

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

MARCIA HELENA CASTRO DE OLIVEIRA

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

MONOGRAFIA

MEDIANEIRA

2014

MARCIA HELENA CASTRO DE OLIVEIRA



APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Ensino de Ciências – Pólo de São José dos Campos, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. M.Sc. Edward Kavanagh

MEDIANEIRA

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Especialização em Ensino de Ciências



TERMO DE APROVAÇÃO

Aproveitamento da Água de Chuva

Por

Marcia Helena Castro de Oliveira

Esta monografia foi apresentada às 17h30min do dia 13 de dezembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Ensino de Ciências - Polo de São José dos Campos, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. M.Sc. Edward Kavanagh
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof Dr. Ismael Laurindo Costa Junior
UTFPR – Câmpus Medianeira

Profª Drª. Silvana Ligia Vincenzi Bortolotti
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho aos meus pais Umberto Segundo de Castro e Maria Dona Castro, que estão em outro plano espiritual, pela sabedoria de seus ensinamentos na minha educação, com amor e dedicação sempre me incentivaram para os estudos; à minha família marido, filhos e neta que sempre me apoiaram e motivaram com seu amor e carinho, nesta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de viver, ter fé e sabedoria para mais uma conquista.

Ao meu marido Carlos, meus filhos Leonardo e Caroline, e minha netinha Alice, pela compreensão nas minhas ausências, pelo apoio, motivação e amor para que eu chegasse até o final deste curso, atingindo mais um objetivo em minha vida.

Aos meus amigos e colegas de curso Valéria de Alcântara, Bruno Bodalo M. Teixeira e William pela companhia nas viagens ao Polo de Itapetininga, e pela motivação para eu continuar este curso.

Ao meu amigo e colega de trabalho Carlos Pires Martins pelo Abstract.

Ao meu orientador professor e Mestre Edward Kavanagh pelas orientações, material, apoio, paciência, compreensão e dedicação sem medir esforços, ao longo do desenvolvimento até o final deste curso.

Aos professores do curso de Especialização em Ensino de Ciências da UTFPR, Campus Medianeira, em especial a professora Dr^a. Silvana Ligia Vicenzi Bortolotti e ao coord. prof. Dr. Ismael Laurindo Costa Junior pelo apoio com orientações e materiais no final do curso.

Do Polo Itapetininga, aos tutores presenciais Carlos, Salete e principalmente Lia Matelli Garcia pelo apoio e incentivo no decorrer do curso; a tutora à distância Marcia A. Bartolomeu pela participação em todos os fóruns.

Do Polo São José dos Campos, aos tutores à distância Reginaldo Rodrigues Vicente e Nelci Ap^a Z. Rovaris, às tutoras presenciais Roanita e em especial à Roseli Sahade que muito me apoiou e incentivou até o final do curso.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“Um livro aberto é um cérebro que fala; fechado, um amigo que espera; esquecido, uma alma que perdoa; destruído, um coração que chora”.

Camilo Castelo Branco

RESUMO

OLIVEIRA, Marcia Helena Castro de. Aproveitamento da Água de Chuva. 2014. 37 folhas. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-graduação a Distância (EaD) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

A escassez de água é resultado das condições climáticas de determinadas regiões, principalmente onde as chuvas são irregulares provocando longas estiagens. O Brasil é um país localizado na América do Sul, de grande extensão territorial, com belezas naturais hídricas, relevo, fauna e flora, possui uma diversidade climática, com predominância do clima tropical. O território brasileiro é dividido em regiões Norte, Nordeste, Centro Oeste, Sudeste e Sul. Passam pelo território brasileiro, as linhas imaginárias do Trópico de Câncer, Equador e Trópico de Capricórnio, esta última passa pelo estado e cidade de São Paulo. O clima semiárido ocorre no interior do Nordeste (sertão nordestino), na região conhecida como Polígono das Secas que corresponde a quase todo o sertão nordestino e aos vales médio e inferior do rio São Francisco que abrange parte de Minas Gerais e Espírito Santo. Para melhorar a qualidade de vida daquela região, o Governo Federal implantou Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semi-Árido dentre eles destaca-se o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) e Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Este último, entre os objetivos está o de construir um milhão de cisternas, para captação da água de chuva, para a população rural carente, que não tem acesso ao abastecimento de água potável. Os estados da região sudeste do Brasil estão vivendo uma grande seca, entre eles, o estado de São Paulo, prejudicando milhões de pessoas. A cidade de São Paulo, capital do estado, é abastecida pelos Sistemas Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê e Rio Claro. O Sistema Cantareira, que abastece grande parte da região Metropolitana de São Paulo, é o mais afetado operando com aproximadamente 5,1% de sua capacidade, apesar de já estar utilizando o volume morto. A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) está concedendo descontos na conta de água, para quem reduzir o consumo. Este trabalho teve como objetivo uma pesquisa bibliográfica, em artigos científicos, notícias da internet, televisão, jornais e revistas, sobre os tipos mais comuns de cisternas, seu princípio de funcionamento e utilização, principalmente no sertão nordestino brasileiro. Após a pesquisa, foi realizada a construção de uma minicisterna, em uma escola estadual da zona Leste, pelos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II. O resultado foi muito positivo porque despertou um interesse muito grande na população residencial e comercial, em construir uma cisterna para captar água de chuva e utilizá-la em atividades que não necessitem de água potável.

Palavras-chave: Chuva. Água de chuva. Cisternas. Hidrologia. Meio-ambiente.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Marcia Helena Castro. Utilization of the Rain Water. 2014. 37 sheets. Monograph (Specialization in Science Teaching) - Programa de Pós-graduação a Distância (EaD) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

