

**ESCOLA SUPERIOR DE CRICIÚMA – ESUCRI  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**PEDRO HENRIQUE GOMES PEREIRA**

**COMPARATIVO DE ARMAZENAMENTO ENTRE CISTERNA DE  
AREIA E CISTERNA CONVENCIONAL**

**Criciúma (SC), Junho/2016**

**PEDRO HENRIQUE GOMES PEREIRA**

**COMPARATIVO DE ARMAZENAMENTO ENTRE CISTERNA DE  
AREIA E CISTERNA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Escola Superior de Criciúma, ESUCRI.

Orientador: Profº Bruno De Pellegrin Coan

**Criciúma (SC), Junho/2016**

**PEDRO HENRIQUE GOMES PEREIRA**

**COMPARATIVO DE ARMAZENAMENTO ENTRE CISTERNA DE  
AREIA E CISTERNA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação da Escola Superior de Criciúma, ESUCRI.

Criciúma, 15 de Junho de 2016.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Me. Bruno de Pellegrin Coan – Orientador

---

Prof. Esp. Guilherme Meller

---

Prof. Esp. Antônio Formigoni De Luca

***“Nesta terra, em se plantando tudo dá.”***

Pero Vaz de Caminha, 1º de maio de 1500, em carta enviada ao rei de Portugal, Dom Manuel, o Venturoso.

## **AGRADECIMENTOS**

Muitas pessoas merecem o meu agradecimento pelo fato de terem me ajudado direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Agradeço imensamente a toda dedicação dos meus pais, esses indiscutivelmente mereceriam não apenas um parágrafo, mas um trabalho inteiro devido ao tamanho da sua importância nesse trabalho e na minha vida.

Também agradeço encarecidamente a toda a equipe do TSGA: Sung, Victor, Carol, Prof. Maurício, Valéria, Edilene, Sr. Maneca, que nunca hesitaram em me ajudar e se não fosse por eles, esse trabalho não seria feito.

Agradeço a todos os professores da ESUCRI, em especial ao Bruno Coan, meu orientador, que tem grande parcela na realização do trabalho. Muito obrigado.

O professor Adailton dos Santos também merece ser citado por aceitar orientar um aluno de outro orientador (para um assunto específico da sua área) e corresponder além das expectativas por tudo que foi lhe perguntado.

Agradeço também a todos os meus amigos, que me ajudaram emprestando livros, conhecimentos e palavras de incentivo que fazem toda a diferença em certas horas.

Agradeço ao meu chefe e amigo Frederico Leite Pereira, que nunca me negou um pedido de folga de um dia de trabalho para realizar alguma coisa relacionada ao trabalho, muito pelo contrário, até me incentivava.

A todos os meus colegas da faculdade, em especial a Ricardo e Érica, que tornaram cada dia de aula mais divertido e melhor de ser levado.

Por último mas não menos importante, agradeço à Deus, por me dar saúde, sabedoria e possibilitar que eu conhecesse todas essas pessoas, que jamais esquecerei.

Muito obrigado!

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	9
LISTA DE EQUAÇÕES .....	10
ABREVIATURAS.....	11
RESUMO.....	12
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos .....	15
<b>2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 RECURSOS NATURAIS .....	16
2.2 A ÁGUA NO PLANETA.....	16
2.3 A ÁGUA NO BRASIL .....	17
2.4 ESCASSEZ DA ÁGUA.....	18
2.4.1 Poluição.....	18
2.4.2 Crescimento da população .....	19
2.5 LEI Nº 9.433/1997 - LEI DAS ÁGUAS .....	20
2.6 USOS DA ÁGUA.....	21
2.6.1 Abastecimento humano .....	21
2.6.2 Abastecimento industrial.....	22
2.6.3 Agricultura.....	23
2.6.4 Geração de energia elétrica.....	23
2.7 QUALIDADE DA ÁGUA .....	23
2.8 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL .....	25
2.9 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL .....	26
2.10 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.....	27
2.10.1 Área de captação .....	28
2.10.2 Dispositivo de descarte da primeira água.....	29
2.10.3 Condutores.....	29
2.10.4 Separadores de materiais grosseiros .....	31
2.10.5 Reservatório.....	32

2.11 CISTERNA CONVENCIONAL .....	32
2.11.1O que é?.....	32
2.11.2Como funciona? .....	32
2.11.3Unidade Demonstrativa Desenvolvida.....	33
2.12 CISTERNA DE AREIA .....	34
2.12.1O que é?.....	34
2.12.2Como funciona? .....	34
2.12.3Unidade Demonstrativa Desenvolvida.....	35
2.13 PROJETO TSGA .....	36
2.14 DETERMINAÇÃO DA CARGA DOS SOLOS .....	37
2.15 TENSÕES NO SOLO .....	37
2.16 PESO ESPECÍFICO .....	38
2.16.1Peso específico aparente ou natural .....	39
2.16.2Peso específico saturado .....	39
2.17 PARAMETROS GEOTECNICOS DO SOLO .....	39
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
3.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS EXTRAÍDAS .....	41
3.2 CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DAS CISTERNAS.....	44
3.3 ESTIMATIVA DA CARGA: DA CISTERNA DE AREIA .....	44
3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS .....	44
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
4.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	45
4.2 CUSTOS.....	47
4.3 ESTIMATIVA DE CARGA: DA CISTERNA DE AREIA .....	48
4.4 VANTAGENS.....	49
4.4.1 Utilização do espaço superficial.....	49
4.4.2 Vida útil elevada.....	50
4.4.3 Maior resistência à ações climáticas.....	50
4.4.4 Manutenção reduzida .....	50
4.4.5 Simples execução.....	50
4.4.6 Baixa evaporação .....	51
4.4.7 Baixa proliferação de doenças.....	52
4.4.8 Filtração natural .....	52
4.4.9 Utilização em situações de emergência.....	52

4.5	DESVANTAGENS .....	53
4.5.1	Volume necessário .....	53
4.5.2	Colmatação da areia.....	53
4.5.3	Cuidado com raízes .....	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>56</b>
6.1	VIABILIDADE TÉCNICO ECONOMICA.....	56
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>ANEXO A - ANEXOS DA PORTARIA 2.914/2011 - MS .....</b>	<b>60</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas de captação .....	28
Figura 2 - Dispositivo de descarte .....	29
Figura 3 - Ábacos para (D) .....	30
Figura 4 - Separadores simples .....	31
Figura 5 - Esquema da Cisterna Convencional .....	33
Figura 6 - Cisterna Convencional .....	34
Figura 7 - Esquema da Cisterna de Areia .....	35
Figura 8 - Imagem panorâmica da Cisterna de Areia .....	36
Figura 9 - Logo TSGA .....	36
Figura 10 - Tensão geostática .....	37
Figura 11 - Solo com água .....	38
Figura 12 - Localização Cisterna Convencional .....	41
Figura 13 - Localização Cisterna de Areia .....	42
Figura 14 - Itens para a coleta .....	43
Figura 15 - Tensão da cisterna de areia .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da água no Brasil.....	18
Tabela 2 - População, densidade demográfica e crescimento anual .....	20
Tabela 3 - Distribuição do consumo residencial em São Paulo .....	22
Tabela 4 - Qualidade das águas pluviais .....	26
Tabela 5 - Vazão em l/min dos condutores horizontais circulares.....	31
Tabela 6 - Parâmetros médios do solo.....	40
Tabela 7 - Resultado das análises .....	46
Tabela 8 - Custos cisterna convencional.....	47
Tabela 9 - Custos cisterna de areia.....	48

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Volume aproveitável de água pluvial.....	32
Equação 2 - Tensões no solo.....	38
Equação 3 - Tensões no solo com água.....	38
Equação 4 - Peso específico.....	38
Equação 5 - Tensão da cisterna de areia no solo.....	49

## **ABREVIATURAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADM – Admissível

ANA – Agência Nacional de Água

CRF-SC – Conselho Regional de Farmácia de Santa Catarina

EEB - Escola de Educação Básica

ESUCRI – Escola Superior de Criciúma

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS - Ministério da Saúde

ML - Mililitro

NBR – Norma Brasileira

ONG – Organização Não - Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

OMS – Organização Mundial da Saúde

PPM - Partes Por Milhão

RAECA - Reservatório de Água Enterrado Cheio de Areia

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TSGA – Tecnologias Sociais para Gestão de Água

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UFC - Unidades Formadores de Colônia

UH - Unidades Hazen

## RESUMO

Com o atual quadro pessimista sobre a disponibilidade do recurso natural mais útil do planeta - a água -, novas tecnologias para o uso racional desse bem veem sendo desenvolvidas. O presente trabalho compara dois tipos de tecnologias que visam essa racionalização, são sistemas de armazenamento e reaproveitamento de água da chuva: a cisterna convencional e a cisterna de areia. Além de diminuir o desperdício de água, esses sistemas também geram economia visto que o consumo de água das concessionárias diminui. Para as comparações foi coletada uma amostra de água de cada tipo de cisterna e após, realizado análises laboratoriais sobre a qualidade da água. Seus resultados foram comparados com o padrão de potabilidade da Portaria 2.941/2011 do Ministério da Saúde. Sabe-se que um fator condicionante para qualquer investimento, é o custo. Logo, o trabalho também descreve os custos realizados para a implantação das duas cisternas objetos de estudo do trabalho. Além disso, foram abordadas também várias vantagens e desvantagens dos dois tipos de sistemas de armazenamento e reaproveitamento de água da chuva, considerando as suas características e utilidades. Através da mecânica dos solos, também se pôde calcular a tensão que o solo do terreno deve suportar para que seja implantada a cisterna de areia. Verificou-se no final do estudo que a cisterna de areia tem uma água de melhor qualidade (apesar de não ser potável e hábil para o consumo humano), pode ser útil em várias situações devido as suas características únicas, além de diminuir custos e o desperdício de água.

**Palavras-chave:** cisterna de areia, cisterna convencional, reaproveitamento, água da chuva.

## 1 INTRODUÇÃO

Para a sobrevivência e também evolução da humanidade é de fundamental importância a utilização dos recursos naturais existentes no planeta em que habitamos. Essa utilização de recursos está diretamente associada à tecnologia e a economia, uma vez que se fazem necessários processos tecnológicos para a extração e conseqüente comercialização destes recursos.

O problema é que a extração de forma desordenada dos recursos naturais causa a sua escassez e gera impactos maléficos ao meio ambiente. O consumo ou a demanda desses recursos aumentou drasticamente junto com o crescimento da população. Segundo a BRAGA *et al* (2013) *apud* U.S Census Bureau (2004), a população mundial cresceu de 2,5 bilhões em 1950 para 6,2 bilhões no ano de 2002 e atualmente, a taxa de crescimento se aproxima de 1,13% ao ano. Nota-se então que o período de maior crescimento populacional, também foi o período de maior desenvolvimento industrial, fator esse que contribui para um grande consumo de recursos naturais.

