado um reservatório superior com 2.000 L, o que resultou em um reservatório inferior de 9.500 L e 26,67% de potencial de utilização de água pluvial.

3.7. Estimativas iniciais para consumo e economia mensais de água

Para obter a estimativa inicial de consumo e economia mensal de água, foi necessário utilizar as tarifas de água da região, os valores cobrados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA, 2015), a taxa de inflação mensal, o período de análise e a taxa mínima de atratividade — que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar ao realizar um investimento. Os valores usados estão explícitos na Tabela 6. Com os dados preenchidos no programa, obteve-se uma economia anual aproximada de R\$ 11.400,00 por ano.

Tabela 6. Valores para estimativa do consumo de água.

Consumo até 10 m ³	R\$ 47,84 (fixo)
Consumo entre 10 m ³ e 999999 m ³	R\$ 7,26 (por m ³)
Consumo acima de 999999 m ³	R\$ 7,26 (por m ³)
Percentual da tarifa de esgoto	100% (da tarifa de água)
Taxa de reajuste ao mês	3,51%
Reajuste tarifário	12 meses
Taxa mínima de atratividade	2%
Mês de instalação do sistema	Janeiro

Fonte: Autores.

3.8. Custo de Implantação

O custo de implantação do sistema foi estimado com base no trabalho de Mariniski e Ghisi (2008), que definiram os itens enumerados na Tabela 7 como representativos desse tipo de sistema, os quais se mostraram adequados ao presente caso.

Tabela 7. Custos de implantação do sistema.

Itens	Unidade	Preço (R\$)	Valor (R\$)
Reservatório de 2.000 L	1	689,87	689,87
Reservatório de 10.000 L	1	3185,95	3.185,95
Moto-bomba 3/4 CV	2	694,04	1.388,08
Acessórios	-	4892,34	4.892,34
Mão-de-obra	20 dias	20,37.h ⁻¹	3.259,20
Energia elétrica (operação do sistema)	1,85 h.d ⁻¹	0,35	12,95
	15% do custo		
Conexões e tubulações	total	-	2.014,26
Custo total			15.442,65

Fonte: Autores.

Com a introdução dos custos de implantação na base de dados do programa NETUNO, obteve-se o tempo de retorno do investimento de 14 meses, ou seja, nesse período o custo de implantação seria recompensado pela economia de água potável. Foi obtido também o valor presente líquido de R\$ 2.119.186,62, com uma taxa de retorno de 18,87% ao mês. Os resultados demonstram, portanto, que o projeto é altamente viável, considerando que, mesmo com um investimento equivalente ao valor presente líquido, a

instalação do projeto ainda traria êxito. Vale ressaltar que esse valor representa apenas o consumo das bacias sanitárias e mictórios de um dos blocos. Considerando que existem seis blocos na Instituição, a economia estimada seria de aproximadamente R\$ 68.604,60 por ano.

Marinoski e Ghisi (2008), em estudo semelhante sobre o aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em uma instituição de ensino localizada em Florianópolis, obtiveram o potencial de economia de água potável de 45,8%. Em outra pesquisa, Salla *et al.* (2013), ao estudarem edificações de salas de aula e anfiteatros na Universidade Federal de Uberlândia, identificaram volumes de reservatórios variando de 7,9 m³ a 18,2 m³, com um potencial de economia entre 18,2% e 53,2%.

A funcionalidade prática do sistema também pode ser verificada por meio do caso aplicado na Casa Eficiente localizada em Florianópolis (SC), resultado da parceria estabelecida entre ELETROSUL, ELETROBRAS/PROCEL Edifica e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por meio do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). Nessa aplicação, os autores detalham o projeto, os cuidados necessários, os materiais recomendados e apontam que, após a implantação do sistema, a economia nas contas de água e esgoto foi de 54,4%.

4. Conclusões

O método escolhido para dimensionar o reservatório do bloco F do IFPE, utilizando o programa computacional Netuno (versão 4.0) e considerando exclusivamente o uso de águas em bacias sanitárias e mictórios, resultou na definição de um reservatório inferior com capacidade de 9.500 L, utilizando um reservatório superior com 2.000 L. A economia de água potável estimada foi de 26,63%, com um volume consumido de água pluvial de 746,32 L.d⁻¹ e uma taxa de atendimento à demanda de 92,13%.

No que diz respeito aos aspectos econômicos, conclui-se que o projeto é bastante benéfico, com um tempo de apenas 14 meses e custo de implantação de R\$ 15.442,65. Comparando esse custo com o valor presente líquido de R\$ 2.119.186,62 e uma taxa de retorno de 18,87% ao mês, é possível afirmar que o sistema é viável.

Este estudo piloto, aplicado a um dos blocos da Instituição, comprova a viabilidade técnica da implantação do sistema de reuso de água pluvial em todo o IFPE.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15527:2019.** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis —Requisitos. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Manual de gerenciamento para controladores de consumo de água.** São Paulo. 2009. 95p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE PERNAMBUCO (COMPESA). **Estrutura tarifária.** Mai, 2015 disponível em <<https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>> Acesso em: 22 ago 2015.

FONTANELA, L. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial.** 2010. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. UNESC. Criciúma, SC.

GHISE, E.; CORDOVA, M.M.; ROCHA, V.L. **Software Netuno versão 3.0.1.** 2013. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/netuno>. Acessado em 19 fev, 2015.

MARINOSKI, A.K.; GHISE. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 423-443, jan./mar. 2018

MARINOSKI, A.K.; GHISE. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/02/mundo-esta-inerte-para-crise-da-agua-causada-pelo-clima-alerta-o-ipcc.html>>. Acesso em: 17 fev 2015.

SALLA, M.L. *et al.* Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, abr./jun. 2013.