

ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS.

Layniker Schulz Carboni (1); Bruno De Pellegrin Coan (2); Álvaro José Back (3)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)carboni0608@gmail.com (2)brunocoan@gmail.com (3)ajb@unesec.net

RESUMO

A implantação de sistemas de coleta e aproveitamento de água da chuva vem se tornando uma alternativa para utilizar a água em fins não potáveis, como: torneiras de jardins, descargas de vasos sanitários, lavagem de calçadas e automóveis, onde com o tratamento adequado pode ser utilizada para fins potáveis. É um sistema com soluções sustentáveis que favorece para uso racional da água e que pode contribuir economicamente. A análise da viabilidade da implantação do sistema de captação de água da chuva depende de vários fatores, entre os principais destacam-se as alturas pluviométricas da região, a área de captação e os valores de demanda do uso da água. O presente trabalho tem como objetivo principal, avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de captação, armazenagem e filtragem de água da chuva na indústria de plástico. Foram realizadas visitas *in loco* para a verificação das redes de calhas e drenagem pluvial da empresa. O dimensionamento do reservatório se deu pelo método de balanço hídrico seriado segundo ABNT NBR 15.527 (2007), levando em consideração as precipitações médias mensais e os dados de consumo de água mensal da empresa. Com o auxílio da ABNT NBR 10.844 (1989), se obteve a área de captação total da empresa de 13.556,00 m². Analisando pelo método Payback, o retorno do investimento ocorreu em 28,38 meses. O estudo da relação Benefício/Custo mostra que o projeto é de 3,21 indicando ser viável do ponto de vista financeiro a instalação do sistema. Com base no que foi abordado no presente estudo é possível concluir que o sistema de aproveitamento de água pluvial para esta indústria de embalagens plásticas se tornou viável. Mesmo tendo um alto custo inicial de instalação, o retorno acontecerá em um curto espaço de tempo.

Palavras-Chave: Aproveitamento de água da chuva, Viabilidade técnica e econômica, Embalagens plásticas.

1. INTRODUÇÃO

Com a industrialização, ocorreu o uso desenfreado dos recursos naturais para atender a demanda proveniente do crescimento populacional em áreas urbanas e atender suas necessidades de consumo. Hoje, em tempos de globalização, a

exploração e o esgotamento dos recursos naturais, juntamente com o aquecimento global são temas de grande preocupação para a comunidade científica e a sociedade em geral, principalmente em relação à escassez da água, que causa sofrimento às populações afetadas, limita as atividades econômicas e retarda o progresso (GONÇALVES, 2006).

Com isso, o mau uso da água e o aumento da população vêm agravando cada vez mais esse problema, sendo que uma das alternativas para minimizá-lo seria a implantação de um sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva. Conforme Marinoski (2007), para analisar a viabilidade da implantação do sistema de captação de água da chuva são imprescindíveis os seguintes fatores: bons níveis de precipitação, ter uma área de captação e verificar a demanda do uso da água. O aproveitamento de água para fins não potáveis tem sido bastante difundido e inclusive existem várias normas e recomendações técnicas (ABTN NBR, 1989; ABTN NBR, 1992; ABTN NBR, 1998; ABTN NBR, 2007; TOMAZ, 2011; FONTANELA, BACK, VARGAS, 2012). A viabilidade econômica, no entanto, depende de cada empreendimento, como demonstrado nos estudos de (BRISTOT, 2012; JÚNIOR, 2011; DALTOÉ, 2015; PERIN, 2015).

Neste contexto o trabalho tem como objetivo principal, avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de captação, armazenagem e filtragem de água da chuva na indústria de plástico. Dessa forma tem que se levar alguns itens em consideração: a) Caracterizar o regime pluviométrico e os valores de chuva para o dimensionamento do sistema de captação; b) Dimensionar um sistema de captação, armazenamento e distribuição de água da chuva; c) Realizar a análise de viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na indústria e processamento do produto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado com base em dados de uma empresa de embalagens plásticas localizado em Orleans – SC. A área de estudo foi de 13.556,00 m².

No início do trabalho, foram realizadas visitas *in loco* para a verificação das redes de calhas e drenagem pluvial da empresa. Foi possível perceber que grande parte dos condutores não eram direcionados a drenagem pluvial da mesma, onde todas as chuvas provenientes da captação com os telhados eram acumuladas nos pátios da empresa e escoando para os pontos de drenagem pluvial da cidade, sobrecarregam o sistema diversas vezes.