Além do alto consumo dos recursos da natureza, também ocorre em grande escala a poluição dos mesmos. Diminui a qualidade daquele recurso poluído e também a dos outros recursos naturais presentes naquele ecossistema. Portanto, afeta significativamente a quantidade e qualidade de recursos disponíveis e utilizáveis para consumo humano.

Sabe-se que um dos recursos naturais mais importantes – se não o mais importante – é a água. Encontrada em abundância no planeta, nem toda a água pode ser aproveitada diretamente pelo homem. Cada tipo de água seja ela dos rios, dos oceanos, subterrâneas e outras, possuem suas características e suas utilidades.

A água é um dos bens que regem a qualidade de vida humana. Hoje em dia, muitas comunidades no mundo não têm acesso à água. Isso ocorre por vários fatores: regiões que recebem poucas precipitações, fontes de água contaminadas, também o consumo desacerbado, entre outros. Mas o principal fator apontado por alguns autores é a má distribuição do bem. Enquanto países desenvolvidos possuem poder aquisitivo para comprar água, outros em desenvolvimento ou não desenvolvidos vivem à deriva e não encontram solução viável economicamente para resolver este problema de abastecimento.

Com a visão de abundância que havia em relação à quantidade de água no planeta, ela foi utilizada sem nenhuma cautela na execução de várias atividades industriais, agrícolas, bem como propriamente dito o consumo humano. Atualmente, as previsões para a disponibilidade da água utilizável nos próximos anos é bastante pessimista.

Diante disso, surgem alternativas para a preservação e utilização de forma mais adequada deste recurso natural de grande valia. O reaproveitamento de água das chuvas é uma dessas alternativas mais conhecidas, armazenando a água da chuva e a utilizando posteriormente para outros fins sejam eles para abastecimento, irrigação e lavagem, diminui-se o consumo de água potável e também a conta a ser paga para as concessionárias de água.

Esse armazenamento pode ser realizado através de cisternas. A funcionalidade do método convencional dessas cisternas se dá primeiramente pela captação de água da chuva que cai sobre coberturas de edificações e posterior condução dessa água por condutores verticais ou horizontais (calhas) que levam a água da chuva para cisternas de armazenamento passando antes por sistemas de filtragem de impurezas. Da cisterna de armazenamento, a água é puxada por bombas até outro reservatório (elevado) e a partir deste, a água toma o seu caminho “final”.

O armazenamento de água pluvial em uma cisterna enterrada, ou cisterna de areia, é o que esta obra irá tratar. Desde o seu método de funcionamento, suas vantagens e desvantagens e sua viabilidade econômica.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Sabemos que a disponibilidade de água potável vem diminuindo a cada ano devido ao consumo irracional por parte da população, devido à poluição das fontes de água e também a má distribuição que é feita da mesma.

Sendo assim, a utilização de água pluvial para fins não potáveis é uma boa alternativa de tecnologia que visa diminuir o consumo de águas vindas de outras fontes naturais como rios, lagos, etc.

Para isso, criam-se sistemas de captação e utilização de águas pluviais, e o armazenamento em reservatórios é um deles.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Apresentar um método sustentável não convencional de captação e utilização de águas pluviais, chamado de reservatório de areia ou reservatório enterrado.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Comparar a qualidade da água extraída de uma cisterna de areia com a de uma cisterna convencional;
- Apurar os gastos feitos para a implantação das unidades demonstrativas desenvolvidas;
- Calcular a carga (tensão) que a área da cisterna de areia gera no solo;
- Apresentar vantagens e desvantagens da sua utilização em relação ao sistema convencional de cisternas.



## 2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

### 2.1 RECURSOS NATURAIS

Para BRAGA *et al.* (2005), recurso natural é algo útil de que os organismos, as populações e os ecossistemas necessitam para sua manutenção e podem ser classificados em dois grandes grupos:

Os renováveis e os não-renováveis. Os recursos renováveis são aqueles que, depois de serem utilizados, ficam disponíveis novamente graças aos ciclos naturais [...] Como o próprio nome diz, um recurso não-renovável é aquele que, uma vez utilizado, não pode ser reaproveitado.

Porém, cabe ressaltar que os recursos naturais foram e veem sendo extraídos e também utilizados de maneira irresponsável pelo homem. E como fruto dessa utilização descontrolada dos recursos, surge a poluição.

A poluição é uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera que cause ou possa prejudicar a saúde dos seres vivos ou ainda deteriorar materiais. (BRAGA, *et al.* 2005)

Diante disso, hoje em dia há uma enorme preocupação quanto a preservação dos tais recursos.

A crise socioambiental que passamos atualmente é resultado da desconexão do homem com a natureza e consigo próprio e tornou evidente a sua fragilidade e sua interdependência por ar, água, solo, as relações humanas e comunitárias. (SAMEK; TEIXEIRA, 2011 *apud* FRIEDRICH, 2011).

### 2.2 A ÁGUA NO PLANETA

Entre os mais importantes e abundantes recursos naturais tem-se a água. Ocupando aproximadamente 70% da superfície do planeta, assim como no corpo humano, sem ela não se sobrevive mais de três dias. (SAMEK; TEIXEIRA, 2011).

A água é fundamental para a saúde, desenvolvimento industrial e também para fins domésticos. Porém, a mesma está distribuída de maneira desuniforme no planeta. A Ásia possui 31,6% da água no mundo e vazões de 458.000 km<sup>3</sup>/ano. Os menos privilegiados são Oceania, Austrália e Tasmânia (TOMAZ, 1998).

Além disso, nem toda a água pode ser utilizada para os mesmos fins. Por exemplo, para o abastecimento humano necessita-se que a água seja potável, e do volume total de água no planeta, estimasse que somente 2,5% seja potável, 0,3% deste total se encontra em lagos, rios e reservatórios, e o restante distribuído na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor. Deste modo, somente 0,01% de toda a água doce do planeta está disponível em locais acessíveis para o consumo humano. (SAMEK; TEIXEIRA, 2011).

Atualmente, a extração de águas muito profundas ou de geleiras ainda é inviável do ponto de vista econômico, devido à alta tecnologia empregada para a extração, as longas distâncias para os centros consumidores, etc. (BRAGA *et al.* 2005).

### 2.3 A ÁGUA NO BRASIL

Por causa de sua posição no globo, características topográficas, vegetais e geológicas o Brasil é privilegiado e conta com cerca de 12% da água doce do mundo (MARTINEZ; VIDAL, 2013).

Porém essa água doce está desproporcionalmente distribuída pelo Brasil. Conforme análise da ANA (2006), a relação entre demanda e disponibilidade de água nas 12 regiões hidrográficas brasileiras mostra que o país é rico em recursos hídricos, mas com uma grande diferença espacial e de vazões geradas.

As bacias no Brasil que contem mais água estão localizadas na região Norte e Centro-Oeste, onde o consumo é menor, pois a densidade populacional dessas regiões também é pequena. Já na região sudeste, onde o consumo é maior, conta-se com apenas 6% da água total no país (GHISI, 2006).

A tabela 1 mostra esses dados.

**Tabela 1 - Distribuição da água no Brasil**

Região	Área territorial (%)	Disponibilidade de Água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	42
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	16	7

Fonte: GHISI, 2006.

## 2.4 ESCASSEZ DA ÁGUA

MARTINEZ; VIDAL (2013) apontam que estudos de organizações internacionais como a ONU, calculam que cerca de 11% da população mundial, a maioria vivendo em países em desenvolvimento, enfrentam problemas de acesso a água potável em quantidade suficiente para garantir saúde, desenvolvimento social e econômico.

Ainda de acordo com os mesmos autores, entre os fatores causadores para esse problema de acesso a água potável temos a já citada distribuição desigual de água pelo mundo, bem como a poluição, o consumo excessivo que aumentou junto com o crescimento da população e a utilização crescente da água na agricultura e na indústria.

### 2.4.1 Poluição

Declaração Universal dos Direitos da Água, 1992:

“O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Esse equilíbrio depende, em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam”

A preservação das fontes de água é muito importante para que a mesma tenha qualidade e seja útil para os seres. Porém, as fontes como rios, mananciais, lagos, entre outras, estão cada vez mais poluídas fazendo com que a disponibilidade e qualidade da água sejam cada vez menores.

Entre 2004 e 2008, a poluição aumentou 280% em rios, lagos e lagoas (GEO BRASIL, 2007).

As poluições da água provem do lançamento de resíduos gerados pela atividade humana no ambiente. O lançamento pode ser direto, que é aquele em que o esgoto sanitário ou efluentes industriais são despejados sem tratamento nos corpos de água e o lançamento indireto se dá pela disposição desses resíduos no solo, onde são posteriormente carregados, lixiviados ou solubilizados pelas chuvas atingindo os corpos de águas superficiais ou subterrâneos.

A qualidade das águas anteriormente era analisada em questões visuais da água, como a sua cor, turbidez e também em questões de sabor e odor. Hoje em dia, com o avanço da química analítica, a qualidade da água é feita com base na relação das doenças com a presença de organismos patogênicos e substâncias químicas. (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Nem sempre uma água com bom aspecto visual é mais pura que uma água que tem um aspecto um pouco pior, isso depende das substâncias dissolvidas e dos organismos patogênicos presentes em ambas (BRAGA *et al.* 2005).

Não existe um padrão de qualidade das águas utilizadas para abastecimento industrial e rural (irrigação), cada uso específico dessas duas atividades exige requisitos particulares (BRAGA *et al.* 2005).

#### **2.4.2 Crescimento da população**

À medida que a população cresce, o consumo de água cresce também. Segundo Coimbra; Rocha e Beekman (1999) “a tendência é a diminuição da disponibilidade média de água renovável por habitante, repercutindo sobre a saúde e padrões de qualidade de vida”.

Segundo BORGHETTI e ROSA FILHO (2004), o consumo global de água dobra a cada 20 anos, mais de duas vezes a taxa de crescimento populacional.

Estima-se que em 2050 mais de 4 bilhões de pessoas estarão vivendo em países com carência crônica de água (CLARKE; KING, 2005).

As altas taxas de crescimento populacional somente ocorrem nos países em desenvolvimento. Que são os mesmos países com os maiores problemas de distribuição e de saneamento da água. Em 1950, os países em desenvolvimento tinham 68,5% da população mundial, em 2002 tinham 80,7% e em 2050, estimam-se 86,3%. (BRAGA *et al.* 2013 *apud* U.S. Census Boreal, 2004).

Na tabela 2 observa-se a densidade demográfica dos países mais populosos e a taxa de crescimento anual de cada um.

**Tabela 2 - População, densidade demográfica e crescimento anual**

País	População (milhões) (2002)	Densidade demográfica (2002) (hab./km <sup>2</sup> )	Taxa de crescimento populacional (%)
China	1.309.380	136	0,6
Índia	1.034.173	315	1,5
Estados Unidos	287.676	30	0,6
Indonésia	231.326	121	1,6
Brasil	179.914	21	1,2
Paquistão	147.663	184	2,1
Rússia	144.979	9	-0,4
Bangladesh	135.657	942	2,1
Nigéria	130.500	141	2,6
Japão	127.066	336	0,1

Fonte: U.S Census Boreau, 2004.

