

EDUARDO MIKI WATANABE

SISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS
RURAIS

SÃO PAULO
2009

EDUARDO MIKI WATANABE

SISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM ÁREAS
RURAIS

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a conclusão do curso de
Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Engenharia
Mecânica

Orientador: Professor Doutor Antônio
Luís de Campos Mariani

SÃO PAULO
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Watanabe, Eduardo Miki

Sistema de coleta e armazenamento de água em áreas rurais
E.M. Watanabe. – São Paulo, 2009.

93 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

- 1. Água pluvial (Captação; Tratamento; Armazenagem)**
- 2. Assentamento rural I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II. t.**

RESUMO

A captação e o aproveitamento de água de chuva como água potável para consumo humano ou para uso secundário não é uma idéia nova, havendo várias evidências na história sobre o uso desta técnica. A captação de água de chuva, se introduzida em larga escala, pode aumentar consideravelmente o abastecimento existente de água a um custo relativamente baixo, e passar para as comunidades a responsabilidade de gerenciar seu próprio abastecimento de água e contribuir para o desenvolvimento sustentável delas. Este trabalho visa projetar um sistema de coleta, e armazenamento de água de chuva para áreas rurais, focando para o caso dos assentados em Canuanã. O sistema é composto de uma área de coleta, um conjunto de calhas e condutores para transporte da água coletada, um reservatório de auto-limpeza para tratamento da água e um reservatório de água. Após um estudo de viabilidade conclui-se que o sistema terá o telhado das residências como área de coleta; as calhas e os condutores serão semicirculares de PVC; o reservatório de auto-limpeza será um dispositivo automático de descarte da primeira água do telhado; e o reservatório de água será uma cisterna de placas de cimento. Desenvolve-se um projeto básico dos quatro elementos que compõem o sistema, realizando-se também uma análise de custos. Conclui-se que o sistema consegue atender à 42% da demanda de água de uma residência, suprimindo toda a necessidade de água potável dela.

ABSTRACT

The collection and use of rainwater for drinking water for human consumption or for secondary use is not a new idea, there is ample evidences in the history of the use of this technique. The collection of rainwater, if introduced on a large scale, can significantly increase the existing supply of water at a relatively low cost, and give the communities the responsibility to manage their own water supply and contribute to the development of themselves. This project aims to design a system to collect and store rain water in rural areas, focusing on the case of Canuanã. The system consists of a collection area, a set of gutters and conductors to transport the collected water, a tank of self-cleaning to treat the water and a water tank. After a feasibility study, it is concluded that the system will have the roofs of houses as the collecting area, gutters and conductors will be semicircular PVC feature, the tank of self-cleaning will be an automatic discharge of the first water, and the water tank is a tank of cement boards. It is developed a basic design of the four elements that make up the system, and a cost analysis is conducted. It is concluded that the system can supply 42% of the water demand of a residence, supplying all the needs of drinking it.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

1	Introdução	1
2	Objetivos do Projeto	5
3	Revisão Bibliográfica.....	6
3.1	Sobre Canuanã	6
3.2	O Programa Poli Cidadã	8
3.2.1	Conclusões do Programa Poli Cidadã	9
3.3	O Ciclo Hidrológico	10
3.3.1	Precipitação Atmosférica	11
3.4	Aproveitamento de Água da Chuva na História	16
3.5	Normas para Aproveitamento da Água de Chuva.....	19
3.6	Qualidade da Água para Consumo	19
3.7	Consumo de Água	20
3.8	Demanda de Água	24
3.9	Coeficiente de Runoff.....	25
3.10	Sistemas de Coleta de Água da Chuva	27
3.11	Área de Coleta	29
3.12	Calhas e Condutores	29
3.12.1	Tipos de Calha.....	32
3.12.2	Materiais a utilizar	33
3.13	Sistema de auto-limpeza.....	33
3.14	Sistema de Armazenamento de Água da Chuva	34
4	Estudo de Viabilidade.....	36
4.1	Estabelecimento da Necessidade	36
4.1.1	Especificação Técnica da Necessidade.....	38
4.2	Proposta de Alternativas	39
4.2.1	Área de Coleta.....	39
4.2.2	Calhas e Condutores	40
4.2.3	Reservatório de auto-limpeza	41