Water scarcity is a result of climate conditions in certain areas, especially where rainfall is irregular causing long droughts. Brazil is a country in South America with large territory, water natural beauty, diversity in land scape, fauna and flora. It also has diversity climate predominantly tropical climate. The Brazilian territory is divided into regions - North, North east, Center West, Southeast and South. Pass through the territory of Brazil the lines of Ecuador and Tropic of Capricorn, this one passes through the city of São Paulo. The semi-arid climate occurs in the Northeast. This region is known as the Drought Polygon which corresponds to almost all North eastern territory including large part of the São Francisco River Valley. To improve the quality of life of this Brazil I an region, the Federal Government implemented the Training and Social Mobilization for Coexistence with the Semi-arid where we can high light the Program-One Land and Two Waters (P1+ 2) and the Program-One Million Cisterns (P1MC). In this program, one of the goals, is to build a million cisterns for a in water harvesting to be used by the rural population without access to safe drink in gwater. The states of south eastern Brazil are experiencing as ever e drought, including the State of São Paulo, damaging millions of people. The city of São Paulo is supplied by water captured by the following systems: Cantareira, Guarapiranga, Alto Tietê and Rio Claro. The Cantareira system that supplies much of the metropolitan area of São Paulo is the most affected in the years 2014 and 2015 operating at approximately 5.1% of the capacity of the dams that form the system. The company that manages the drinking water collection system and also the sewage system in the State of São Paulo (Sabesp) is granting discounts on consumer account water that reduces water consumption. This study aimed to search the literature, scientific articles, the internet news, television, newspapers and magazines about the most common types of water harvesting, it's working principle and use focusing mainly in the Brazilian northeastern hinterland. After the search, a minicistern was built by the students of 9th grade of elementary school in as tate school in the east ern area of the city of São Paulo. The result was positive because aroused great interest in residential and commercial population to build cisterns to collect rainwater and use it in activities that do not require drinking water.

Keywords: Rain. Rainwater. Cisterns. Hydrology. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fortaleza dos Templários.....	15
Figura 2. Distribuição da água doce existente no mundo.....	16
Figura 3. Distribuição da água doce existente no Brasil.....	17
Figura 4. Polígono das Secas na Região Nordeste do Brasil.....	20
Figura 5. Cisterna de PVC doada pelo projeto P1MC.....	20
Figura 6. Agricultor coletando água do barreiro em Lagoa Grande-BA.....	20
Figura 7. Agricultor coletando água de açude.....	20
Figura 8. Cisterna tipo calçadão em Lagoa Grande-BA.....	233
Figura 9. Detalhes da construção de uma cisterna de placas.....	23
Figura 10. Cisterna de placas em assentamento.....	244
Figura 11. Cisterna sobre a superfície e cisterna enterrada.....	24
Figura 12. Cisterna tipo enxurrada - retirada da água por uma bomba manual.....	255
Figura 13. Grande tanque metálico em área rural da Austrália.....	266
Figura 14. Diagramas de cisternas com reservatório duplo e simples.....	266
Figura 15. Cisterna enterrável.....	277
Figura 16. Barris utilizados para o armazenamento de água de chuva.....	288
Figura 17. Minicisterna em barril.....	Erro! Indicador não definido. 1
Figura 18. Esquema do projeto de minicisterna.....	Erro! Indicador não definido. 2

1. INTRODUÇÃO

Acredita-se que a escassez de água potável deve-se às condições climáticas, ao acelerado crescimento populacional, à ocupação desordenada e irracional do solo, comprometendo as reservas naturais nos últimos cinquenta anos, e conseqüentemente o abastecimento de água potável. Isso tem causado grande preocupação para as autoridades mundiais que realizaram Conferências internacionais nas quais vários países assinaram acordos de ações para garantir a sustentabilidade da biodiversidade e recursos naturais do planeta Terra. Uma iniciativa para tornar o meio ambiente mais sustentável, foi de declarar o ano de 2003 o Ano Internacional da Água Potável.

O Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), revelam que quase a metade da população mundial não tem serviço de saneamento básico e sistema de abastecimento de água adequado. Segundo dados da (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciências e a Cultura-UNESCO, 2003), estudos apontam que a crise da água tem forte relação com a ausência de gestão dos recursos hídricos e se isso continuar, a projeção da Organização das Nações Unidas (ONU) mostra que no ano de 2050, mais de 45% da população mundial estará vivendo em países com falta de água potável.

Nas regiões áridas e semiáridas do mundo são utilizadas cisternas para a reserva de água de chuva, para diversas finalidades. De acordo com achados arqueológicos, esta técnica é milenar; desde a antiguidade existem cisternas espalhadas pelo mundo, algumas ainda em uso. As primeiras cisternas eram muito rústicas e com tecnologia simples; as atuais possuem tecnologias mais modernas, e cada tipo e tamanho é construída de acordo com a necessidade e uso de cada região, comunidade ou família.

O Brasil é um país de grande extensão territorial, localizado na América do Sul, possui seis tipos de clima, com predominância do tropical. Suas reservas de água potável estão diminuindo devido ao crescente consumo, desperdício, poluição das águas superficiais e subterrâneas que são atingidas por esgotos domésticos, resíduos tóxicos da indústria e da agricultura. Seu vasto território está dividido em cinco regiões, definidas por critérios de semelhanças físicas, humanas, culturais e econômicas estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As regiões brasileiras são: Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul. No interior

da região Nordeste (sertão nordestino), o clima é semiárido, com altas temperaturas e ausência de chuvas por vários meses durante o ano. Governos Federal, Estadual e Municipal juntamente com Articulação do Semiárido (ASA), que é a união de aproximadamente oitocentas Organizações Não Governamentais (ONGs), têm trabalhado juntos, em vários projetos e dentre eles destaca-se o Projeto Um Milhão de Cisternas (P1MC) para melhor convivência com o semiárido que objetiva a construção um milhão de cisternas para famílias da zona rural que não tem acesso ao sistema de abastecimento de água, com isso, reduzindo doenças e morte infantil pelo uso da água contaminada.

Os estados da região Sudeste estão enfrentando a maior seca dos últimos anos. Dentre eles está o estado de São Paulo, cuja capital é de mesmo nome, está enfrentando a maior crise de abastecimento de água da sua história, prejudicando 17 milhões de pessoas nas regiões metropolitanas da capital e do município de Campinas.

A cidade de São Paulo é a maior e mais populosa do Brasil, a qual recebe imigrantes de diversas partes do mundo e emigrantes de vários estados do país, em sua maioria, trabalhadores vindos da região Nordeste brasileira, fugindo das secas. A cidade é abastecida de água potável pelos Sistemas Cantareira, Rio Claro, Alto Tietê e Guarapiranga. O Sistema Cantareira é o maior, abastece 55% da Região Metropolitana de São Paulo e a maior parte da capital do estado, abrangendo as Zonas Norte e Central, maior parte da Zona Leste e toda a Zona Oeste. Os outros bairros são abastecidos pelo Sistema Rio Claro para o bairro Sapopemba-Zona Leste; Sistema Alto Tietê para outra parte da zona Leste; e Sistema Guarapiranga para as zonas Sul e Sudeste. Segundo dados fornecidos pela Companhia de Abastecimento Básico de São Paulo (SABESP), o Sistema Cantareira chegou a operar com a capacidade máxima (100%) no ano de 1999 e chegando a aproximadamente 5,1% em dezembro de 2014. O desperdício de água desde a estação de tratamento até as residências pode chegar a 60% devido aos vazamentos pela rede de distribuição.