## 2.5 LEI Nº 9.433/1997 - LEI DAS ÁGUAS

A Lei Nº 9.433 de 8 de Janeiro de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e baseia-se no princípio de que a colaboração é fundamental para o delineamento de um futuro mais adequado em termos de disponibilidade hídrica.

Para promover tal colaboração ela cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, um sistema de gestão dotado das seguintes características: descentralização, participação, integração, coordenação e financiamento compartilhado.

## 2.6 USOS DA ÁGUA

Não só para funções metabólicas, a água tem vários outros fins, como abastecimento industrial, irrigação, geração de energia, navegação, etc. E cada um desses possuem necessidades especiais em relação a qualidade da água.

A maior parte da água do mundo é consumida na agricultura, que demanda 69%, os fins industriais consomem 21% e os domésticos 10%. (CLARKE; KING, 2005).

### 2.6.1 Abastecimento humano

Engloba-se nesse tipo de uso a água utilizada para ingerir e satisfazer as funções metabólicas, a água para o preparo de alimentos, para higiene pessoal e lavagem de utensílios. No entanto, a água ingerida deve ser potável e estar de acordo com os requisitos da OMS.

Porém, apenas 0,147% da água doce do mundo está apta ao consumo, podendo ser encontrada em lagos, nascentes e lençóis subterrâneos (MACEDO, 2004).

E a água consumida para esses fins, também é exageradamente desperdiçada. A consciência de abundância da humanidade em relação à quantidade de água faz com que cuidados básicos não sejam tomados, gerando assim mais desperdício.

Os desperdícios de água resultantes das atividades domésticas são, na maioria, decorrentes de: vazamentos em tubulações, mau uso dos equipamentos, consumo em maiores quantidades do que as necessárias e quase 30% simplesmente se perdem nas descargas dos vasos sanitários (CLARKE; KING, 2005).

Um dos grandes vilões do consumo de água residencial são os aparelhos de vasos sanitários. Este ponto de consumo, bem como os demais que entram no somatório de 44% de uso de água não potável (nesta pesquisa) não necessitaria de água potável ou tratada oferecida pelas concessionárias e distribuidoras de água municipais ou mesmo por poços, para seu funcionamento.

A tabela 3 apresenta esses dados.

**Tabela 3 - Distribuição do consumo residencial em São Paulo**

Ponto de Consumo	Potável (%)	Não-Potável (%)
Vaso Sanitário	0	29
Chuveiro	27	0
Cozinha	16	0
Máquina de Lavar Roupa	0	9
Lavatório	5	0
Tanque	0	6
Máquina de Lavar Louça	8	0

Fonte: Marinoski *apud* DECA (2007).

### 2.6.2 Abastecimento industrial

Nos processos industriais, a água é usada para lavagem, resfriamento, etc. Cada tipo de atividade industrial exercida necessita de características diferentes da água.

Para indústrias de produtos farmacêuticos, alimentícios e de bebidas a qualidade da água precisa ser elevada. Já as indústrias de tecidos necessitam que a água seja isenta de substâncias que propiciam o aparecimento de manchas no produto final, bem como a água para resfriamento em diversos tipos de indústrias não devem causar incrustações e corrosão nos condutos (BRAGA, *et al.* 2005).

Macêdo (2004) ressalta que a demanda do setor industrial por água, só poderá ser atendida se alguns aspectos forem considerados, como tornar os processos que utilizam água, mais eficientes ou adotar novas tecnologias para que seu consumo seja reduzido.

Cabe ressaltar que a indústria, também é responsável por grande parte da poluição das fontes de água. Isso porque utiliza os mananciais para o descarte de seus efluentes, acarretando na diminuição dos recursos hídricos com boa qualidade. Mota (1995) destaca como as indústrias mais poluidoras dos recursos hídricos no Brasil, as fábricas de papel e celulose, indústria química, açúcar e álcool, aços e metais, têxtil, alimentícia, curtumes, matadouros e petroquímicas.

### 2.6.3 Agricultura

A maior parte da água do mundo é consumida na agricultura, que demanda 69%, os fins industriais consomem 21% e os domésticos 10%. (CLARKE; KING, 2005). Em âmbito nacional as demandas não são muito diferentes. Conforme Macedo (2004), o setor agrícola, é o que mais consome água, com demanda de 70%, seguido do industrial 22% e doméstico 8%.

Assim como na indústria, a qualidade da água empregada nesse setor depende do produto final a ser produzido, com especialidades em relação a substancias toxicas e a níveis de sais presentes na água.

Parte da água utilizada na agricultura escoia para os rios e lagos, e com o uso intensivo de produtos químicos no processo de cultivo, essa água acaba provocando a lixiviação do solo e a contaminação da água (CLARKE; KING, 2005).

Sendo assim, se faz necessário a melhoria do manejo da água na agricultura, procurar evitar perdas de água, evitar a dispersão de resíduos de defensivos agrícolas, de combustíveis, lubrificantes e de embalagens de produtos químicos, sementes e adubos.

### 2.6.4 Geração de energia elétrica

Por meio da geração de vapor de água nas usinas termoelétricas ou pelo aproveitamento de energia potencial ou cinética da água nas usinas hidrelétricas, a água é utilizada para fins energéticos. Os requisitos de qualidade são baixos para os dois casos, só são controladas as substancias que podem afetar a durabilidade dos equipamentos utilizados. (BRAGA, *et al.* 2005).

Porém, o aquecimento da água e a construção de barragens causam impactos ambientais grandes naquele ecossistema.

## 2.7 QUALIDADE DA ÁGUA

A Portaria nº 2.914 (2011), publicada no Diário Oficial da União, do Ministério de Estado da Saúde, indica os parâmetros do padrão de potabilidade da água bem como cita algumas definições, que estão apresentadas a seguir.



PORTARIA Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011:

## CAPÍTULO II (DAS DEFINIÇÕES)

Art. 5º. Para os fins desta Portaria, são adotadas as seguintes definições:

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;

## CAPÍTULO IV (DO PADRÃO DE POTABILIDADE)

Art. 27. A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto no Anexo I e demais disposições desta Portaria

Art. 30. Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo II e devem ser observadas as demais exigências contidas nesta Portaria.

Art. 32. No controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro devem ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato expressos nos Anexos IV, V e VI a esta Portaria.

Art. 37. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e cianotoxinas, expressos nos Anexos VII e VIII e demais disposições desta Portaria.

Art. 38. Os níveis de triagem que conferem potabilidade da água do ponto de vista radiológico são valores de concentração de atividade que não excedem 0,5 Bq/L para atividade alfa total e 1Bq/L para beta total.

Parágrafo único. Caso os níveis de triagem citados neste artigo sejam superados, deve ser realizada análise específica para os radionuclídeos presentes e o resultado deve ser comparado com os níveis de referência do Anexo IX desta Portaria.

Art. 39. A água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso no Anexo X a esta Portaria.

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/L.

Art. 50. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios deverão adotar as medidas necessárias ao fiel cumprimento desta Portaria.

Para o consumo humano, a água deve atender aos requisitos apresentados nos anexos I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX e X, XI, XII, XIII, XIV e XV (Art. 5º, II, Portaria 2.914/2011).

Os referidos anexos, estão agrupados no **ANEXO A** do presente trabalho.

## 2.8 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

Segundo May (2004) a qualidade das águas pluviais pode ser maior que a das águas superficiais e subterrâneas uma vez que ela não entra em contato com solos ou rochas que poderiam contaminá-la devido a absorção de seus componentes, ou então o contato com lençóis freáticos, que podem muito bem estarem contaminados devido à poluentes resultantes da disposição de esgotos e habitualmente lançados no solo e fontes superficiais de água.

A estação de ano, a presença de vegetação, as condições meteorológicas, os agentes poluidores, a localização geográfica são alguns dos aspectos que influenciam a qualidade da água da chuva, e em um sistema de captação e armazenamento, o estado e qualidade dos materiais também é um fator que interfere na água extraída. (GONÇALVES, 2006).

Ainda segundo o mesmo autor a qualidade da água da chuva deve ser avaliada em todas as etapas de um sistema de aproveitamento: na precipitação, na área de captação e na cisterna.

A formação da água se dá através de um ciclo natural ou ciclo hidrológico, que este ocorre constantemente na natureza. Seu processo atravessa vários estados de consistência, ambientes, temperaturas e pelas esferas do planeta, até ser precipitada e posteriormente reutilizada.

De forma simplória, a chuva é o resultado da combinação de gotículas de nuvens e de substâncias presentes na atmosfera, que se aglutinam durante a precipitação (ZOLET, 2005).

Dependendo da utilização da água de chuva em residências, deve-se ter um padrão mínimo de qualidade para aquele uso. Pensando nisso, pode-se classificar previamente a água da chuva de acordo com o grau de pureza, baseado no local de coleta da água da chuva.

A tabela a seguir mostra a relação do grau de pureza com a utilização que pode ser empregada.

**Tabela 4 - Qualidade das águas pluviais**

Grau de Pureza	Área de Coleta das Águas Pluviais	Utilização
A	Telhados (locais não usados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, rega de plantas e outros usos. Se purificados por tratamento simples são potáveis ao consumo.
B	Coberturas, sacadas (locais usados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, rega de plantas e outros usos, mas impróprios para consumo. (tratamento necessário)
C	Estacionamentos e jardins artificiais	Vaso sanitário, rega de plantas e outros usos, mas impróprios para consumo. (tratamento necessário)
D	Vias elevadas, Estradas de Ferro e Rodovias	Vaso sanitário, rega de plantas e outros usos, mas impróprios para consumo. (tratamento necessário)

Fonte: GROUP RAINDROPS (2002).

## 2.9 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL

Novas ideias de utilização e preservação de água devem ser desenvolvidas para minimizar os impactos provocados pela escassez da água, e a captação de água da chuva é uma delas (GONÇALVES, 2006).

Porém, segundo TOMAZ (1998), esta é uma prática já idealizada a milhares de anos:

Uma das referências mais remotas que se tem com relação ao uso da água da chuva, se encontra em uma das inscrições mais antigas do mundo, conhecida como Pedra Maobita, que foi encontrada no Oriente médio e é datada de 850 a.C, nela o rei Mescha dos Maobitas sugere que seja feita uma cisterna em cada casa para o aproveitamento da água da chuva.

Utilizando sistemas de aproveitamento de água pluvial, pode-se reduzir o consumo de água potável, os custos com as companhias de abastecimento, preserva-se mais o meio ambiente e ainda diminui-se os riscos de enchente (May, 2004).