4.2.4	Reservatório de Água	43
4.3	Alternativas de solução	49
5	Projeto Básico	50
5.1	Matriz de Decisão	50
5.2	Detalhamento da Solução Escolhida	52
5.2.1	Área de Coleta	52
5.2.1.1	Manutenção do telhado	52
5.2.2	Calhas e Condutores	53
5.2.2.1	Dimensionamento das Calhas	53
5.2.2.2	Instalação das Calhas	55
5.2.2.3	Dimensionamento dos Condutores	58
5.2.2.4	Lista de material das calhas e condutores e sua manutenção	60
5.2.3	Reservatório de auto-limpeza	60
5.2.3.1	Lista de material e manutenção do reservatório do auto-limpeza	62
5.2.4	Reservatório de Água	63
5.2.4.1	Manutenção da cisterna de placas	66
5.3	Tratamento da água	66
5.3.1	Tratamento de água por radiação solar	67
5.3.2	Tratamento da água utilizando cloro	68
5.4	Análise de custos do sistema	69
6	Análise Complementares	71
6.1	Novas técnicas para construção de cisterna de placas	71
6.2	Proposta de ampliação do sistema de coleta e armazenamento de água	72
7	Conclusões	74
8	Referências Bibliográficas	76
APÊNDICE A – Desenhos técnicos do sistema de coleta e armazenamento de água		80
ANEXO A – Passo a passo para construção da cisterna de placas		82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição das águas na Terra num dado instante	1
Figura 2 - Regiões Hidrográficas Brasileiras	2
Figura 3 - Localização de Canuanã.....	6
Figura 4 - O ciclo da água	11
Figura 5 - Chuva convectiva.....	12
Figura 6 - Chuva frontal.....	12
Figura 7 - Chuva Orográfica	13
Figura 8 - Isoietas anuais no país entre 1961 e 1990	14
Figura 9 - Isoietas mensais no país entre 1961 e 1990.....	15
Figura 10 - Zonas áridas das Terra	16
Figura 11 - Anbar, tradicional cisterna do Irã.....	17
Figura 12 - Cisterna do povo Maya, chamada Chultun	18
Figura 13 - Sistema simples: área de coleta e área de jardim	27
Figura 14 - Sistema simples: área de coleta, condutor horizontal e vertical e área de jardim	28
Figura 15 - Sistema complexo: área de coleta, condutores verticais e horizontais, sistema de armazenamento e sistema de distribuição.....	28
Figura 16 - Condutor horizontal (calha) protegido por uma grade.....	30
Figura 17 - Calha de beiral, de platibanda e água furtada, respectivamente	32
Figura 18 - Esquema de coleta de água da chuva com sistema de auto-limpeza.....	34
Figura 19 - Área de coleta: telhado de uma residência	39
Figura 20 - Área de coleta: telhado e área de quintal.....	40
Figura 21 - Calha de pvc	40
Figura 22 - Calha de alumínio	41
Figura 23 - Armação da parede e da cobertura de uma cisterna de placas.....	44
Figura 24 - Colocação da forma e primeira camada de argamassa na cisterna de tela e arame	46
Figura 25 - Cisterna de tijolos e argamassa de cal enterrada	48
Figura 26 - Construção da cisterna de tijolo e cal	48
Figura 27 - Instalação da calha semicircular	56
Figura 28 - Haste metálica ou suporte de pvc	56
Figura 29 - Fixação das emendas	57