O Objetivo deste trabalho é de conhecer e entender o funcionamento de cisternas, conscientizar a população da importância em economizar água potável e despertar interesse de quem reside na zona urbana, em aderir a este sistema de captação da água de chuva, para realizar atividades que não necessitem da água tratada, ajudando assim, as bacias hidrográficas e o nosso planeta.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A metodologia utilizada neste trabalho será revisão bibliográfica, exploratória, qualitativa (RODRIGUES, 2007), com análise de diversos trabalhos que versam sobre o tema “Aproveitamento da Água de Chuva” com o sistema de cisternas; evolução histórica, tipos de cisternas mais utilizadas em diversos países e no Brasil, com ênfase na região semiárida nordestina e Polígono das Secas. Este tipo de sistema de captação certamente diminuirá o consumo da água potável acarretando economia e agilidade para as estações de tratamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA - ABORDAGEM HISTÓRICA

O aproveitamento da água de chuva é feito desde a antiguidade. O primeiro registro que se tem do uso da água de chuva é verificado na pedra Moabita, encontrada na antiga região de Moab perto de Israel, datada de 830 a.C., com inscrições de determinações do rei Mesa para que em cada casa fosse construída uma cisterna para uso próprio. (GNADLINGER, 2000)

A cisterna mais antiga é provavelmente a de Istambul, na Turquia, construída durante o Império Romano, com capacidade de 80.000 m³ para água proveniente das chuvas. Na África, o registro mais antigo é encontrado no norte do Egito, com cisternas cuja capacidade de armazenamento entre 200 e 2.000 m³, muitas ainda se encontram em operação. (WERNECK, 2006)

No Planalto de Loess, na China (Província de Ganzu), existiam cacimbas e cisternas subterrâneas, revestidas de argila vermelha impermeável, para coleta de água de chuva há mais de dois mil anos, sendo naquela época fundamentais para a sobrevivência da população. Nessa mesma época, no deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, foi encontrado um sistema integrado de manejo de água de chuva para a agricultura. (WERNECK, 2006)

Os maias também deixaram registro do aproveitamento da água de chuva em diferentes tipos de cisternas construídas no subsolo calcário, revestidas com rebocos impermeáveis, com capacidade entre 20 a 45 m³.

Na cidade de Tomar, em Portugal, ainda existem cisternas construídas no ano 1160 com capacidades de até 215 m³, como a da Fortaleza dos Templários, mostrada na Figura 1.



Figura 1. Fortaleza dos Templários.

Durante a colonização portuguesa, foram introduzidas as cisternas em diversas partes do mundo. No Brasil, têm-se registros da existência de cisternas construídas no século XVIII em Santa Catarina, na Fortaleza de Santo Antônio de Ratonas, onde a água da chuva era captada dos telhados e conduzida até a cisterna para o consumo pelas tropas do império. (PETERS, 2006)

Em Cabo Verde, as cisternas apareceram após 1462, período em que se iniciou o povoamento das ilhas com escravos trazidos da África continental e com membros da coroa portuguesa que começaram a explorar o arquipélago.

A prática da coleta da água de chuva é comum em diversas regiões, principalmente em zonas áridas e semiáridas do mundo onde a escassez se faz sentir de forma mais aguda. Em zonas com precipitações reduzidas e distribuídas de forma irregular tem utilizado a captação da água de chuva para o fornecimento de água para consumo humano. (GNADLINGER, 2009; QIANG, 2009; TAVARES, 2009)

O armazenamento de água de chuva pode ter diversas finalidades, usos nobres (beber, cozinhar e higiene pessoal), dessedentação de animais, para o controle de inundações e para assegurar a disponibilidade de água nos casos de emergência, como ocorre em Tóquio, Japão, onde a água é armazenada em reservatórios individuais ou comunitários para a população de forma geral. (OLIYNIK, 2002)

3.2. ÁGUA DOCE NO MUNDO

No mundo 97,5% da água é salgada; a água doce somente corresponde aos 2,5% restantes. Porém 68,9% da água doce estão congelados nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas. A água subterrânea compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,266% da água doce do planeta representa toda a água dos lagos, rios e reservatórios (significa 0,007% do total de água doce e salgada existente no planeta). O restante da água doce está na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor. (TOMAZ, 2003)

A América do Sul corresponde a 23,1% da vazão média do mundo, sendo superada apenas pela Ásia com 31,6%. A Figura 2 mostra o percentual da água doce existente no mundo.

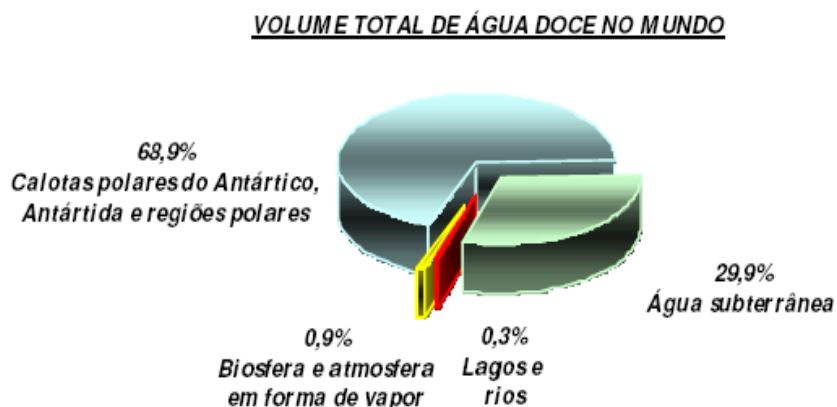


Figura 2. Distribuição da água doce existente no mundo.

Segundo as palavras de Makoto Murase, presidente da Conferência Internacional sobre Aproveitamento de Águas de Chuvas, estima-se que, pelo meio do século XXI, 60% da população estará concentrada nas áreas urbanas, principalmente na Ásia, África e América Latina, e aparecerão os problemas de secas e enchentes.