A chuva é abundante em quase todas as regiões brasileiras, porém o uso da água da chuva para consumo humano e animal só deve ser realizado após devidos tratamentos levando em conta a utilização que vai ser dada para a água (EMBRAPA, 2005).

O tipo do tratamento está diretamente relacionado à qualidade da água antes do tratamento. Tratar uma água de qualidade é mais simples e mais econômico. Águas captadas dos telhados de edificações apresentam uma boa qualidade, por isso deve-se evitar o seu contato com outras fontes (SANTOS, 2002).

Estima-se que 60% da água utilizada nos processos agrícolas é desperdiçada, sendo que altos índices de aproveitamento de água podem ser alcançados para esse setor. (Rebouças, 2006 *apud* PROSAB, 1994).

Em processos industriais, a água da chuva pode ser muito bem utilizada para lavagem em geral, resfriamento, climatização, etc. (May, 2004).

## 2.10 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Segundo Marinoski (2007), para implantar um sistema de aproveitamento de água pluvial deve-se levar em consideração a viabilidade desse projeto. Para isso alguns fatores como níveis de precipitação, área de captação e demanda do uso devem ser observados.

A NBR 15527 (ABNT,2007) – “Água de chuva: Aproveitamento de coberturas para fins não potáveis”, trata das instalações necessárias para o sistema, bem como da qualidade necessária que a água deve ter para usos não potáveis.

Os principais componentes do referido sistema são: área de captação, separadores de materiais grosseiros, descarte da primeira água, os condutores e o reservatório.

### 2.10.1 Área de captação

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) é a “área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada”.

BORGES (1992), afirma que para o cálculo da área de cobertura devem ser considerados os efeitos da inclinação da cobertura.

Para o cálculo dos mesmos, atribui-se à NBR 10844 (ABNT, 1989), de acordo com a Figura 1.

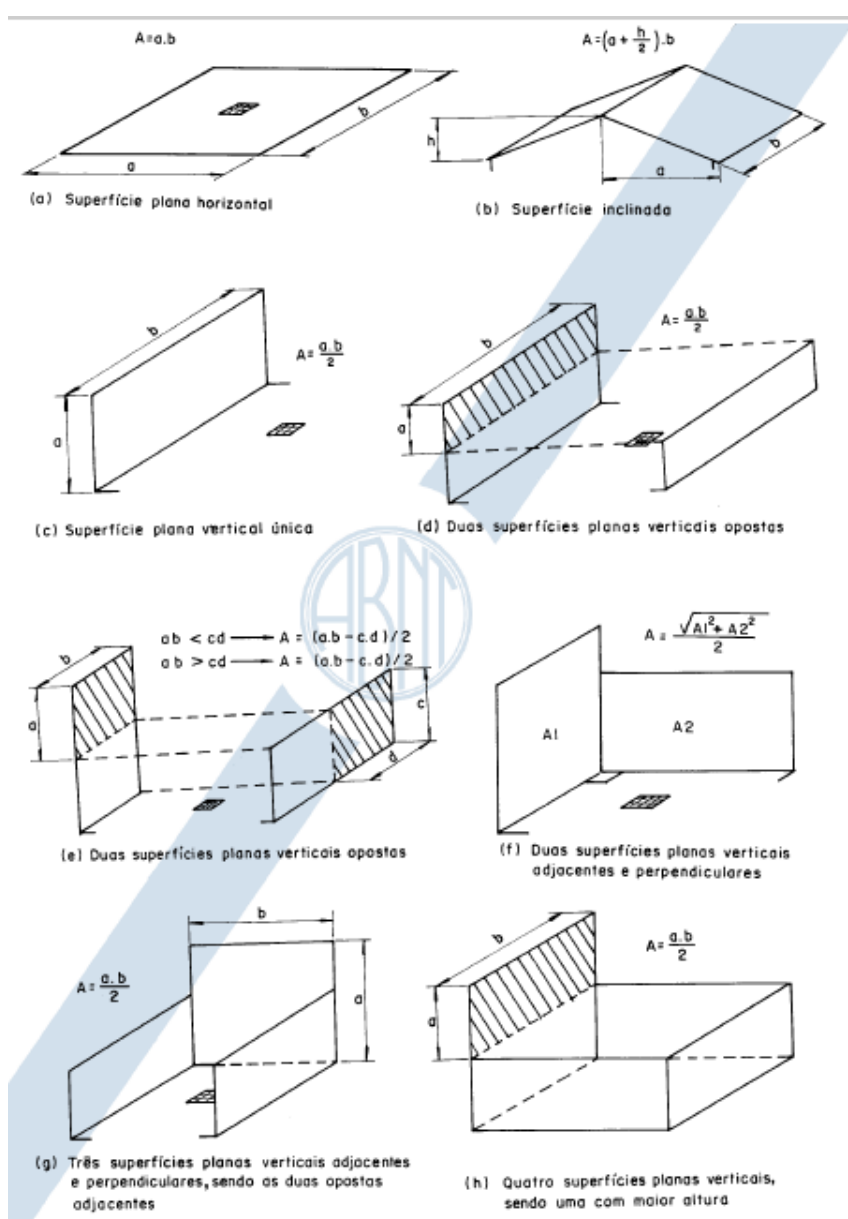


Figura 1 - Áreas de captação

Fonte: NBR 10844:1989

### 2.10.2 Dispositivo de descarte da primeira água

É um sistema que tem por função descartar a água dos primeiros minutos de precipitação. Isso se deve porque o volume desta água que escoar pela área de captação carrega consigo grande potencial poluidor.

A NBR 15227 (ABNT, 2007) afirma que “o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2mm da precipitação inicial.”

Um exemplo desse dispositivo, é o apresentado na Figura 2.



Figura 2 - Dispositivo de descarte

Fonte: EBOX PROJETOS (2015)

### 2.10.3 Condutores

Os condutores verticais são dimensionados conforme diretrizes da NBR 10844 (ABNT, 1989).

$Q$  = vazão do projeto, em litros/min

$H$  = altura da lâmina d'água da calha, em mm

$L$  = comprimento do condutor vertical, em m

E para determinar o diâmetro interno ( $D$ ) do condutor vertical, utilizam-se os ábacos da figura 3.

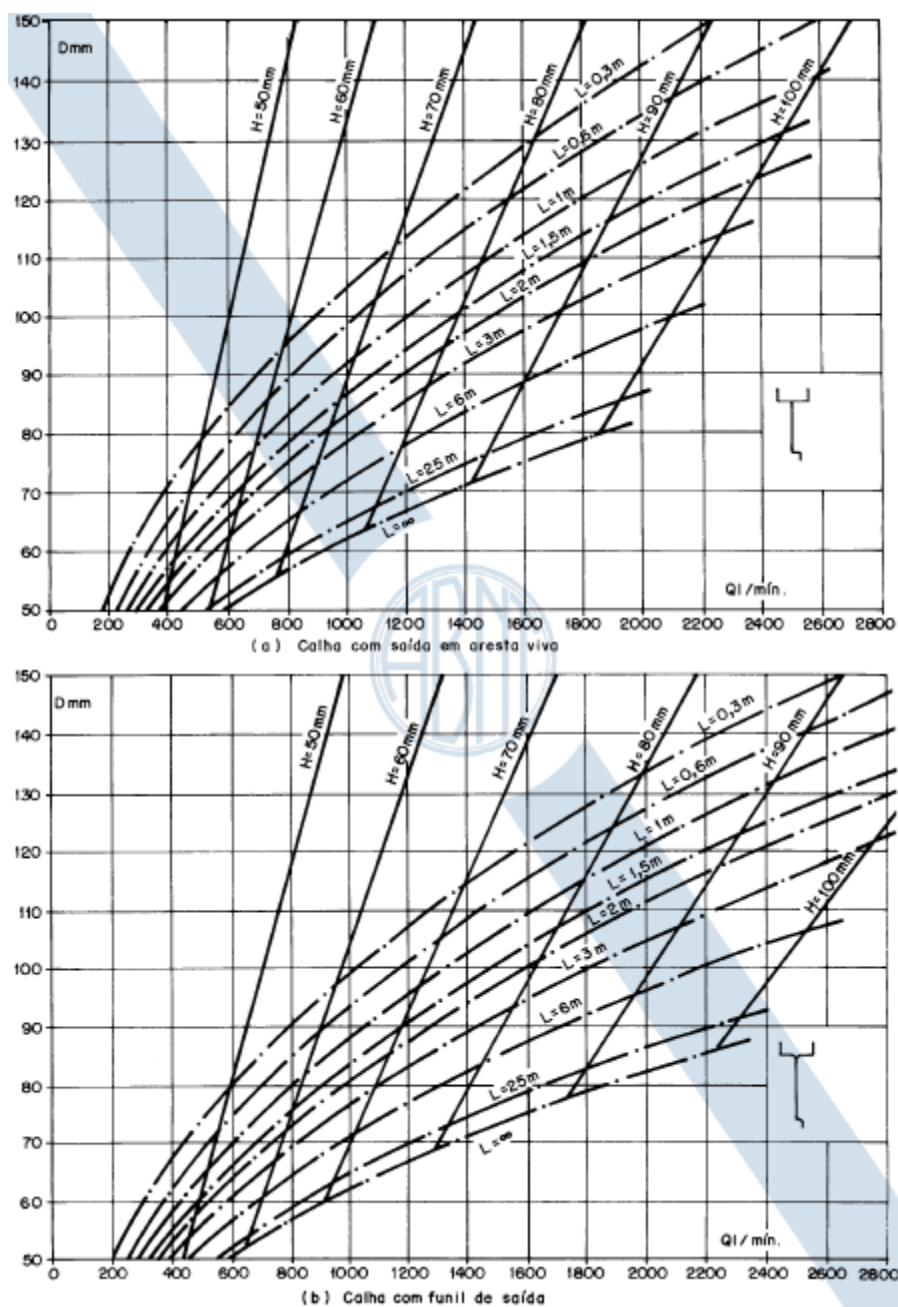


Figura 3 - Ábacos para (D)

Fonte: NBR 10844:1989

Ainda seguindo a NBR 10844 (ABNT, 1989) “os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.”

E os condutores de seção circular devem ser projetados para escoar uma lamina de altura de 2/3 do diâmetro interno (D) do condutor vertical.

A tabela 5 mostra as vazões dos tubos de diferentes materiais e inclinações.