Figura 30 - Bocal para direcionamento para a cisterna	57
Figura 31 - Cabeceira esquerda	57
Figura 32 - Dimensionamento dos condutores verticais para calha com saída em aresta viva	59
Figura 33 - Dimensionamentos dos condutores verticais para calha com funil de saída	59
Figura 34 - Bombona (100 L) instalada na tubulação entre cisterna e calha	61
Figura 35 - Esquema de construção do dispositivo	62
Figura 36 - Protótipo do concentrador solar	67
Figura 37 - Resultado do tratamento da água com garrafas PET	68
Figura 39 - Marcação do terreno e escavação do buraco	82
Figura 40 - Formas para as placas da parede e do teto.....	83
Figura 41 - Formato das placas para a cisterna de 16 mil litros.....	84
Figura 42 - Caibro com gancho	84
Figura 43 - Primeira fileira da cisterna.....	86
Figura 44 - Esquema de escora das placas e montagem da segunda fileira	87
Figura 45 - Posicionamento da linha e dos caibros.....	90
Figura 46 - Ordem para colocação das placas do teto.....	91
Figura 47 - Sentido para rebocar o teto.....	92
Figura 48 - Acabamento da cisterna	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Cobertura de serviços de saneamento básico nas áreas urbanas das regiões hidrográficas brasileiras.....	4
Gráfico 2- Vazões de retirada para os diferentes usos nas regiões hidrográficas	21
Gráfico 3 - Precipitação mensal na região de Canuanã – TO	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentuais de área, população média e vazão média	3
Tabela 2 - Uso de água nas regiões hidrográficas brasileiras.....	21
Tabela 3 - Consumo de água por pessoa por dia	22
Tabela 4 - Consumo de água por pessoa por dia	23
Tabela 5 - Consumo de água em uma residência nos EUA.....	23
Tabela 6 - Consumo de água em uma residência na Holanda.....	24
Tabela 7 - Consumo de água potável e não potável	25
Tabela 8 - Coeficiente de <i>Runoff</i>	26
Tabela 9 - Coeficiente de <i>Runoff</i> para diferentes pisos.....	26
Tabela 10 - Influência da declividade no coeficiente de <i>Runoff</i>	27
Tabela 11 - Médias e desvios-padrão, em mm.h^{-1} , das séries anuais de intensidades máximas médias de precipitação pluvial com duração de 10 a 1440 minutos, para as estações pluviográficas localizadas no Estado de Tocantins	31
Tabela 12 - Coeficientes de rugosidade	32
Tabela 13 – Variáveis para o estabelecimento da necessidade.....	37
Tabela 14 - Alternativas de construção do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água de chuva	49
Tabela 15 - Matriz de decisão para a área de coleta	51
Tabela 16 - Matriz de decisão para os condutores.....	51
Tabela 17 - Matriz de decisão para o sistema de auto-limpeza	51
Tabela 18 - Matriz de decisão para sistema de armazenamento	51
Tabela 19 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto	53
Tabela 20 - Capacidade das calhas semicirculares	54
Tabela 21 - Cálculo do volume do reservatório	64
Tabela 22 - Quantidade de material conforme o tamanho da cisterna.....	65
Tabela 23 - Medidas conforme o tamanho da cisterna	65
Tabela 24 - Análise comparativa da água pluvial captada e armazenada em Kampala, Uganda.....	66
Tabela 25 - Lista de materiais e custos do sistema.....	69
Tabela 26 - Dimensionamento do reservatório para a nova propostas	72
Tabela 27 - Dimensionamento da nova proposta para o sistema	73

1 Introdução

A palavra água tem muitos significados. Pode ser purificadora, lavando a alma das pessoas, pode ser o habitat de muitos animais e plantas aquáticas, pode ser um elemento essencial à vida. Pode ser um meio de transporte, um meio de gerar energia, produzir alimentos e até mesmo um recurso financeiro.

Além de ser essencial à vida humana, ela é um dos únicos elementos que pode ser encontrada na superfície da Terra em seus três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Atualmente considera-se que o planeta terra possui 1.386 milhões de km² de água e que este valor tem permanecido constante durante os últimos 500 milhões de anos (BRAGA; REBOUÇAS; TUNDISI (Org.), 2006).