No Brasil, a região Norte tem 7,40% da população e 68,5% da água de todo o país, havendo um desequilíbrio entre oferta e necessidade. A região Sudeste possui maior população e é onde o problema é mais acentuado pela poluição dos rios, em consequência da atividade industrial, utilização dos insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos.

A água é um recurso renovável, mas finito e praticamente constante nestes últimos 500 milhões de anos. Segundo previsões no atual século XXI haverá falta de água para um terço da população mundial. O Ministério do Meio Ambiente afirma

que 72% das internações hospitalares no Brasil são decorrentes de problemas relacionados à água.

Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, a urbanização já passou dos 60% (em alguns casos está próxima dos 90%), nas regiões Norte e Nordeste, oscila perto de 50%. Por suas características climáticas, com o predomínio dos climas equatorial e tropical, o Brasil recebe um significativo volume de chuva por ano, que varia de 3.000 mm na Amazônia e 1.300 mm no centro do país. No sertão nordestino este índice varia entre 250 e 600 mm por ano. A Figura 3 mostra a distribuição por região da água doce no Brasil.

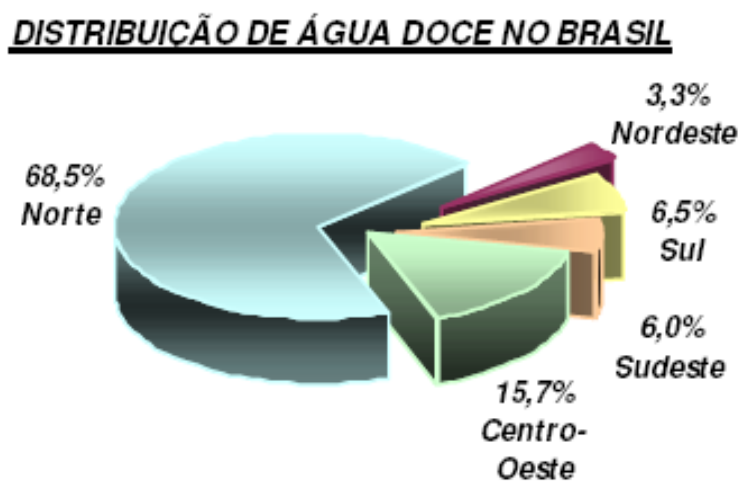


Figura 3. Distribuição da água doce existente no Brasil.

3.3. CISTERNAS

Em condições de escassez, a população e os órgãos gestores buscam fontes alternativas de água para o desenvolvimento pleno das atividades humanas. Dentre elas, destaca-se a água de chuva que pode ser facilmente armazenada e preservada para uso nas épocas de estiagens. (FUNASA, 2007)

A água de chuva armazenada em cisternas é considerada uma fonte alternativa. A tecnologia de coletar água de chuva é milenar e utilizada desde tempos primordiais da civilização humana para satisfazer as necessidades de água e reduzir os problemas relacionados com sua escassez. Ao longo do tempo, houve aprimoramentos nas práticas de construção dos Sistemas de Captação e Armazenamento de Água de chuva em Cisternas - SCAAC.

A qualidade da água da chuva captada dos tetos e armazenada em cisternas depende da pureza da atmosfera, dos materiais usados para construir a área de captação, das impurezas depositadas nessa área e do manejo da cisterna. (ANDRADE NETO, 2004; GNADLINGER, 2007)

Em áreas rurais a atmosfera geralmente é menos poluída do que em áreas urbanas, devido à inexistência ou poucas fontes poluidoras do ar, como fábricas e automotores circulando em grande escala. (ANNECCHINI, 2005)

3.3.1. As Cisternas e o Problema da Seca no Sertão Nordestino

Segundo informações da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paraíba (CODEVASF), o Polígono das Secas, (Figura 4) é um território que compreende uma divisão regional efetuada em termos político-administrativos, dentro da zona semiárida, sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, apresenta diferentes zonas geográficas com distintos índices de aridez, que vai desde áreas com características estritamente de seca, paisagem típica de semideserto até áreas com balanço hídrico positivo, como a região de Gilbués, no Piauí. Esta divisão compreende os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e extremo norte de Minas Gerais e do Espírito Santo.



Fonte: Brasil (2005).

Figura 1

Nova abrangência da região semi-árida e subúmida seca do Nordeste do Brasil.

Figura 4. Polígono das Secas na Região Nordeste do Brasil.

A Articulação do Semiárido (ASA) é uma sociedade civil que reúne aproximadamente duas mil entidades tais como, sindicatos dos trabalhadores rurais, associações de agricultores, cooperativas de produção, religiosos e Organizações não Governamentais (ONGs), que dentre os objetivos, o principal é promover a convivência com o semiárido em todas as atividades que desenvolver (terra, reforma agrária, crédito, assistência técnica), a qual busca gerenciar a água, combater a desertificação, conservar o bioma da caatinga, dar educação formal adaptada ao semiárido e outras para tornar um lugar digno de morar. Em parceria com o governo Federal, a ASA desenvolve vários projetos, dentre os quais, destaca-se “Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido Um Milhão de Cisternas Rurais” (P1MC), tendo como principal objetivo, construir um milhão de cisternas, com capacidade para dezesseis mil litros (16.000 l) de água de chuva, destinadas às famílias carentes da zona rural que vivem no semiárido brasileiro, as quais não tem acesso ao sistema de abastecimento de água.

A primeira cisterna do Sertão nordestino foi inaugurada pela ASA na comunidade de Lagoa Grande, município de Sobradinho, Bahia, em 23/11/2000.

De acordo com a ASA-PE, com o apoio do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), entre 2009 e 2011, oitocentas (800) escolas rurais do semiárido, foram atendidas com a construção de cisternas para captação de água de chuva. Dentre os tipos de cisternas construídas no sertão, as de placas de cimento são as mais usadas, possui de uma tecnologia barata, aproximadamente dois mil e duzentos reais (R\$ 2.200,00), incluindo material de construção e todo o processo de mobilização e formação, são de fácil manutenção, envolve a comunidade, socializa as famílias, gera renda para o próprio município, e ainda aquece a economia local. Em contrapartida, o governo Federal comprou cisternas de polietileno (PVC) prontas, com um custo aproximado de cinco mil reais (R\$ 5.000,00) para ser entregue à população que ainda não foi beneficiada. Algumas dessas cisternas, após algum tempo da instalação, problemas técnicos de deformação, devido ao aquecimento do sol e também rachaduras e tiveram que ser trocadas.. Veja na Figura 5, uma cisterna de PVC doada pelo Projeto P1MC.