**Tabela 5 - Vazão em l/min dos condutores horizontais circulares**

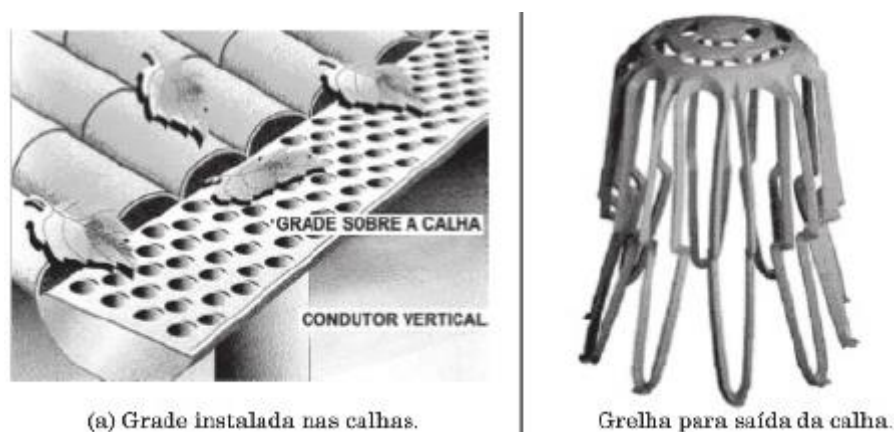
Diâmetro interno (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,50%	1,00%	2,00%	4,00%	0,50%	1,00%	2,00%	4,00%	0,50%	1,00%	2,00%	4,00%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: NBR 10844:1989

#### 2.10.4 Separadores de materiais grosseiros

Um filtro pode ser colocado antes que a água chegue à cisterna, esse pode ser um sistema de gradeamento simples como uma tela ou até mesmo filtros industrializados, tudo para reter sólidos em suspensão como gravetos, folhas, papéis etc, que são carregados junto com a água da superfície de captação.

Segue amostras na figura 4.



**Figura 4 - Separadores simples**

Fonte: Aproveitamento de água da CHUVA (UFSC, 2014)



### 2.10.5 Reservatório

A NBR 15527 (ABNT, 2007) diz que “o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial.”

É calculado pela equação 1:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot \eta$$

**Equação 1 - Volume aproveitável de água pluvial**

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário aproveitável (L);

P = precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

A = área de captação (m<sup>2</sup>);

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional) usual: 0,8 à 0,9

$\eta$  (fator de correção) = eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte da primeira água de chuva. Usual: 0,8 à 0,97.

## 2.11 CISTERNA CONVENCIONAL

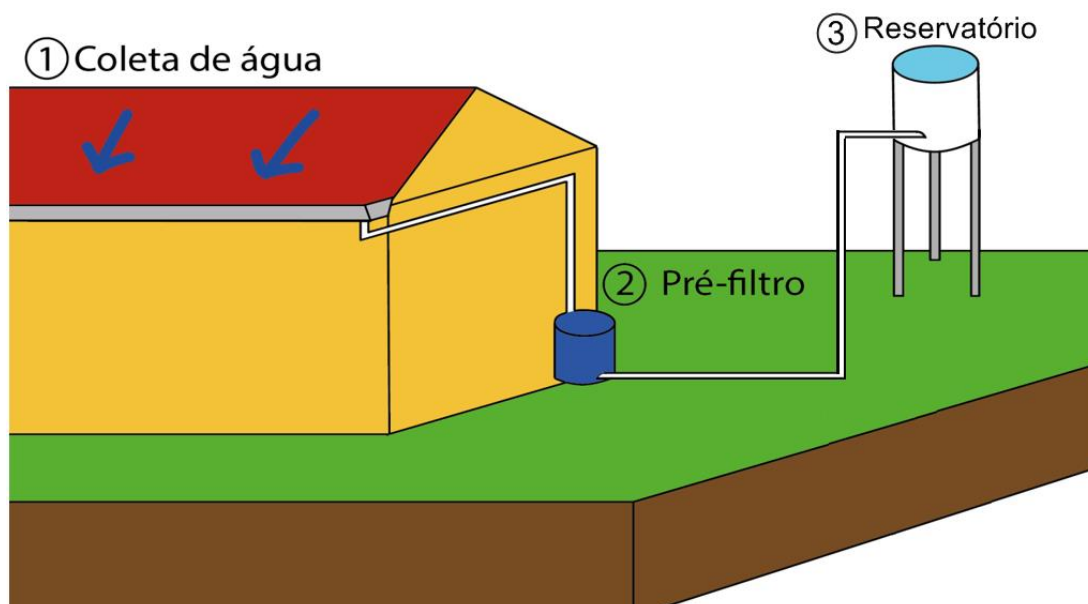
### 2.11.1 O que é?

Trata-se de um sistema desenvolvido para captar e armazenar água da chuva que poderá ser utilizada para diversos fins, como descarga de banheiros, irrigação de hortas, rega de plantas, limpeza de casas e calçadas.

### 2.11.2 Como funciona?

A captação da água é feita por meio de calhas acopladas ao telhado de uma edificação, sendo direcionada até uma cisterna (caixa d'água) por meio de tubulações.

Antes de chegar à cisterna para o armazenamento, a água passa por um filtro de sólidos e por um sistema de descarte da primeira água, que não é utilizada por fazer a lavagem dos telhados. O esquema está apresentado na figura 5.



**Figura 5 - Esquema da Cisterna Convencional**

Fonte: TSGA (2016)

### 2.11.3 Unidade Demonstrativa Desenvolvida

Uma cisterna convencional foi construída em uma propriedade rural de São João do Sul/SC (TSGA,2016), como mostra a figura 6.



**Figura 6 - Cisterna Convencional**

Fonte: Autor (2016)

## 2.12 CISTERNA DE AREIA

Segundo TSGA (2016), esse tipo de reservatório foi desenvolvido na França, pode ser chamado de Reservatório de Água Enterrado Cheio de Areia, ou RAECA (Réservoir d'Eau Enterré Plein de Sable, ou REEPS em francês).

### 2.12.1 O que é?

É uma cisterna preenchida por areia, com o objetivo de armazenar e tratar a água da chuva, a qual ocupará os espaços vazios entre os grãos de areia.

### 2.12.2 Como funciona?

A água da chuva é primeiramente coletada a partir de calhas acopladas ao telhado da edificação (1) e passa pelo pré-filtro (2) para que haja a retirada do material grosseiro. Em seguida, é encaminhada, via tubulação, para a cisterna (3). A

mesma é revestida no fundo e nas paredes por geotêxtil e por geomembrana na parte superior, ou seja, na “tampa” do reservatório, como se fosse uma “caixa de areia”.

Ao entrar no reservatório, a água passa pelos grãos de areia, sendo assim, filtrada. A saída da água é feita pela ação de um motor d’água (4) até o reservatório de consumo (5). O esquema está representado na figura 7.

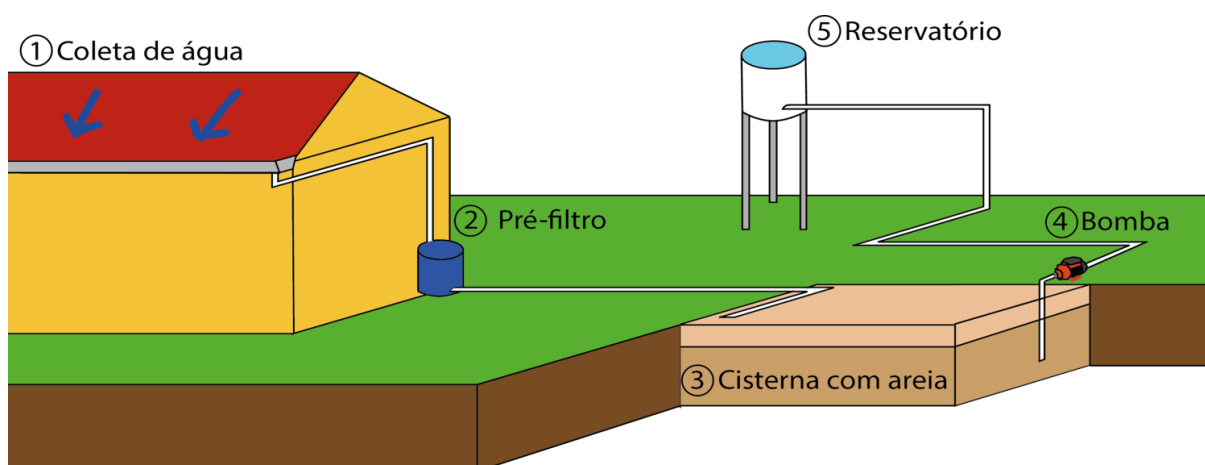


Figura 7 - Esquema da Cisterna de Areia

Fonte: TSGA (2016)

### 2.12.3 Unidade Demonstrativa Desenvolvida

Foi implantado um projeto referente à esse tipo de cisterna na EEB Rio dos Anjos, em uma comunidade no interior de Araranguá/SC. (TSGA, 2016).

A figura 8 apresenta a referida cisterna, detalhe: em baixo de um pequeno campo de vôlei.



**Figura 8 - Imagem panorâmica da Cisterna de Areia**

Fonte: Autor (2016)

## 2.13 PROJETO TSGA

O **Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água – TSGA** tem por objetivo fortalecer o uso sustentável da água através do apoio à capacidade de gestão local em bacias hidrográficas de Santa Catarina, integrado à disseminação e implementação de tecnologias sociais na produção de alimentos e saneamento básico do meio rural (TSGA, 2016).

O Projeto conta com o comprometimento executivo da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, que em conjunto investem suas experiências no desenvolvimento de ciência, tecnologia e cidadania para a melhor gestão social dos recursos hídricos em propriedades em todo o Estado.

O logo (figura 9) representa os ideais do projeto - Tecnologias Sociais de Gestão de Água - (TSGA, 2016).



**Figura 9 - Logo TSGA**

Fonte: TSGA (2016)

## 2.14 DETERMINAÇÃO DA CARGA DOS SOLOS

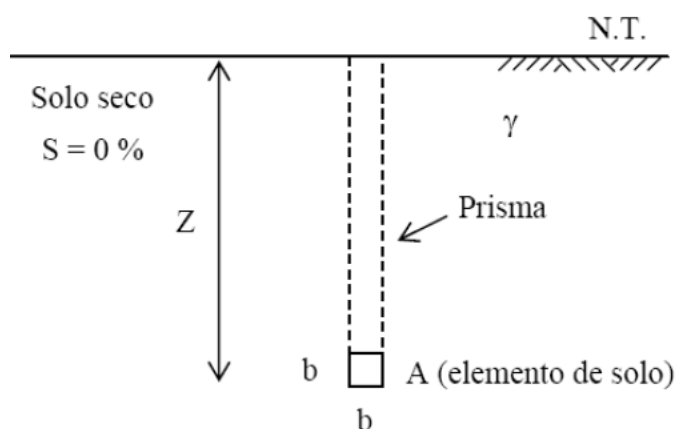
A NBR 6122/2010 de Projeto e Execução de Fundações diz que para determinar a capacidade de carga de um solo, há as seguintes maneiras:

- Por meio de tabelas baseadas na tradição local e de observações do comportamento de estruturas;
- Por meio de correlações diversas;
- Por meio de métodos desenvolvidos na Mecânica dos Solos (Geotecnia);
- Por meio de provas de carga sobre placas.

## 2.15 TENSÕES NO SOLO

As tensões na massa de solo são causadas por cargas externas ou pelo próprio peso do solo (DOS SANTOS, 2014).