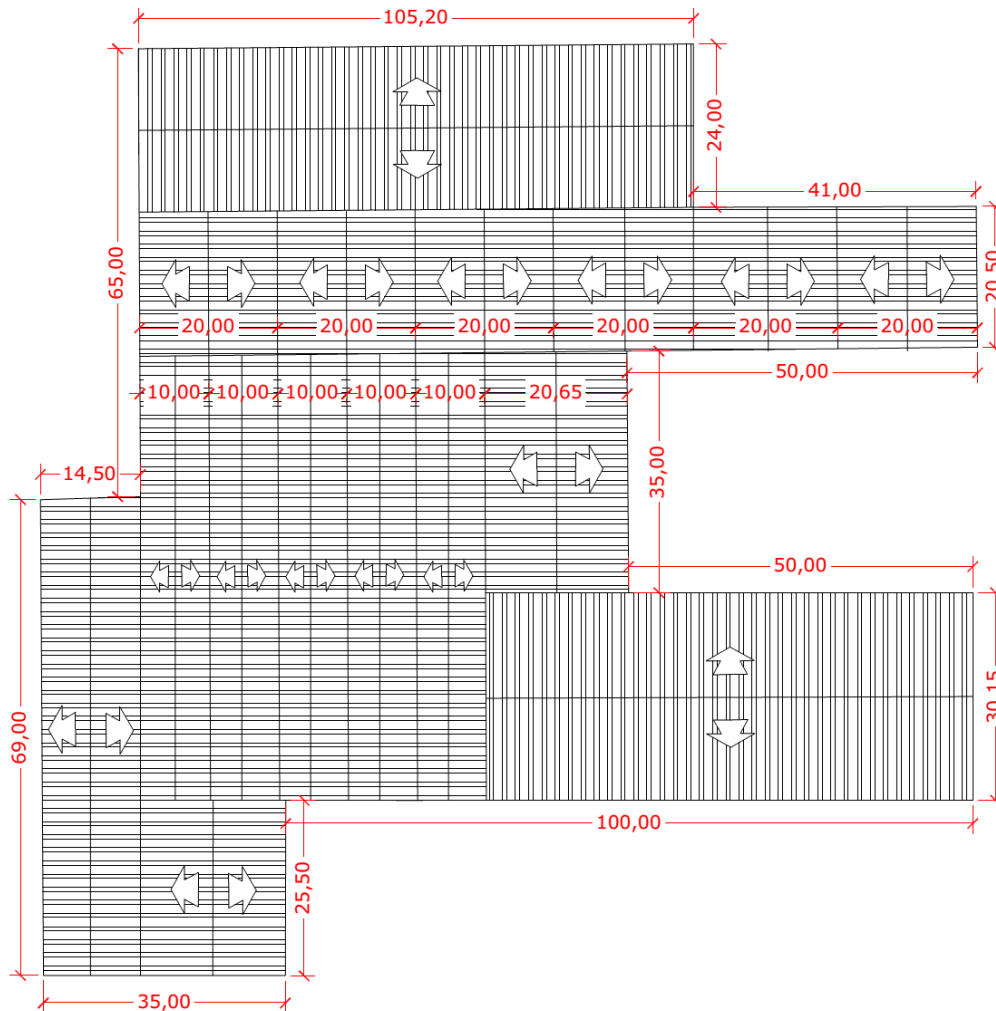
Dessa forma, foram feitas visitas para colher informações, como: tamanho de telhado; a forma que o sistema existente se apresentava para a coleta de água da chuva; as dimensões das redes de captação já instalados; o trajeto para o manejo das águas até os reservatórios e posteriormente a distribuição pela a empresa; e o escoamento da água não utilizada na empresa para a drenagem pluvial.

Com o intuito de utilizar a água da chuva no processo dos produtos, viu-se a necessidade de instalação de um sistema para retirar os materiais pesados da água, pois a empresa utiliza produtos químicos para combater quaisquer problemas com máquinas e tubulações.

Para o estudo de viabilidade técnica, foi utilizada uma média de consumo entre os anos de 2013 á 2015, com isso se obteve o valor médio gasto por mês.