Este programa teve um grande impacto positivo na região, com isso dando liberdade para as famílias de poder gerenciar sua própria água, que até então, tinham como meio natural de obtenção, os barreiros (ver Figura 6), barragens, açudes (ver Figura 7), poços e cacimbas.



Figura 5. Cisterna de PVC doada pelo Projeto P1MC.



Figura 6. Agricultor coletando água do barreiro em Lagoa Grande-BA.



Figura 7. Agricultor coletando água de açude.

3.3.2. O Problema da Seca em São Paulo

O estado de São Paulo está passando pela maior estiagem dos últimos 84 anos de sua história. Desde 2004, a Sabesp está tirando mais água do Sistema Cantareira do que a quantidade prevista no projeto, mas o sistema não aumentou fisicamente, continua do mesmo tamanho desde 1983, enquanto o crescimento populacional deu um salto muito grande, conseqüentemente o consumo também.

A Sabesp diz que investiu R\$ 9,3 bilhões entre 1995 e 2013 no sistema de abastecimento de água de São Paulo, aumentando a capacidade de produção de 57,6 para 73,2 m³/s (metros cúbicos por segundo). A empresa afirma ter investido na redução de perdas, que caíram de 33%, em 1998, para 20,3%, em 2014, e no programa de água de reuso.

São Paulo é uma cidade que cresceu muito, com ocupação irregular de terrenos, contaminação dos mananciais, gerando danos ambientais muitas vezes irreversíveis. A falta de chuvas agravou um quadro de tradicional escassez hídrica na região metropolitana de São Paulo, que abastece mais de 20 milhões de habitantes com água da bacia dos rios Piracicaba (principalmente), Capivari e Jundiaí (bacia PCJ), que constituem os mananciais do chamado sistema Cantareira, localizado entre 80 e 100 km da capital paulista.

A região metropolitana de São Paulo (RMSP) é dotada de uma topografia favorável e da existência de mananciais próximos, mas o crescimento acelerado, o uso irresponsável e a ocupação desenfreada de áreas que deveriam ser protegidas tornou esse suprimento insuficiente ao longo do século passado. A primeira outorga do sistema Cantareira foi em 1974, por 30 anos, seguiu-se a renovação em 2004, por 10 anos, e a terceira renovação, em agosto de 2014.

Paralelamente à reversão das águas dos rios componentes da bacia PCJ, ocorreu, nesse mesmo período, um grande crescimento econômico da região de Campinas (onde se situa a bacia do PCJ), conseqüentemente houve a poluição e mortandade de peixes, sobretudo no rio Piracicaba. Da disponibilidade hídrica de 36 m³/s, o sistema Cantareira, por intermédio das sucessivas outorgas, supre 31 m³/s para a RMSP e 5 m³/s para a região de Campinas. Com o crescimento econômico, a intensa industrialização e o incremento populacional das últimas décadas, tornaram aquele volume extremamente crítico para a região de Campinas.

A vazão do Cantareira para os municípios do PCJ (Piracicaba, Campinas, Jundiaí), depois da redução recente das captações determinada pela Agência Nacional de Águas – ANA, atualmente está em 3 m³/s (São Paulo está com 27,9 m³/s); só a cidade de Capinas precisa de 4 m³/s, necessitando de ações estruturais implantadas desde já, para minimizar riscos futuros.

Alguns municípios já aprovaram Lei que regulamenta o uso da água da chuva, e na cidade de São Paulo a Lei Municipal é a de nº 13276/202. Uma das alternativas para esse problema é o incentivo da população, para o uso do sistema de cisternas simples e apoiadas, mesmo que a captação seja pequena, como as de barril, por exemplo, para que a população mude seus hábitos em relação ao uso da água.

Em algumas cidades do Brasil, prédios e casas, já utilizam cisternas, como alternativa para diminuir o impacto ambiental.

3.3.3. Partes componentes do sistema

Área de captação, calhas, ductos e tanque de armazenamento, são as partes que compõem um sistema de captação de água de chuva. Na tomada de decisão para a construção desse tipo de sistema, deve-se levar em conta a finalidade do uso da água que será armazenada, e a quantidade de pessoas que serão beneficiadas. O volume da cisterna deve estar relacionado com os dados pluviométricos locais. É importante saber alguns conceitos do sistema de captação.. (GNADLINGER, 1997). Para a área de captação, geralmente são utilizados os telhados das moradias, mas também pode utilizar a superfície no chão, cimentada ou coberta por pedras. Nesse caso, diz-se que a área de captação é do tipo calçadão. Um exemplo do tipo calçadão pode ser visto na Figura 8. As calhas são dispositivos utilizados na condução da água captada que podem ser feitas de diversos materiais como, por exemplo, canos de PVC cortados no meio, folhas de zinco, até latas de óleo ou madeira. As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844/89, sendo que tais dimensões são baseadas em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do período de retorno escolhido. Os ductos, geralmente são canos de PVC que ligam as calhas cisterna. O tanque de armazenamento (cisterna) é o reservatório para armazenar a água de chuva, que pode ser construído de diferentes materiais.



Figura 8. Cisterna tipo calçadão em Lagoa Grande-BA.

3.3.4. Tipos de cisternas mais comuns

Existem cisternas subterrâneas e apoiadas. Segundo Gnadlinger (1997), existem cinco tipos principais de cisternas construídas no semiárido brasileiro - SAB: cisternas de placas de cimento, cisternas de tela e arame, cisternas de tijolos, cisternas de cal e cisternas de plástico. Dentre todas elas, nos últimos anos com a criação de programas abrangentes de construção de cisternas para beneficiar a população carente em grande escala, o tipo mais usado é o de cisternas de placas, que requer tecnologia simples, barata, usa materiais fáceis de encontrar no SAB e é fácil de transferir às comunidades. (FUNASA, 2005)

Segundo Gnadlinger (2000), entre os tipos diferentes de cisternas usadas para resolver o problema da água potável em áreas rurais do nordeste brasileiro, a cisterna de placa de concreto com tela de arame, fortificada com arame galvanizado e rebocada por dentro e por fora, tem sido a mais construída. Na Figura 9 à esquerda, é mostrado um esboço de uma cisterna tipo placas em fase de construção e na mesma figura, à direita, é mostrado, em detalhe, a cobertura deste mesmo tipo de cisterna.