Ainda segundo DOS SANTOS, dado o perfil geotécnico da Figura 10, no qual o nível do terreno (N.T.) é horizontal, a natureza do solo não varia horizontalmente e não há carregamento externo (cargas aplicadas e distribuídas) próximas a região considerada, caracteriza uma situação de tensões geostáticas.



**Figura 10 - Tensão geostática**

Fonte: DOS SANTOS (2014)

Em uma situação de tensões geostáticas, portanto, a tensão normal vertical ( $\sigma_v$ ) no ponto "A" pode ser obtida considerando o peso do solo acima do ponto "A" dividido pela área.

$$\sigma = P / A = (\gamma \cdot b^2 \cdot z) / b^2 = \gamma \cdot z$$

**Equação 2 - Tensões no solo**

Onde:

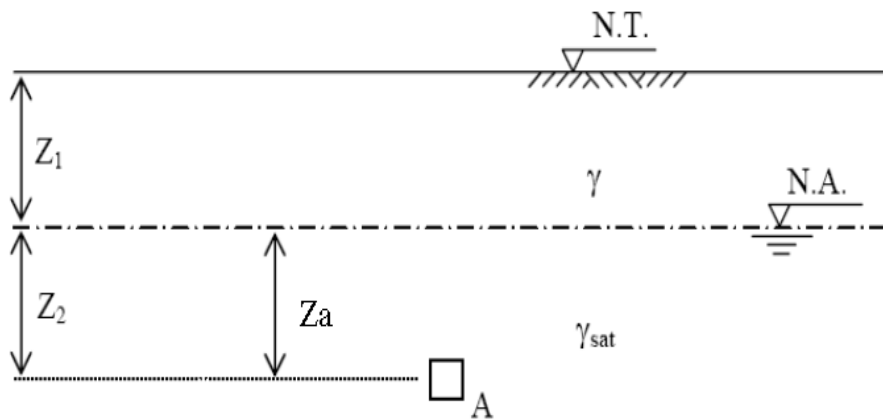
$P = \gamma \cdot V$  (peso do prisma);

$V = b^2 \cdot z$  (volume do prisma);

$A = b^2$  (área do prisma);

$\gamma$  = peso específico natural do solo.

A figura 11 apresenta um solo com água:



**Figura 11 - Solo com água**

Fonte: DOS SANTOS (2014)

A tensão vertical total no ponto “A” desse solo é dada pela equação 3:

$$\sigma_v = \gamma \cdot z_1 + \gamma_{sat} \cdot z_2$$

**Equação 3 - Tensões no solo com água**

## 2.16 PESO ESPECÍFICO

O peso específico de uma partícula é determinado pela razão entre o peso e o volume.

$$\gamma = P / V \text{ (g/cm}^3 \text{ , kg/m}^3 \text{ , kN/m}^3 \text{ , t/m}^3 \text{ )}$$

**Equação 4 - Peso específico**

### 2.16.1 Peso específico aparente ou natural

O peso específico aparente de uma amostra de solo é determinado pela razão entre o peso total da amostra e seu volume total, para um valor qualquer de saturação, diferente dos extremos, ou seja,  $0\% < S < 100\%$  (DOS SANTOS, 2014).

### 2.16.2 Peso específico saturado

Um solo encontra-se saturado quando todos os seus vazios estão preenchidos por água, sendo obtido o valor máximo de  $\gamma$ , ou seja,  $\gamma_{sat}$ . (DOS SANTOS, 2014).

## 2.17 PARAMETROS GEOTECNICOS DO SOLO

Segundo DOS SANTOS (2014), os parâmetros físicos, mecânicos, de resistência ao cisalhamento e de compressibilidade dos solos geralmente são obtidos através de correlações diversas.

As correlações são feitas com base na resistência à penetração medida em sondagem (NSPT) ou na resistência de ponta do ensaio de penetração estática do cone,  $qc$ .

Para solos não coesivos ou puramente coesivos, as correlações entre ensaios de campo e parâmetros físicos, mecânicos, de resistência ao cisalhamento e de compressibilidade dos solos são mais eficazes (DOS SANTOS, 2014).

Joppert (2007) desenvolveu uma tabela que mostra os parâmetros geotécnicos médios do solo.



Tabela 6 - Parâmetros médios do solo

Tipo de solo	Faixa de STP	Módulo de elasticidade (t/m <sup>2</sup> )	Peso específico (g)		Ângulo de atrito efetivo (f)	Coesão efetiva (tf/m <sup>2</sup> )
			Natural (t/m <sup>3</sup> )	Saturado (t/m <sup>3</sup> )		
Areia pouco siltosa / pouco argilosa	0 a 4	2000 a 5000	1,7	1,8	25°	-
	5 a 8	4000 a 8000	1,8	1,9	30°	-
	9 a 18	5000 a 10000	1,9	2	32°	-
	19 a 41	8000 a 15000	2	2,1	35°	-
	>=41	16000 a 20000	2	2,1	38°	-
Areia média e fina muito argilosa	0 a 4	2000	1,7	1,8	25°	0
	5 a 8	4000	1,8	1,9	28°	0,5
	9 a 18	5000	1,9	2	30°	0,75
	19 a 41	10000	2	2,1	32°	1
Argila porosa vermelha e amarela	0 a 2	200 a 500	1,5	1,7	20°	0,75
	3 a 5	500 a 1000	1,6	1,7	23°	1,5
	6 a 10	1000 a 2000	1,7	1,8	25°	3
	>=10	2000 a 3000	1,8	1,9	25°	3 a 7
Argila Siltosa pouco arenosa (terciário)	0 a 2	100	1,7	1,8	20°	0,75
	3 a 5	100 a 250	1,8	1,9	23°	1,5
	6 a 10	250 a 500	1,9	1,9	24°	2
	11 a 19	500 a 1000	1,9	1,9	24°	3
	20 a 30	3000 a 10000	2	2	25°	4
	>=30	10000 a 15000	2	2	25°	5
Argila arenosa pouco siltosa	0 a 2	500	1,5	1,7	15°	1
	3 a 5	500 a 1500	1,7	1,8	15°	2
	6 a 10	1500 a 2000	1,8	1,9	18°	3,5
	11 a 19	2000 a 3500	1,9	1,9	20°	5
	>=20	3500 a 5000	2	2	25°	6,5
Turfa/ argila orgânica (quaternário)	0 a 1	40 a 100	1,1	1,1	15°	0,5
	2 a 5	100 a 150	1,2	1,2	15°	1
Silte arenoso pouco argiloso (residual)	5 a 8	8000	1,8	1,9	25°	1,5
	9 a 18	1000	1,9	2	26°	2
	19 a 41	15000	2	2	27°	3
	>=41	20000	2,1	2,1	28°	5

Fonte: Joppert, 2007.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho se dá pela comparação entre o sistema de aproveitamento de água da chuva de uma cisterna convencional e de uma cisterna de areia.

Serão feitas as seguintes comparações:

#### 3.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS EXTRAÍDAS

Para análise da qualidade da água, foi coletado uma amostra de água de 100 ml na cisterna do tipo convencional em uma propriedade rural de São João do Sul/SC, a 55 km de Araranguá.



**Figura 12 - Localização Cisterna Convencional**

Fonte: IBGE (2016)

A escolha dessa cisterna se deu pelo fato de os implantadores da mesma, serem os mesmos implantadores da cisterna de areia, ou seja, os realizadores do Projeto TSGA, da UFSC.

Já a cisterna de areia fica localizada na Escola Municipal Rio dos Anjos, numa comunidade no interior de Araranguá/SC, próxima à barra de Araranguá (encontro do Rio Araranguá com o Mar).



**Figura 13 - Localização Cisterna de Areia**

Fonte: IBGE (2016)

A coleta ocorreu da mesma forma nas duas cisternas, a amostra foi extraída diretamente das tubulações finais do sistema do reaproveitamento, seguindo a metodologia conhecida como Standart Methods for the Examination of Water.

Itens para a coleta: frascos esterilizados, álcool etílico e etiquetas para identificação e estão em destaque na figura 14.

O processo da coleta ocorreu da seguinte forma, após a chegada no local da cisterna, foi aberta a torneira da saída d'água e deixado a mesma escorrer de 5 a 10 minutos, no trabalho, foram 8 minutos exatos em cada cisterna. Posteriormente, com as mãos já lavadas e esterilizadas pela aplicação do álcool etílico, fora preenchido os frascos com 100 ml de água e os mesmos foram identificados para evitar equívocos como confundir as amostras.



**Figura 14 - Itens para a coleta**

Fonte: Autor (2016)

Toda a coleta foi previamente avisada e autorizada pelos donos da propriedade rural de São João do Sul, bem como os responsáveis da EEB Rio dos Anjos, de Araranguá/SC.

Depois de coletadas as amostras, ambas foram levadas para o Laboratório Tournier de Análises Clínicas, de Araranguá. A responsabilidade técnica é do farmacêutico Everton Hamilton Krás Tournier, CRF-SC 666 e da farmacêutica Francine Nefertiti Leite Tournier Pelegrin, CRF-SC 4422.

Cabe ressaltar que os frascos esterilizados foram obtidos no mesmo laboratório, antes da coleta.

No laboratório, foram feitas as análises químicas, físicas e bacteriológicas e os resultados retirados 05 (cinco) dias após a entrega das amostras no laboratório.

Os parâmetros analisados foram o: pH, a cor aparente, a turbidez, o cloro residual livre, sólidos dissolvidos totais, bactérias viáveis totais e coliformes totais.

Com isto, será feito uma comparação entre os índices obtidos para cada parâmetro, relacionando-os também com os índices indicados pela Portaria 2.914/2011, do Ministério da Saúde.

### 3.2 CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DAS CISTERNAS

Para realização da comparação de custos de construção das duas cisternas, foi solicitado junto à equipe do projeto TSGA da UFSC a prestação de contas da execução de cada uma das cisternas, e para os itens que não estejam citados nessa prestação de contas, os mesmos terão seus valores referenciados pela tabela referencial de preço do SINAPI SC, de Dez/2014 (mesma época da construção dos sistemas).

### 3.3 ESTIMATIVA DA CARGA: DA CISTERNA DE AREIA

Através da mecânica dos solos, será possível estimar a carga que a cisterna de areia gera, ou causa, no solo.

Para isso, será levado em conta o tipo de solo do interior da cisterna (areia média), a sua condição (fofa ou não-compactada), bem como o seu volume.

Com isso, pode-se encontrar o valor da tensão no solo, através da já mencionada equação 3 - equação de tensões no solo com água.

### 3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Depois de concluídas as comparações, também serão descritas vantagens e desvantagens em relação ao uso das cisternas. Levando em conta manutenções realizadas, vulnerabilidade à proliferação de doenças, vida útil, etc.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os fatores mais importantes acerca dos sistemas de armazenamento e reaproveitamento de água da chuva estão: a qualidade (potabilidade) da água resultante desse reaproveitamento, os custos necessários para a sua implantação e demais outros fatores que possam haver, que serão descritos nesse trabalho entre as vantagens e desvantagens.