Após a obtenção de todas as dimensões da estrutura da empresa, se obteve a cobertura da mesma, onde se constitui conforme demonstra a Figura 01, com dimensões e caimentos distintos uns dos outros, onde, com o auxílio da ABNT NBR 10.844 (1989) que apresenta indicações de uma série de coberturas distintas, obteve-se a área de captação.

Figura 01: Planta de cobertura da empresa, medidas em metros.



Fonte: Autor, 2016.

A intensidade de precipitação foi determinada conforme Back (2013), que pode ser demonstrada pela Equação 1:

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad (1)$$

Onde:

i = Intensidade de precipitação (mm/h);

T = Período de retorno (anos);

t = Duração da chuva (min.);

K, m, b, n = Parâmetros da equação.

Para a determinação das calhas e condutores, foi utilizado o período de retorno de 25 anos e duração de cinco minutos, levando em consideração a ABNT NBR 10.844 (1989).

Após a obtenção dos dados das chuvas foi calculado a vazão da calha conforme Equação 2, de acordo com ABNT NBR 10.844 (1989).

$$Q = \frac{AI}{60} \quad (2)$$

Onde:

Q= Vazão de projeto, em L/min;

I= Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A= Área de contribuição, em m².

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, foi realizado através da Equação 3 de Manning-Strickler (ABNT NBR 10.844, 1989).

$$Q = K \frac{S}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (3)$$

Onde:

Q= Vazão de projeto, em L/min;

S= Área de seção molhada, em m²;

n= Coeficiente de rugosidade;

R= Raio hidráulico, em m;

P= Perímetro molhado, em m;

i= Declividade da calha, em m/m;

K= 60.000.

Com as vazões encontradas e com os materiais determinados, foi realizado o dimensionamento do filtro lento, pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE. O sistema se constitui num filtro lento composto com areia e cascalhos. Com a instalação do filtro não haverá descarte da primeira chuva, pois

todo o volume recolhido será conduzido ao tanque de decantação antes da entrada no processo de filtragem, assim eliminando as impurezas contidas nos telhados.

O dimensionamento do reservatório se deu pelo método de balanço hídrico seriado segundo ABNT NBR 15.527 (2007) representado pela Equação 4, levando em consideração os requisitos de acordo com Fontanela (2010).

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (4)$$

Onde:

$S_{(t)}$ = Volume de água no reservatório no tempo 't' (L);

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva no tempo 't' (L);

$S_{(t-1)}$ = Volume de água no reservatório no tempo 't-1' (L);

$D_{(t)}$ = Demanda ou consumo de chuva no tempo 't' (L).

Após constatar que a empresa está localizada em um relevo de cotas distintas, toda a captação de água ocorrerá por gravidade, sendo direcionada para uma cota inferior, onde acontecerá o processo de filtragem da água e de armazenagem. Para a distribuição da água pela empresa, foi dimensionada uma bomba hidráulica que a levará da cota negativa até a cota positiva, onde terá uma caixa d'água de distribuição.

Para o estudo de viabilidade econômica, foram utilizados os dados de consumo de água entre os anos de 2013 a 2015, o custo de implantação do sistema, e o custo de manutenção. Serão utilizados os métodos Payback e a relação benefício/custo conforme Thomaz (2011) para realizar a avaliação econômica. Os valores anuais obtidos foram realizados conforme Equação 5, de fator de amortização.

$$FAA = \frac{TA(1+TA)^N}{(1+TA)^N - 1} \quad (5)$$

Onde:

FAA = Fator de amortização anual;

TA= Taxa anual, considerado 6,17%;

N= Vida útil, considerado 20 anos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o auxílio da ABNT NBR 10.844 (1989), foi possível quantificar a área de captação total da empresa, sendo 13.556,00 m². Conforme Equação 1 foi obtida à intensidade de precipitação de $i = 191,99$ mm/h, obtendo-se os dimensionamentos das calhas e condutores horizontais e verticais do sistema.

Com as dimensões corretas, verificou que em alguns pontos o sistema já instalado na empresa se apresentava de forma subdimensionada, assim foram realizadas a substituição das calhas nos pontos necessários, obedecendo os requisitos descritos na ABNT NBR 10.844 (1989).

Para o dimensionamento do filtro lento e reservatório, foi utilizado a Tabela 01 das precipitações médias mensais, para Orleans, dos anos de 1980 à 2015, e os dados de consumo de água mensal da empresa entre os anos 2013 à 2015.