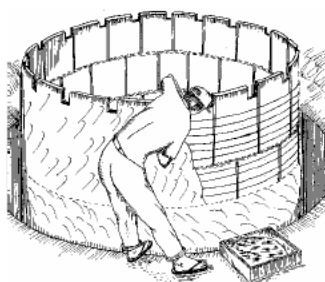


Figura 9. Detalhes da construção de uma cisterna de placas.

A melhor forma de armazenamento é a cisterna subterrânea. Sem luz e calor, retarda-se a ação das bactérias. Em geral, qualquer material impermeável e não tóxico pode ser usado, tais como fibra de vidro, tanques de polietileno, aço inox ou concreto. As cisternas maiores são normalmente feitas de concreto, que ainda têm a vantagem de neutralizar a acidez da água. A Figura 10 mostra um conjunto de cisternas de placas semienterradas, em um assentamento localizado na região do semiárido nordestino.



Figura 10. Cisterna de placas em assentamento.

No entanto, a aderência entre as placas de concreto algumas vezes pode ser fraca resultando em rachaduras por onde a água pode vazar. Por esta razão, a cisterna de concreto com tela de arame (Figura 11 à esquerda), que utiliza uma fôrma durante a primeira fase de construção, pode vir a ser o modelo mais apropriado para a região. Uma cisterna desse tipo raramente vaza, mas caso isso aconteça poderá ser concertada facilmente. Outro tipo de cisterna que, segundo Gnadlinger (1999), também pode ser utilizada no semiárido brasileiro é a cisterna enterrada, feita de tijolos e argamassa de cal (Figura 11 à direita).



Figura 11. Cisterna sobre a superfície e cisterna enterrada.

Na cisterna tipo enxurrada, como a mostrada na Figura 12, semienterrada a água é retirada por bomba manual.



Figura 12. Cisterna tipo enxurrada - retirada da água por uma bomba manual.

A cisterna mostrada na Figura 13 fica praticamente enterrada na sua totalidade, utiliza a técnica conhecida pelos tanques metálicos que podem ser encontrados em várias partes do mundo.

A vantagem dos tanques metálicos está no fato de poderem ser levados até o local e montados em um curto espaço de tempo por uma pessoa especializada, sem a necessidade de fazer uma fundação extremamente firme, porque a própria estrutura metálica oferece o suporte necessário. Nos países em desenvolvimento podem ser observados problemas de corrosão no fundo desse tipo de tanque, aproximadamente dois anos depois. A construção de um reforço de metal ao redor da base do tanque pode resolver este problema, mas isso já faz com que a aceitação dos tanques de metal seja menor. Este problema geralmente não aparece nos tanques fabricados nos países desenvolvidos, porque recebem uma camada de plástico no seu interior. (DTU, 2003)



Figura 13. Grande tanque metálico em área rural da Austrália.

Segundo a empresa 3P Technik do Brasil Ltda., as cisternas mais modernas, como as mostradas em diagrama na Figura 14, são confeccionadas em uma única peça, sendo, portanto, mais estanques e higiênicas. À esquerda na Figura 14 pode-se observar em detalhe um mecanismo desenvolvido para garantir um fluxo de abastecimento contínuo, independente do volume acumulado na cisterna. Elas têm função dupla: uma parte da água fica armazenada para ser utilizada posteriormente e outra parte da cisterna funciona como “buffer”, liberando a água da chuva em uma vazão controlada após o término da precipitação. Na entrada da cisterna sugere-se a colocação de um “freio d’água”, para não agitar a água armazenada, prejudicando o processo de sedimentação. (FENDRICH, 2002)

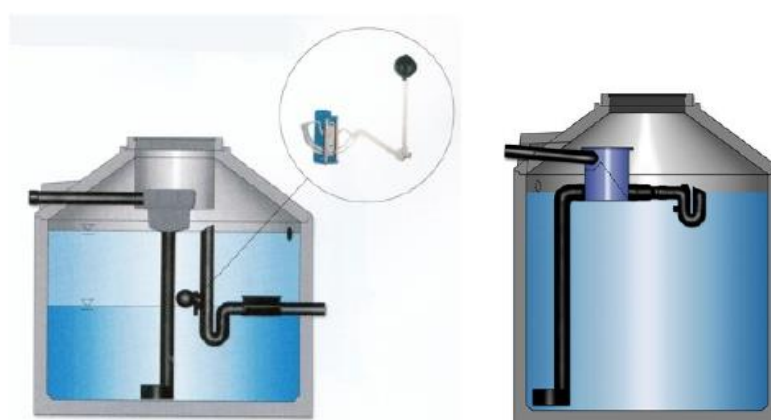


Figura 14. Diagramas de cisternas com reservatório duplo e simples.

A Metalúrgica Cacupé, de Florianópolis-SC, lançou no mercado um novo modelo de cisterna enterrável, como a mostrada na Figura 15. A cisterna é feita em polietileno, com grande resistência devido à sua forma esférica e baixo peso. O

modelo para cinco mil litros (5.000 l) pesa apenas duzentos e trinta quilos (230 kg) e pode ser assentado diretamente no solo. (CACUPÉ, 2003)



Figura 15. Cisterna enterrável.

Existe outra técnica de aproveitamento de água de chuva que é mais simplificada e consiste na colocação de um barril, que pode ser plástico ou metálico, na descida das calhas para coletar a água do telhado (Figura16). Este barril fica apoiado sobre o solo e possui uma torneira por onde é retirada a água. A cidade de Vancouver, na costa oeste do Canadá, possui um programa piloto para a conservação da água que subsidia a compra de barris para armazenar a água de chuva. Esta água é utilizada exclusivamente para a rega de gramados e jardins onde, segundo os dados do projeto, é consumida cerca de 40% de toda a água de uso doméstico durante o verão. O barril é de fácil instalação e já vem com saídas para regadores, mangueiras, e um sistema que impede a abertura por crianças. (WATER CONSERVATION HOTLINE, 2003)

Os barris de óleo são um dos reservatórios mais amplamente utilizados em todo o mundo. No entanto, deve ter alguns cuidados importantes para a sua utilização. Alguns barris, agora utilizados para o armazenamento de água de chuva, eram utilizados anteriormente para transportar produtos químicos, muitas vezes tóxicos; alguns não possuem condições de serem devidamente tampados, oferecendo riscos para a qualidade da água e favorecendo o desenvolvimento de

mosquitos; a retirada da água pode ser um problema caso não sejam feitas as adaptações para instalação das saídas para torneira, mangueira e extravasor.