### 4.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS

As análises físico-química e bacteriológica das amostras de água (uma para cada um dos dois tipos de cisterna), tiveram seus resultados comparados. Os parâmetros analisados foram analisados para se ter noção de qual água é mais potável quando comparada as amostras.

Esperava-se que o resultado da análise da água da cisterna de areia fosse mais vantajoso em termos de potabilidade (Portaria 2.914/2011 - MS) que o da cisterna convencional.

Cabe ressaltar, que também era esperado um resultado negativo para utilização das águas para consumo humano.

A tabela 7 mostra os resultados da análise das amostras.

**Tabela 7 - Resultado das análises**

PARAMETROS	ÁGUA DA CISTERNA CONVENCIONAL	ÁGUA DA CISTERNA DE AREIA	VALORES DE REFERENCIA (Portaria 2.914/2011 - MS)
Ph	5,7	6,1	6,0 à 9,5
Cor Aparente	10 UH	8 UH	0 à 15 Unidades Hazen
Turbidez	3 UT	3 UT	0 à 5 Unidades Turbidez
Cloro Residual Livre	0,2 ppm	0,2 ppm	Mínimo: 0,2 (obrigatório) Máximo: 2,0 (recomendação)
Sólidos Dissolvidos Totais	530 ppm	200 ppm	Máximo 1.000 ppm
Bactérias Viáveis Totais	>500 UFC/ml	240 UFC/ml	Máximo 500 UFC/ml
Coliformes Totais	40 UFC/100ml	32 UFC/100ml	Ausência em 100 ml
Escherichia coli (placa)	35 UFC/100ml	26 UFC/100ml	Ausência em 100 ml
Colif. Termorresistentes	>1 UFC/100ml	>1 UFC/100ml	Ausência em 100 ml

Fonte: Autor (2016)

O pH que representa a acidez da água, tem como valores recomendáveis 6,0 à 9,5, portanto a água da cisterna de areia atende melhor à esse requisito.

A cor aparente está atendida nas duas amostras de águas, porem quanto mais próximo de 0 (zero) melhor é sua qualidade, então a água da cisterna de areia também supera a água da cisterna convencional nesse item.

O índice de turbidez é o mesmo para as duas águas, assim como o índice de cloro residual livre.

O índice de sólidos (minerais) dissolvidos na água da cisterna de areia é menor que o da água da cisterna convencional, uma diferença maior que o dobro, sendo assim, mais limpa.

A presença de bactérias viáveis totais tem como limite 500 Unidades Formadoras de Colônias por mL, limite que foi atendido na água da cisterna de areia (240 UFC/mL), e ultrapassado (> 500UFC/mL) pela amostra da cisterna convencional.

Os parâmetros Escherichia (placa) e Coliformes Termorresistentes representam o grupos dos coliformes totais, também conhecido como coliformes fecais. Podem ser encontrados em fezes, materiais orgânicos ou solo.

São os principais indicadores de contaminação bacteriológica da água.

Nas duas amostras foi constatada a presença indesejável desses indicadores, indicando assim o resultado como NEGATIVO (ou REPROVADO) para consumo humano, porém, ainda assim, na cisterna de areia a presença desses coliformes foi consideravelmente menor.

Portanto, os resultados esperados foram alcançados, pode se dizer que a água da cisterna de areia é de melhor qualidade que a água da cisterna convencional, mas não o suficiente para consumo humano, devido a presença dos coliformes totais.

Caso deseja-se tornar potável essa água através de um tratamento de potabilidade (com carvão ativado, por exemplo), o custo com esse tratamento na água da cisterna de areia seria menor do que com a cisterna convencional.

## 4.2 CUSTOS

Sabe-se que o custo é um dos fatores condicionantes para a implantação ou aquisição de qualquer produto, e com os sistemas de aproveitamento de água da chuva não é diferente.

O levantamento dos custos reais gastos na implantação da cisterna convencional e da cisterna de areia segue apresentado nas tabela 8 e 9.

**Tabela 8 - Custos cisterna convencional**

Item	Código/Referencia	Unid	Quant	Preço Unit	Total
Caixa d'água 10.000 L	Prestação de contas UFSC	Unid.	1	R\$ 2.570,00	R\$ 2.570,00
Tubulações hidráulicas	Prestação de contas UFSC	vb	1	R\$ 262,00	R\$ 262,00
Calhas de alumínio	Prestação de contas UFSC	m	12	R\$ 29,17	R\$ 350,04
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 3.182,04</b>

Fonte: autor (2016)



Tabela 9 - Custos cisterna de areia

Item	Código/Referencia	Unid	Quant	Preço Unit	Total
Caixa d'água 1.000 L Polietileno	cód. 34636/SINAPI 12_2014	Unid.	1	R\$ 274,24	R\$ 274,24
Tubulações hidráulicas	Prestação de contas UFSC	vb	1	R\$ 1.369,25	R\$ 1.369,25
Calhas de alumínio	Prestação de contas UFSC	m	37,5	R\$ 17,87	R\$ 670,13
Geomembrana PEAD 0,8mm	Prestação de contas UFSC	m2	218	R\$ 12,50	R\$ 2.725,00
Geotêxtil G150	Prestação de contas UFSC	m2	170	R\$ 5,30	R\$ 901,00
Motor d'água	Prestação de contas UFSC	Unid.	1	R\$ 495,00	R\$ 495,00
Retroescavadeira	cód. 6044/SINAPI 12_2014	h	3,5	R\$ 81,91	R\$ 286,69
Mão de Obra Geral (reaterro + instalações)	Prestação de contas UFSC	vb	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 7.921,30</b>

Fonte: autor (2016)

A cisterna convencional custou 40,17% do custo da cisterna convencional.

De fato, por ter mais componentes no seu sistema como o motor d'água e principalmente a geomembrana e a geotêxtil, o maior custo já era esperado. A mão-de-obra também contribuiu para essa diferença, visto que na cisterna convencional a mão-de-obra foi realizada pelos próprios membros do programa TSGA e para a construção da cisterna de areia a mão-de-obra foi contratada.

#### 4.3 ESTIMATIVA DE CARGA: DA CISTERNA DE AREIA

Sabendo que o solo no interior da cisterna da areia é uma areia média, e a mesma se encontra na condição fofa (não é compactada), arbitrou-se então que a areia média se encontra na menor faixa de resistência, ou seja, com um NSPT de 0 a 4.

Analisando a tabela 6 - parâmetros médios do solo, observa-se que a referida areia possui um peso específico natural de 1,7 t/m<sup>3</sup> e um peso específico saturado de 1,8 t/m<sup>3</sup>.

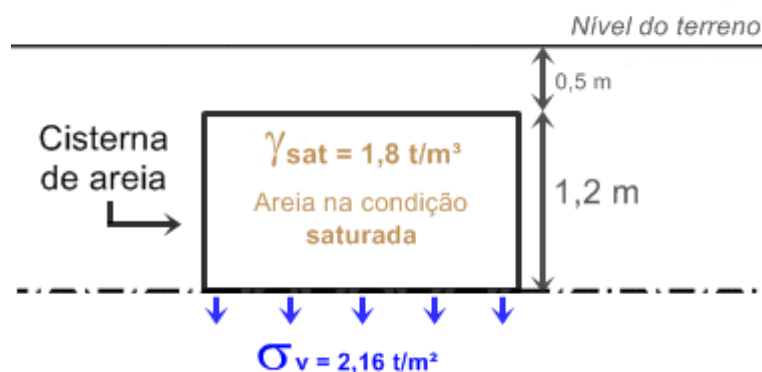
A situação em que a cisterna terá maior peso, é quando a mesma estiver cheia de água e toda a massa de areia, saturada.

Com essa consideração, o cálculo da tensão foi realizado e encontrou-se o seguinte valor.

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma_{\text{sat}} \cdot z \\ \sigma_v &= 1,8 \text{ t/m}^3 \cdot 1,20 \text{ m} \\ \sigma_v &= 2,16 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

**Equação 5 - Tensão da cisterna de areia no solo**

Sendo assim, a tensão que o solo do terreno deve suportar para que a cisterna seja implantada e não haja problemas de deformação no solo, ou na cisterna é de 2,16 t/m<sup>2</sup>.



**Figura 15 - Tensão da cisterna de areia**

Fonte: Autor (2016)

#### 4.4 VANTAGENS

As características únicas da cisterna de areia lhe conferem várias vantagens e as mesmas estão apresentadas a seguir.

##### 4.4.1 Utilização do espaço superficial

Uma cisterna convencional exige uma grande ocupação de espaço superficial, fator que pode torna-la inconveniente em vários casos.

Isso não ocorre com a cisterna de areia, já que ela fica enterrada, deixando a área do terreno livre para outros fins. Na unidade demonstrativa da EEB Rio dos Anjos, fora construído uma quadra de vôlei de praia.

#### **4.4.2 Vida útil elevada**

A vida útil de um sistema de cisterna de areia é bastante elevada. Isso porque a durabilidade dos seus componentes é grande: tubulações em PVC resistem duram por mais ou menos 70 anos e os plásticos não biodegradáveis (da geomembrana e da geotêxtil) tem durabilidade ainda maior, na média dos 300 anos.

Portanto, a vida útil desse sistema pode atingir com tranquilidade 70 anos.

#### **4.4.3 Maior resistência à ações climáticas**

Tempestades, ventanias, enchentes, etc., danificam um sistema de cisterna convencional, porém não afetam uma cisterna de areia pois ela se encontra enterrada.

#### **4.4.4 Manutenção reduzida**

A manutenção que deve ser realizada é um indicador bastante importante em qualquer tecnologia ou novos projetos.

No sistema da cisterna da areia, a manutenção é apenas preventiva. Após as chuvas, o pré-filtro deve ser limpo, manualmente.

Um processo bastante simples e que deve ser realizado em qualquer sistema de aproveitamento de água da chuva que contenha um pré-filtro.

#### **4.4.5 Simples execução**

O procedimento para implantação dos dois sistemas é bastante simples.

Numa cisterna convencional, baseia-se primeiramente na colocação das calhas no telhado, e da tubulação que liga as calhas até o reservatório de armazenamento.