Segundo Shiklomanov apud May (2004), a distribuição de volumes estocados nos principais reservatórios da Terra é mostrada na Figura 1, onde se verifica que 97,5% do volume total de água disponível na Terra formam os oceanos e mares de água salgada, restando somente 2,5% de água doce. Destes 2,5% de água doce, 68,9% dela formam as calotas polares, geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas, ou seja, estão na forma sólida. As águas subterrâneas constituem 29,9% da água doce, 0,9% estão em pântanos e na umidade do solo e apenas 0,3% de toda a água doce do planeta são compostos de rios e lagos.

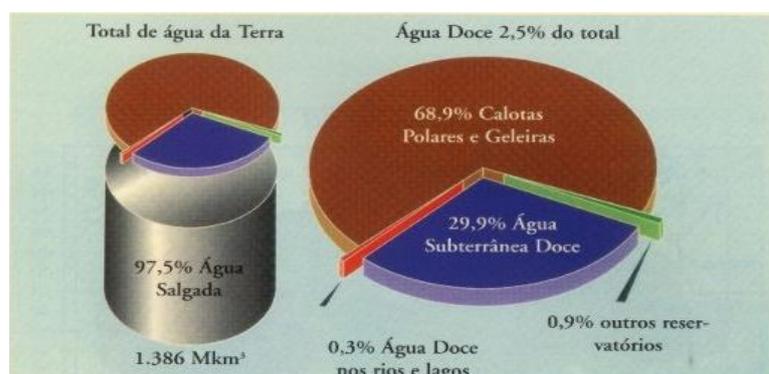


Figura 1 - Distribuição das águas na Terra num dado instante

FONTE: Adaptado de Shiklomanov apud May (2004)

O Brasil é definido por muitos estudiosos como uma terra de contrastes, pois possui tanto uma vegetação exuberante, o qual habita uma das mais densas e extensas redes de rio perenes de mundo (Amazonas), quanto uma zona semi-árida, na Região Nordeste, que possui rios efêmeros de intermitentes. O país abriga também diversos climas, predominando o equatorial úmido, daí o fato de em mais de 90% de seu território receber de mil e 3 mil mm/ano.

De acordo com Braga; Rebouças e Tundisi (Org.) (2006), o Brasil destaca-se mundialmente pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica chega a 177.900 m³/s, que representa 53% da produção de água doce do continente sul-americano (334 mil m³/s) e 12% do total mundial (1.488 milhões de m³/s).

Entretanto, apesar da abundância da água no Brasil, a maior concentração (73%) da produção hídrica do Brasil localiza-se no Amazonas, onde a densidade de população é de 2 a 5 hab/km², enquanto que a Bacia do Paraná tem uma produção hídrica de 6% e uma densidade de população dominante entre 25 e mais de 100 hab/km², com média de 53 hab/km². A Figura 2 e a Tabela 1 retratam bem a situação brasileira.



Figura 2 - Regiões Hidrográficas Brasileiras
FONTE: ANA – Agência Nacional de Águas (2002)

Tabela 1 – Percentuais de área, população média e vazão média

FONTES: Braga; Rebouças e Tundisi (2006)

<i>Região Hidrográfica</i>	<i>% Área</i>	<i>% População</i>	<i>% Vazão Média</i>
Amazonas	47%	4%	73%
Tocantins	9%	5%	6%
Parnaíba	4%	2%	1%
São Francisco	8%	8%	2%
Paraguai	4%	1%	1%
Paraná	10%	32%	6%
Uruguai	2%	2%	2%
Costeira do Norte	1%	< 0%	2%
Costeira do Nordeste Ocidental	3%	3%	1%
Costeira do Nordeste Oriental	8%	20%	2%
Costeira do Sudeste	2%	15%	2%
Costeira do Sul	2%	7%	3%

Esta falsa impressão de que o Brasil tem recursos vastos de água faz com que este precioso recurso seja desperdiçado, tanto pela cultura da sociedade brasileira quanto pela falta de um controle efetivo sobre o seu uso. As taxas cobradas dizem respeito somente às companhias de água, não havendo nenhuma medida eficiente por parte do governo em tentar melhorar esta situação. Há indicadores que mostram que a necessidade de gerenciamento de água já é crítica.