Tabela 01: Dados para o dimensionamento do filtro lento e reservatório.

Mês	Chuva média (mm) de 1980 á 2015	Consumo (m ³) entre os anos 2013 á 2015.
Janeiro	150,9	621
Fevereiro	211,6	749
Março	226,2	673
Abril	145,8	624
Maió	91,7	683
Junho	99,9	515
Julho	85,4	490
Agosto	109,7	511
Setembro	89,9	571
Outubro	132,2	610
Novembro	130,3	646
Dezembro	126,5	543

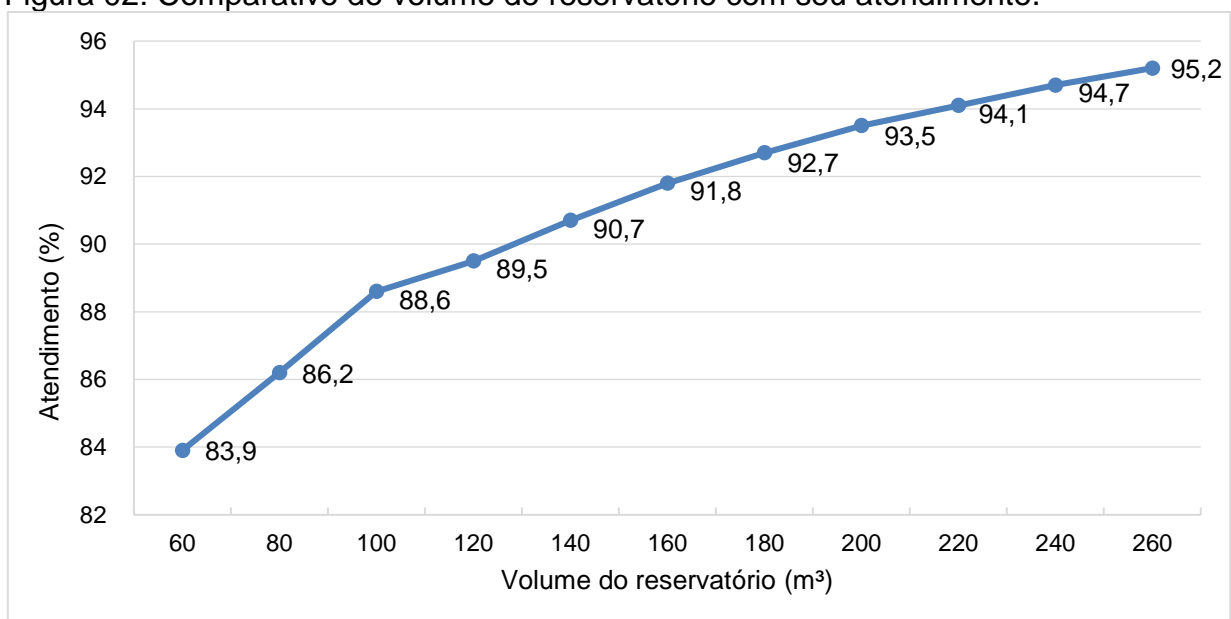
Fonte: Autor, 2016.

O sistema foi dimensionado para atender um consumo médio de 603 m³ de água. Nesse valor está composto o gasto de água com banheiros, lavagens de jardins, calçadas e gastos nos processos de fabricação dos produtos. Os únicos sistemas que não utilizarão a água proveniente da chuva serão: o setor dos refeitórios e os bebedouros de água. A empresa tem dois hidrômetros, um direcionado a empresa e outro aos setores de alimentação e consumo de água potável para o ser humano, dessa forma foi possível estimar o gasto correto dentro da empresa.

A Tabela 01 demonstra os valores de precipitação média mensal do município de Orleans, onde a variação das chuvas é de 85,4 mm em julho a 226,2 mm em março, com média anual de 134,17 mm, com esses dados foram realizados os cálculos do reservatório conforme Equação 4. A simulação foi realizada variando o volume do reservatório e analisando o percentual de atendimento.

A implantação de um reservatório é um dos custos mais altos desse sistema. Conforme mostra a Figura 02 foi adotado um volume de armazenagem de 100 m³ que atende a 88,6% dos dias de um mês. A instalação de um reservatório de maior porte tornaria o custo mais elevado e a proporção de atendimento não seria proporcional ao custo.