Se forem tomados os devidos cuidados referentes a estes aspectos, os barris podem ser uma alternativa de baixo custo para o armazenamento de pequenos volumes de água de chuva. (DTU, 2003)



Figura 16. Barris utilizados para o armazenamento de água de chuva.

3.3.5. Qualidade da água de cisternas

Os padrões de qualidade do sistema de água de chuva para água não potável no ponto de uso é opção do projetista podendo conforme a situação ser exigido cloração ou não. Não é recomendado água de chuva para fins potáveis em áreas urbanas. No caso da água de chuva ser utilizada para lavagem de roupas ou piscina deve ser precedido de filtros lentos de areia para remoção de parasitas, como, por exemplo, o *Crypstoridium parvum*.

3.3.6. Diretrizes para a construção de cisternas

Para a construção de uma cisterna, o primeiro passo dever ser a análise das séries históricas e sintéticas das precipitações locais e regionais, sendo aconselhável, no mínimo, um período de 10 anos de dados a serem analisados.

Os reservatórios ou cisternas podem ser do tipo enterrado, semienterrado, apoiado ou elevado. Os materiais podem ser concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox; sempre vedados à luz solar. Devem ser construídos, como se fossem para armazenamento de água potável, devendo ser tomados os devidos cuidados, para a não contaminação da água de chuva coletada dos telhados e não deverá ser usada para fins potáveis, em

substituição à água tratada e desinfetada com derivado clorado e flúor que é distribuída pelas concessionárias públicas. No projeto, deve ser considerado o extravasor, descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Quando alimentado com água de outra fonte de suprimento, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada. Devem ser limpos e desinfetados com solução de derivado clorado, no mínimo uma vez por ano de acordo com a ABNT NBR 5626/98. O volume não aproveitável da água de chuva pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático. A descarga de fundo pode ser feita por gravidade ou por bombeamento. A água reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar no reservatório através da tubulação de extravasão.

3.3.7. Dimensionamento da cisterna

Segundo Plínio Tomaz (2003), apud Iara Barros (2009), deve-se salientar que o dimensionamento de cada reservatório é diferente para cada caso. Se o objetivo for captação da água de chuva para evitar enchentes, o reservatório tem de ficar vazio antes da próxima chuva, enquanto que para a captação da água de chuva para aproveitamento, o reservatório tem sempre de ficar com um pouco de água para uso.

4. O USO RACIONAL DA ÁGUA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Com o problema de estiagem na região sudeste do país, principalmente na cidade de São Paulo onde está localizada a escola, preparei uma aula diferente para tratar do assunto da “Água”.

Apresentei para os alunos o problema, e fiz alguns questionamentos verbalmente e depois, por escrito, conforme abaixo:

- 1- De onde vem a água que você bebe em sua casa e na escola?
- 2- Por que está tendo racionamento de água na cidade de e outras regiões do Sudeste do país?
- 3- O que a falta de chuvas tem a ver com a distribuição de água?
- 4- Que rios integram o sistema Cantareira?
- 5- Por que o Sistema Cantareira tem que trazer água de outras localidades se tem rios na cidade?
- 6- Por que os rio Tietê, Pinheiros e Tamanduateí estão tão poluídos?
- 7- Por que quando chove forte na cidade de São Paulo, tem enchentes?
- 8- O que posso fazer para contribuir com a natureza, evitando a degradação do meio ambiente?
- 9- Você conhece algum sistema de captação da água de chuvas?
- 10- Como podemos reservar a água da chuva além de baldes?
- 11- O que é cisterna e qual seu funcionamento?

Com base em todos esses questionamentos, fomos para a sala de informática para buscar respostas na internet. A pesquisa continuou na aula seguinte. Depois foi feito um debate sobre o assunto na sala de aula.

A turma tem 40 alunos, formei cinco grupos e cada um com oito alunos. Propus a eles a confecção de uma maquete com material reciclável, na qual deveria ter uma casa com telhado de duas águas e um sistema de cisterna, na qual deveria ter a simulação de chuva e a captação da água. Cada grupo deveria fazer um tipo diferente de cisterna utilizada no semiárido nordestino. O projeto demorou dois meses e no final, os trabalhos foram apresentados para toda a escola, indo para a apresentação uma sala de cada vez, juntamente com seus professores. O trabalho foi muito positivo, os alunos compreenderam o sistema de captação e tiveram interesse em fazer uma minicisterna na escola e em suas casas. Compreenderam

que com pequenas ações podemos diminuir o impacto ambiental causado pela poluição das águas, enchentes e uso excessivo, irracional da água potável.

O trabalho foi apresentado na Feira Cultural para a comunidade presente, foi de grande interesse da população o uso de cisternas nas residências e estabelecimentos comerciais da região. Abaixo, na Figura 17, uma fotografia de uma minicisterna e na Figura 18 um esquema de um projeto de minicisterna.