Por isso o conceito de desenvolvimento sustentável mostra-se tão importante atualmente. De acordo com Braga; Rebouças e Tundisi (Org.) (2006), desenvolvimento sustentável é “quando provê as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade de que as futuras gerações possam prover as suas”. Nessa análise geral, a oferta de água é fundamental tanto para a sua própria preservação quanto para a manutenção dos ecossistemas naturais e produtivos. Portanto, um dos maiores desafios do futuro será minimizar os efeitos de escassez de água e da poluição, bem como controlar excessos, Principalmente nos países de terceiro mundo.

Contudo, há vários locais do interior do Brasil onde o conceito de desenvolvimento sustentável já é aplicado há muito tempo, não por escassez ou desperdício de recursos, mas por falta de infra-estrutura de saneamento básico. É o caso de muitos assentamentos rurais nas regiões centro-oeste e norte e do semi-árido nordestino, que têm de encontrar soluções praticamente por conta para conseguir o básico para

sobreviver. O Gráfico 1 retrata bem esta situação. Percebe-se que o índice de coleta de esgotos no Brasil é muito baixo, apresentando somente três regiões com coleta acima de 40%.

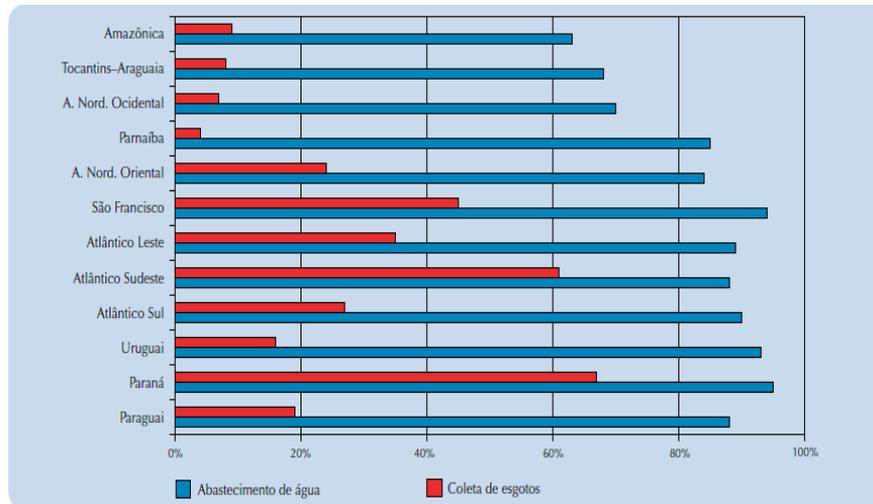


Gráfico 1 - Cobertura de serviços de saneamento básico nas áreas urbanas das regiões hidrográficas brasileiras

FONTE: ANA - Agência Nacional de Águas (2007a)

A captação e o manejo da água de chuva é uma tecnologia que pode aumentar consideravelmente o abastecimento de água nestas regiões de baixa infra-estrutura e saneamento básico. Além de apresentar um custo relativamente baixo e de dar autonomia para a comunidade gerenciar o uso da água, ela é uma tecnologia sustentável, colaborando para a conservação do meio em que se vive.

A viabilidade de um sistema de coleta, armazenamento e tratamento da água de chuva em assentamentos rurais é caracterizada pelo suprimento de água em períodos de seca, tendo como principal consequência a melhoria da qualidade de vida destes moradores.

2 Objetivos do Projeto

A motivação deste projeto deve-se ao problema de estiagem nos meses de abril a setembro que atinge parte da população local, na região de Canuanã – TO. O programa Poli Cidadã realizou um série de atividades intensivas no local, sendo o projeto de coleta e tratamento de água da chuva dois deles.

O projeto da Poli Cidadã visou construir um modelo de coletor de água da chuva de forma a armazenar água durante o período de chuvas e fornecer aos assentados durante o período de seca, oferecendo água potável para consumo próprio e para fins secundários, tais como micro-irrigação e fornecimento de água para as criações. Além disso, outra vertente do projeto focou na parte de tratamento da água, pois a água de rio e de poço da região possui um teor de colônias e coliformes fecais acima do recomendado e há locais onde foi encontrado excesso de ferro na água, que a torna avermelhada e com gosto cheiro desagradáveis.