Figura 02: Comparativo do volume de reservatório com seu atendimento.



Fonte: Autor, 2016.

Após o dimensionamento do reservatório, foi repassado o volume adotado ao SAMAE para o dimensionamento do filtro lento, que segundo a Funasa (2006, p.88), “o processo consiste em fazer a água passar através de um meio granular com a finalidade de remover impurezas físicas, químicas e biológicas.”

Em conformidade com a Fundação Nacional da Saúde – FUNASA se obteve as dimensões necessárias para atender a demanda requerida.

3.1 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

A Tabela 02 apresenta a composição de preço para a instalação do sistema, onde estará demonstrando o custo com reservatório de fibra de vidro.

Foi realizado um estudo para a utilização do reservatório de concreto armado, onde o custo de implantação dos mesmos é, até certo ponto, parecido. Porém, o reservatório de concreto e a mão de obra para a confecção o torna mais caro no custo inicial, do que em relação ao de fibra de vidro, e a manutenção com impermeabilizações nos reservatórios de concreto ter que ocorrer de tempos em tempos enquanto no de fibra de vidro, esse custo não acontece.

Segundo Leal (2003, p.1) o reservatório de fibra de vidro no seu interior “conta com camada protetora de raios ultravioleta, evitando a incidência de luz e o conseqüente desenvolvimento de algas.”

Tabela 02: Custo de instalação do sistema.

Item	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)	% Em relação ao custo
Tubos e conexões	-	-	17.243,06	20,22
Reservatório – 25 m ³	4	7.750,00	31.000,00	36,36
Filtro lento	-	-	22.296,77	26,15
Bomba – 1 cv	1	1.300,00	1.300,00	1,52
Reservatórios de distribuição	-	-	6.020,61	7,06
Mão de obra - encanador	2	3.704,40	7.408,80	8,69

Fonte: Autor, 2016.

Para calcular o custo de tubos e conexões, foram levados em consideração: os materiais para a implantação do sistema nos locais onde se encontrava subdimensionado, todos os condutores horizontais de coleta de água da chuva para direcionar aos reservatórios de armazenagem e todas as tubulações de distribuição.

Foram instalados quatro reservatórios de fibra de vidro com dimensão de 25.000,00 litros cada para armazenagem de toda a água coletada e filtrada.

No filtro lento estará instalado um sistema de decantação para a retirada de impurezas mais grossas como areia e folhas, provenientes dos telhados e posteriormente o filtro para a remoção das impurezas.

A bomba foi dimensionada para levar a água armazenada até o reservatório de distribuição, com tempo para que o deixe cheio em cinco horas de serviço.

Os reservatórios de distribuição vão ser utilizados dentro da empresa, contando com um externo em cota mais elevado em relação a todos, para que o processo ocorra todo por gravidade. Cada banheiro usará uma caixa d'água, totalizando quatro caixas, e haverá uma para a utilização nas máquinas.

Para se obter os custos, com mão de obra, levou em consideração os serviços com encanadores, onde se estimou a utilização de dois encanadores em um prazo de 20 dias, com uma carga média diária de 9 horas de trabalho, para a realização de todo o serviço de instalação. Com auxílio das composições de valores do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (2016), tendo como referência o mês de setembro, onde o valor já consta com os insumos trabalhistas de direito para cada trabalhador, se obteve o valor de R\$ 20,58/h de trabalho para cada encanador.

Com todos os serviços gerados, se estimou um valor final para a instalação do sistema em R\$ 85.269,24.

3.2 ANÁLISE DA VIABILIDADE DO SISTEMA

Com as informações obtidas no site do SAMAE de Orleans/SC, a tarifa referente ao consumo de água em imóveis destinados ao exercício de atividades

industriais com consumos acima de 41 m³ é de R\$ 179,79 fixos e mais R\$ 5,79 por m³ excedente. A Tabela 03 mostra a composição dos valores obtidos para a implantação do sistema de coleta de água da chuva.

Tabela 03: Análise de viabilidade econômica do sistema.