Figura 17. Fotografia de uma minicisterna Barris utilizados para o armazenamento de água de chuva.
Fonte: www.sempresustentavel.com.br

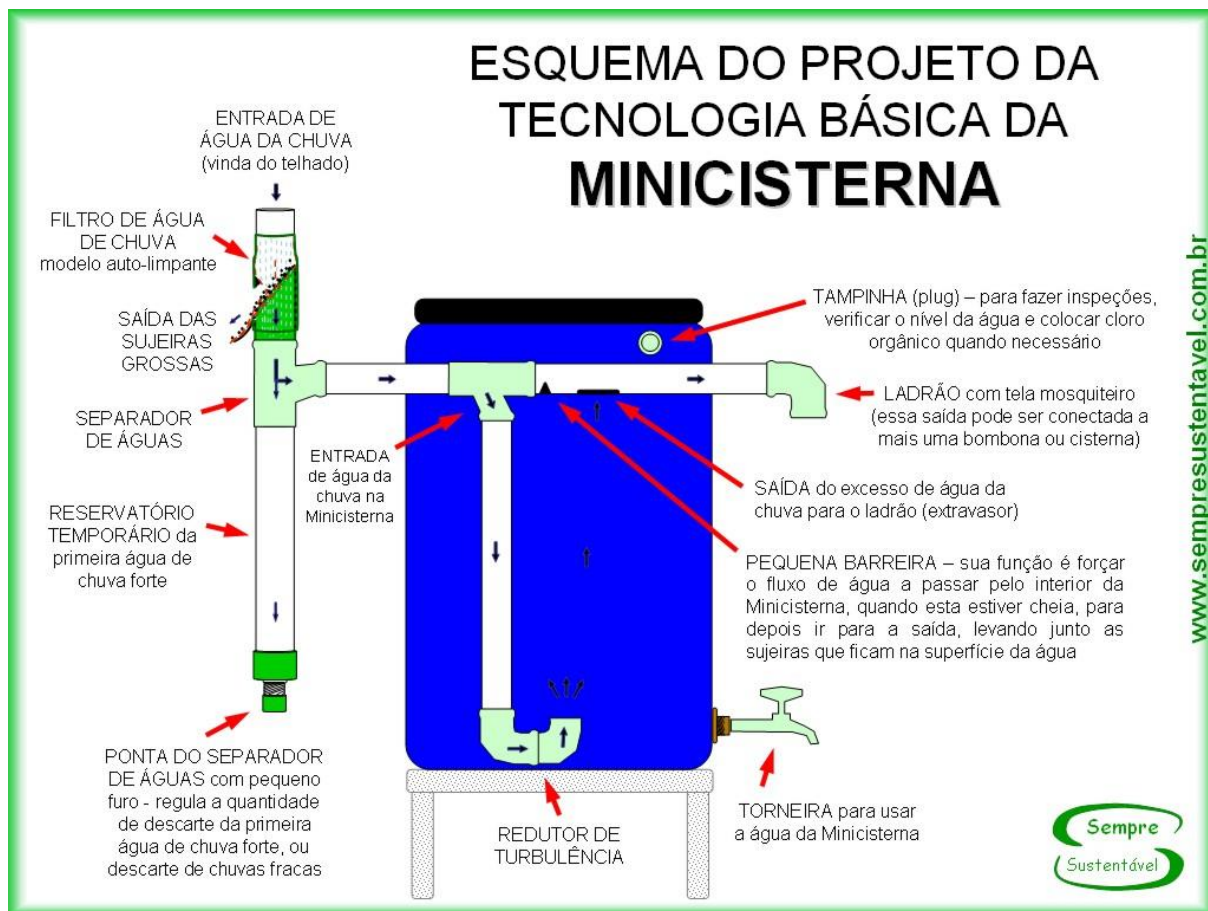


Figura 18. Esquema do projeto de uma minicisterna
Fonte: www.sempresustentavel.com.br

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi de conhecer os tipos de cisternas, funcionamento em uso, principalmente na região semiárida da região Nordeste do Brasil, no Polígono das Secas. Mostrar também que é possível fazer cisternas simples em residências para captação da água de chuva, mesmo que seja época normal das chuvas, principalmente para lavar calçadas, carros, regar as plantas, hortas, e outros fins não potáveis, com isso economizando a água potável tratada, que é um bem precioso para a humanidade.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6023. Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-14724. Informação e documentação: formatação de trabalhos acadêmicos. Rio de Janeiro, 2006.

ANDRADE NETO, C. O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: Simpósio Lusobrasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, RN, 2004.

ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Espírito Santo, Vitória, 2005.

BARROS, Iara Jassira Costa. Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva em Comunidades Rurais da Ilha de Santiago - Cabo Verde. Monografia, Campina Grande, PB, 2009.

CACUPÉ METALÚRGICA. Instruções para instalação. Acesso em 12/10/2014 em http://www.bellacalha.com.br/index_bra.html.

CODEVASF- Polígono das Secas. Acesso em setembro/2014 em <[http://www.codevasf.gov.br/DeSaTiVaDo_osvales/vale-do-sao-francisco/poligono-das-secas/?searchterm=poligono das secas](http://www.codevasf.gov.br/DeSaTiVaDo_osvales/vale-do-sao-francisco/poligono-das-secas/?searchterm=poligono%20das%20secas)>

DTU – Development Technology Unit. University of Warwick School of Engineering. Roofwater Harvesting for Poorer Households in the Tropics. Acessado em 11/11/2014 de <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/dfid.html>.

FENDDRICH, Roberto; OLIYNIK, Rogério. Manual de utilização das águas pluviais. 1ª Edição. Curitiba: Editora Livraria do Chain, 2002.

FUNASA. Proteção sanitária das cisternas utilizadas na preservação de águas pluviais para uso domiciliar: aspectos técnicos e educacionais. 1º Relatório parcial de atividades. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

FUNASA. Proteção sanitária das cisternas utilizadas na preservação de águas pluviais para uso domiciliar: aspectos técnicos e educacionais. 1º Relatório final de atividades. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

GNADLINGER, João. Apresentação Técnica de Diferentes tipos de Cisternas Construídas em Comunidades Rurais no Semi-árido Brasileiro. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Campina Grande, 1997.

GNADLINGER, João. Colheita de água de chuva em áreas rurais. Juazeiro, BA: IRPAA, 2000. 40p. Acesso em 11/11/2014, em <http://www.abcmac.com.br>.

GNADLINGER, João. Captação de água de chuva para uso doméstico e produção de alimentos: a experiência do Estado de Gansu no norte da China. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo da Água de Chuva no Semi-Árido. Campina Grande, PB, 2001.

GNADLINGER, João. Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semi-árido brasileiro, In Anais do 6º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2007.

LISBOA, M.; ANDRADE, M.; LISBOA, H. de M. Cisterna de placas de Ardósia armada. In 7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo da Água de Chuva. Caruaru, 2009.

PETERS, M. R. Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

QIANG, Z. Uma maneira sustentável para desenvolvimento rural integrado na área montanhosa da China. In 7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo da Água de Chuva. Caruaru, 2009.

TAVARES, A. C. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semi-árido Paraibano. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. 2º Edição. São Paulo: Editora Navegar, 2003.

WERNECK, G. A. M. Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.