O objetivo deste trabalho é projetar, dimensionar e selecionar componentes para um sistema de coleta e armazenamento de água a ser utilizado por assentados em áreas rurais. Deverão ser levantadas alternativas para a solução deste problema, sendo realizado um projeto básico para alternativa escolhida. Posteriormente, uma análise de custos e de materiais será feita para validação da solução escolhida.

Para isso, devem-se levar em conta as condições geográficas do local, tais como clima, época de chuvas, índice pluviométrico, entre outros. Além disso, deve-se ter conhecimento acerca dos problemas, necessidades e oportunidades associados à água na região, e dos projetos intensivos que o Programa Poli Cidadã realizou no local de estudo.

3 Revisão Bibliográfica

Esta seção irá sintetizar informações necessárias para que se possa ter uma boa base de conhecimento para se pensar em alternativas de solução para os assentados de Canuanã. Informações pertinentes do Programa Poli Cidadã também serão consideradas.

3.1 Sobre Canuanã

Canuanã está situada à margem direita do rio Araguaia, na Ilha do rio Bananal, nos municípios do Formoso do Araguaia – TO e Lagoa da Confusão – TO, na bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Mariani (2007) indica que a população alvo do projeto Canuanã em 2007 são os assentamentos Pirarucu, Caracol e a aldeia Kanoanã, dos índios Javés. A Figura 3 mostra a localização da aldeia.



Figura 3 - Localização de Canuanã
FONTE: Mariani (2007)

Nestes 3 assentamentos moravam em torno de 150 famílias em 2007, totalizando aproximadamente 700 pessoas em 2007. Algumas famílias moram há cerca de 10 anos e outras são recém chegadas, o que mostra que este número deve estar maior atualmente. As moradias ficam distribuídas em uma grande área, que é difícil de percorrer sem um meio de transporte.

Informações dadas pelos moradores ao Programa Poli Cidadã (2009) dizem que o abastecimento de água nas casas é feito através de poços individuais nos assentamentos e através de caixas d'água coletivas nas aldeias indígenas, contudo o uso da água do rio ainda é muito presente no cotidiano dos moradores. Não à toa, pois a Ilha do Bananal é a maior ilha fluvial do mundo.

Informações do clima no estado do Tocantins indicam que o clima predominante no estado é o tropical, com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. As características climáticas foram descritas pelos moradores como sendo uma região onde o período de seca ocorre na época do inverno (abril a novembro), com temperaturas ultrapassando os 38°C nos meses de agosto a outubro. Período em que a umidade do ar é baixa e há escassez de água e de pastagem para o gado, havendo somente a possibilidade de cultivo de hortas irrigadas. Já o período do verão (novembro e março), ocorre chuvas volumosas, intermitentes. Em dezembro os rios já estão cheios e em março eles atingem o maior nível. Época de lavouras e fatura de pastagens (PROGRAMA POLI CIDADÃ, 2009).

A forma de renda tradicional é a criação de gado de corte e as lavouras de milho, arroz e mandioca. Há também fontes de renda secundárias como as hortas, criação de galinhas para abate, ovos, farinhas e queijos. Na época das praias há a abertura de barzinhos e pequenas mercearias, próximos as regiões das praias. O artesanato é bem tímido, com maior presença na aldeia indígena. O turismo está se tornando uma prática rentável, mas preocupante, principalmente pela questão ambiental. A produção de leite já é uma realidade nessa região, pois neste ano, um laticínio da região, instalou um tanque resfriador para coleta do leite a cada três dias. Há ainda os que trabalham nas fazendas e empresas vizinhas, outras prestam serviços para os próprios vizinhos, alguns vivem de aposentadoria, no caso dos idosos e praticamente todos possuem a bolsa família (PROGRAMA POLI CIDADÃ, 2009).