Descrição	Valores
Investimento (R\$)	85.269,24
Análise de água (R\$)	400,00
Energia Elétrica (R\$)	750,00
Manutenção (R\$)	500,00
Produtos de limpeza e desinfecção (R\$)	3.500,00
Total de Custeio anual (R\$)	5.150,00
Volume de água captado ano (m ³)	21.826,51
Economia de água anual (R\$)	41.205,24
Benefício líquido anual R\$	36.055,24
Fator de amortização	0,09
Amortização anual (R\$)	7.674,23
Custo anual (R\$)	12.824,23
Método Payback (meses)	28,38
Relação Benefício/Custo	3,21

Fonte: Autor, 2016.

Observando os dados obtidos pela Tabela 03, utilizando o método Payback, o retorno do investimento ocorre em 28,38 meses. A análise da relação Benefício/Custo mostra que para o projeto com 13.556,00 m² de área de captação essa relação é de 3,21, onde segundo Tomaz (2009, p.11), “a relação benefício/custo deve ser maior ou igual a 1”, mostrando que a instalação do sistema é viável pelo ponto de vista financeiro.

Além da questão financeira o sistema se constitui também com alguns benefícios que são de difícil valorização, como as vantagens ao meio ambiente, pois reaproveita a água da chuva em vez de utilizar o precioso recurso hídrico potável, ações de marketing que poderiam ser obtidas com a implantação de boas práticas

na empresa visando a redução dos desperdícios, e a diminuição do escoamento do alto volume de água nas redes pluviais durante as chuvas fortes.

De acordo com Senra (2004, p.7), “o cuidado com a água é uma das mais nobres ações que podemos realizar em prol das gerações futuras e pela melhoria das condições de vida no presente.” A água é um bem finito e muito importante, a instalação de sistemas alternativos para a utilização da água em fins não tão nobres, como o que se descreve nesse trabalho, representa grandes benefícios não apenas para a própria empresa, mas para toda a sociedade, incentivando a utilização desse sistema na região.

3. CONCLUSÃO

Com base no que foi abordado no presente estudo é possível concluir que o sistema de aproveitamento de água pluvial para esta indústria de embalagens plásticas se tornou viável. Mesmo tendo um alto custo inicial de instalação, o retorno acontecerá em um curto espaço de tempo.

Através desse trabalho percebeu-se que a implantação desse sistema de aproveitamento de água em indústrias de grande porte, além de contribuir com o meio ambiente e preservar a água potável, pode servir como modelo para a implantação em outras áreas, conscientizando para a busca de alternativas sustentáveis para a utilização dos recursos renováveis.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992. 15 p.

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15527: Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. 8 p.

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES).** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. 150 p.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina:** (com programa HydroChuSC para cálculos). Florianópolis: EPAGRI, 2013. 196p.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004:** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2004. 28 p.

BRISTOT, Renato Isoppo. **Estudo de viabilidade técnica e econômica da captação da água proveniente de chuvas na avicultura.** 2012. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

DALTOË, Lucas da Silva. **Estudo da viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em um supermercado.** 2015. 12p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

FONTANELA, Leonardo. BACK, Álvaro José. VARGAS, Alexandre. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial.** Hydro, nº 65, p.50 – 58, 2012.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento.** 4ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 407 p.

GONÇALVES, Ricardo Franci. PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Uso racional da água em edificações.** Vitória: ABES, 2006. 332 p.

JÚNIOR, Edson Alano de Souza. **Viabilidade técnica e econômica da captação da água da chuva para utilização na fabricação de concreto usinado.** 2011. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

LEAL, Ubiratan. Poucas diferenças nas caixas d'água industrializadas. **Téchne, a revista do engenheiro civil.** São Paulo, SP, ed.74, maio 2003. Disponível em:

<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/74/artigo286240-1.aspx>>. Acesso em: 4 Nov. 2016.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino; estudo de caso em Florianópolis – SC.** Florianópolis, Julho de 2007.

SENRA, João Bosco. **Plano Nacional de Recursos hídricos** Documento de Introdução. Disponível em: < ftp://ftp.mct.gov.br/Biblioteca/26666-Plano_Nacional_Recursos_Hidricos.pdf>. Acesso em: 4 Nov. 2016.

SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Relatório de Insumos e Composições.** Disponível em:< http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-sc/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_SC_092016_NaoDesonerado.zip>. Acesso em: 4 Nov. 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** Disponível em:< http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf>. Acesso em: 4 Nov. 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** 4. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 208 p.