Já na cisterna de areia, o princípio é basicamente o mesmo, porém o destino da água após as calhas é a cisterna de areia, e a mesma é construída da seguinte maneira:

- a) Determinar um local: cuidar para que não haja próximo ao local da escavação raízes, lençol freático, rochas e outras tubulações;
- b) No fundo fazer um declive de 1 até 3 % para depois colocar os tubos internos na parte baixa. Alisar as paredes, retirar tudo que pode perfurar a geomembrana;
- c) Forrar o fundo e as laterais com geomembrana, e ainda cobrir a mesma com geotêxtil;
- d) Depositar uma camada de 5cm de areia no fundo, e colocar o tubo dreno que será ligado ao motor d'água na parte baixa. Para evitar que o motor d'água puxe areia, o tubo dreno deve ser revestido com geotêxtil e também deve ser colocado agregados graúdos na região do referido tubo;
- e) No meio coloca-se o tubo de distribuição de água ligado com o pré-filtro e paralelamente, coloca-se o tubo de aeração com sua saída vertical pra que o ar saia quando a água entra no reservatório de areia;
- f) Encher vagarosamente com toda a areia no meio do reservatório. Um teste de impermeabilização em 24h pode ser feito se a água estiver disponível em grande quantidade;
- g) Cobrir o reservatório com a geomembrana superior, e por último;
- h) Preencher com areia o espaço entre a geomembrana superior e a superfície.

#### **4.4.6 Baixa evaporação**

Devido ao confinamento da água, a evaporação ocorrida no sistema da cisterna de areia é praticamente insignificante, a única evaporação que ocorre é pelo tubo de aeração.

#### **4.4.7 Baixa proliferação de doenças**

Em águas estagnadas, como as de lagos ou reservatórios comuns, a proliferação de doenças devido ao crescimento de ovos e larvas de mosquito é bastante grande.

Na cisterna de areia, um biofilme é formado quando a água percorre os vazios dos grãos de areia, e o mesmo ajuda a reduzir a criação de microrgânicos patogênicos.

Sendo assim, se elimina ou reduz as chances de doenças graves como malária, cólera, diarreia, cegueira dos rios, criptosporidiose, dracunculose, giardíase, hepatite, encefalite, leptospirose, filariose, a poliomielite, trichuriasis e, infelizmente, muitas outras.

O risco de poluição causada por roedores animais, cobras, sapos, insetos e outros animais também é menor, visto que eles não possuem acesso a água devido a presença de areia e a profundidade do reservatório.

#### **4.4.8 Filtração natural**

Sem dúvidas, uma das qualidades mais notáveis é o processo de filtração próprio da cisterna de areia.

Isso porque a água ao passar entre os vazios, é filtrada devido a porosidade dos grãos, melhorando assim (consideravelmente) a sua qualidade.

#### **4.4.9 Utilização em situações de emergência**

Em casos emergenciais e de bastante precaução, como: áreas de conflito, abrigo de refugiados, etc., o emprego de uma cisterna de areia pode ser bastante útil, devido a sua característica de permanecer enterrado, fora de alcance de vandalismo e ou poluições propositais.

## 4.5 DESVANTAGENS

### 4.5.1 Volume necessário

O volume de escavação para a implantação de uma cisterna de areia é cerca de 3 ou 4 vezes maior que o volume que será ocupado pela água, isso porque a água ocupa cerca de 30 à 40 % do volume da cisterna, enquanto o resto é ocupado pela areia.

### 4.5.2 Colmatação da areia

Depois de cerca de 40 anos a areia do interior da cisterna poderá se colmatar (ficar entupida) e assim a qualidade do processo de filtração será reduzida.

Após esse período, a areia deve ser substituída ou lavada.

### 4.5.3 Cuidado com raízes

Deve-se evitar que uma cisterna de areia fique muito perto de árvores, porque as raízes poderiam perfurar a sua membrana ao longo do seu crescimento.

## 5 CONCLUSÃO

Com toda a pesquisa realizada foi possível se aprofundar na questão DISPONIBILIDADE DE ÁGUA no planeta, e através disto ficou claro que apesar da grande quantidade de água superficial, a maior parte deste recurso de grande utilidade não serve para o consumo humano, seja ele para abastecimento, industrial, agrícola, etc.

A poluição, a extração e utilização desacerbada da água fazem com que essa parcela de água consumível fique ainda menor, e as previsões futuras não são nada animadoras.

Diante disto, a utilização consciente e o reuso da água são técnicas que ganham cada vez mais espaço e importância para a sociedade. A cisterna de areia é uma dessas tecnologias mais recentes e o trabalho abordou sobre a mesma comparando-a com uma cisterna convencional.

Os resultados dessa comparação foram promissores. A qualidade da água gerada por ela é de melhor qualidade que a água da cisterna convencional, devido ao processo de filtração que ocorre na cisterna de areia. Cabe ressaltar que a água extraída da cisterna de areia não é indicada para o consumo humano. Para isso, seria necessário um tratamento final na água, mas, este tratamento teria um menor custo na água da cisterna de areia, levando em conta que nela já ocorre um princípio de filtragem.

O custo foi um fator em que a cisterna convencional teve mais sucesso, visto que os componentes desse sistema são um pouco mais simples e em menor quantidade. Mas para uma abordagem mais completa do custo, seria necessário um levantamento técnico econômico que apontasse o tempo de retorno do investimento das duas cisternas, e talvez com isso a cisterna de areia superasse a cisterna convencional também nesse quesito.

Foi descrito também outras vantagens da cisterna de areia em relação a cisterna convencional, como o fato de ser enterrada, possuir uma maior vida útil e baixa manutenção; características estas que fazem com que ela fosse muito útil em regiões de grande demanda por tecnologias de armazenamento de água, como o Nordeste do Brasil, países da África, entre outros.

Por fim, conclui-se que qualquer tecnologia que vise a redução de gastos e de recursos naturais é bem-vinda e necessária, porém devido a algumas características peculiares a cisterna de areia pode ser considerada mais interessante que as cisternas convencionais.



## 6 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Segundo o TSGA, só existe um exemplar de cisterna de areia registrado no Brasil.

Sendo assim, muitos estudos e melhorias podem ser feitos no referido sistema de aproveitamento de água da chuva.

### 6.1 VIABILIDADE TÉCNICO ECONOMICA

Utilizando-se de dados referentes à intensidade pluviométrica de uma determinada localidade, a sua demanda por água e a área de captação, poder ia-se dimensionar um sistema e assim determinar os materiais necessários para sua implantação.

De acordo com a demanda, seria dimensionado o volume da cisterna, e segundo os dados pluviométricos, poderia ser encontrada a quantidade de água reaproveitável que a cisterna de areia geraria.

Comparando-se os custos que seriam evitados e os investimentos necessários, previr ia-se um tempo do retorno financeiro.

Um exemplo interessante para se fazer um estudo sobre isso, seria um aviário, que tem uma grande demanda por água e geralmente possuem uma grande área de captação também.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA: **Agencia Nacional de Águas**. 2006. <http://www.ana.gov.br/>: Data de acesso: 25 de setembro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT - NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT - NBR 15527**: Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT - NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.

BORGES, Ruth Sliveira. **Manual de instalações prediais hidráulico-sanitárias e de gás**. 4. ed. São Paulo: PINI, 1992.

BORGHETTI, Nadia Rita Boscardin; BORGHETTI, José Roberto; ROSA FILHO, Ernani Francisco da. **Aquífero guarani: a verdadeira integração dos países do mercosul**. 1 ed. Curitiba: 2004.

BRAGA, Benedito, et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Portaria nº 2.914/2011**. Brasília: Diário Oficial da União, 12 de dezembro de 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.433/1997**. Brasília: Diário Oficial da União, 08 de Janeiro de 1997.

CALIJURI, Maria; CUNHA, Davi. **Engenharia Ambiental conceitos, tecnologia e gestão**. 3 ed. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 2013.

CLARKE, Robin; KING, Jannet. **O atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta**. 1 ed. São Paulo: PubliFolha, 2005.

COIMBRA, Roberto; ROCHA, Ciro Loureiro; BEEKMAN, Gertjan Berndt. **Recursos hídricos : conceitos, desafios e capacitação**. 1 ed. Brasília: ANEEL, 1999.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 8 ed. Anais Rebouças, Aldo da Cunha - **Gestão sustentável dos grandes aquíferos**. Recife: 1994.

DECA. **DECA**. 2007. <<http://www.deca.com.br/biblioteca/catalogos>>. Acesso em 15 de outubro de 2015.

DOS SANTOS, Adailton. **Parâmetros Geotécnicos do Solo**. Material de Aula, 2014.

DOS SANTOS, Adailton. **Índices Físicos do Solo**. Material de Aula, 2014.

DOS SANTOS, Adailton. **Tensões no Solo**. Material de Aula, 2014.

EBOX PROJETOS. **Aproveitamento de água da chuva**. 2015. Disponível em: <<http://eboxprojetos.com.br/aproveitamento-da-agua-da-chuva/>>. Acesso em 5 de novembro de 2015.

EMBRAPA: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2005**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 24 de outubro de 2015.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Conservação e Reuso de Água na Agroindústria Sucroenergética**. São Paulo: 2009. Disponível em: <[http://www.siamig.org.br/dmdocuments/manual\\_agua.pdf](http://www.siamig.org.br/dmdocuments/manual_agua.pdf)>. Acesso em: 17 de setembro de 2015.

GEO BRASIL. **Recursos Hídricos: resumo executivo**. 1 ed. Brasília: TDA, 2007.

GHISI, Enedir. **A influência da precipitação pluviométrica, área de captação, número de moradores e demandas de água potável e pluvial no dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

GONÇALVES, Ricardo Franci. **PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Uso racional da água em edificações**. 1 ed. Vitória: ABES, 2006.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. 1 ed. Curitiba: Organic Trading, 2002.

IBGE, **Mapas do Estado de Santa Catarina**. 2016. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 de Abril de 2016.

JARDIM DE FLORES. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. 2015. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/ECOLOGIA/A27direitosdaagua.htm>>. Acesso em 15 de outubro de 2015.

JOPPERT JÚNIOR, Ivan de Oliveira. **Fundações e Contensões de Edifícios**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2007.

MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas & águas**. 2 ed. São Paulo: Varela, 2004.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não Potável em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis- SC**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, 2007. Disponível em: <

[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC\\_Ana\\_Kelly\\_Marino\\_ski.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marino_ski.pdf)>. Acesso em: 12 setembro de 2015.

MARTINES, Rogério; VIDAL, Wanessa. **Novo olhar geografia**. 1 ed. São Paulo: FTD, 2013.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MOTA, Suetônio. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro. ABES, 2006.

SAMEK, Jorge Miguel; TEIXEIRA, Izabella Monica Vieira. **Ciranda das Águas**. 1 ed. Brasília: 2011.

SANTOS, D, C. **Os Sistemas Prediais e a Promoção da Sustentabilidade Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Ambiente Construído, 2002.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em áreas urbanas**. 1 ed. Guarulhos: Autor e Próprio Editor, 1998.

UFSC, **TSGA**. 2016. Disponível em: <<http://tsga.ufsc.br/>>. Acesso em: 23 de Abril de 2016.

UFSC. **Projeto de dimensionamento de um reservatório de água cheio de areia subterrâneo sob um campo de vôlei de praia**. Florianópolis, 2014.

ZOLET, Marcelo. **Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba: 2005.

**8 ANEXO A - ANEXOS DA PORTARIA 2.914/2011 - MS**