3.2 O Programa Poli Cidadã

O Programa Poli Cidadã, juntamente com o MIT e com a Fundação Bradesco, estiveram em Canuanã por diversas vezes, sendo a última de 8 a 17 de janeiro de 2009 para realizar atividades intensivas para melhorar a vida dos moradores do local. Houve várias frentes de trabalho, dentre as quais o Grupo de Água e Ar é a frente que originou a motivação para este projeto. O Grupo desenvolveu cinco projetos de interesse: Coletor de água da chuva, Teste da água, Cobertura de Poço, Tratamento da água e Filtro para remoção de ferro da água.

O projeto Coletor de água da chuva tinha como objetivo construir um modelo de coletor de água da chuva de forma a armazenar a água no período chuvoso e fornecer aos assentados no período de seca, oferecendo água potável para consumo e para fins secundários, como irrigação.

O resultado do projeto constatou que era inviável garantir água própria para consumo, pois isto requereria uma série de medidas cautelosas, como limpar as calhas, dutos e o reservatório. Pensou-se então no seu uso para fins secundários, porém surgiu o problema logístico de ter que armazenar 55 mil litros de água, que é a quantidade que o coletor conseguiria armazenar no período de chuvas. Por fim, tomou-se a decisão de ensinar aos assentados como tratar a água para torná-la própria para consumo.

O projeto Teste da água foi feito com o objetivo de verificar a pureza da água que o coletor armazenaria. O teste mostrou que 90% das amostras de água estavam inseguras para beber, ou seja, com a presença de colônias e coliformes fecais. Percebeu-se também que a população não estava preocupada com este fato.

O projeto Cobertura do poço foi um projeto baseado no conceito que não basta tratar a água, deve-se também evitar a contaminação. Para isso, desenvolveu-se uma cobertura para os poços para evitar a entrada de pequenos animais como pererecas, que podem morrer e contaminar a água.

Tendo em vista a água estava insegura para beber, o projeto Tratamento da água visou criar um método simples e acessível para torná-la potável. O método consistia primeiramente em montar a solução de tratamento, o qual era feito enchendo-se uma tampinha de garrafa 500 ml com água sanitária 2–2,5% e completando-se o conteúdo da garrafa 500 ml com água. Em seguida, para tratar a água eram necessárias duas tampinhas de garrafa com a solução de tratamento para cada 2 L de água (uma garrafa PET), devendo-se esperar 30 minutos. O resultado concluiu que a água estava segura para beber.

O Filtro para remoção de ferro da água, como o próprio título diz, tinha o objetivo de construir um filtro para remover a ferrugem da água, tornando-a insípida e incolor. O método consistia primeiramente em tratar a água com a solução de tratamento apresentada no projeto Tratamento da água, para precipitar o ferro, melhorando assim o desempenho do filtro. O filtro era feito com um galão de 50 L, 20 cm de brita, 3 camadas de tela usada em janelas, 20 cm de areia grossa e 20 cm de areia fina retirada do rio. Deixa-se a água correr pelo filtro por uma hora. Para que o filtro não se torne mais uma fonte de contaminação, devem-se lavar os materiais com a solução de tratamento antes da montagem do filtro, a cada 3 meses a areia fina e a cada 8 meses do filtro todo.

3.2.1 Conclusões do Programa Poli Cidadã

O grupo Água de Ar resolveu dar prioridade a outros projetos porque é necessário ter muitos cuidados para usá-la para consumo próprio e porque para uso secundário seria necessário um grande reservatório (55 mil litros ou 55 m³) para que se possa armazenar a água no período de chuvas e utilizá-la no período de seca. Portanto é necessário um estudo mais aprofundado sobre possíveis alternativas para a região, que é o objetivo deste trabalho.

A qualidade da água é um problema urgente, pois 90% das amostras testadas estavam inseguras para beber. Primeiramente deve-se então reduzir as fontes de contaminação, daí o projeto de Cobertura do poço, e também tratar a água a ser consumida. O problema é que os assentados não reconhecem a gravidade de

consumir água contaminada por colônias e coliformes fecais, o que prejudica a implantação do projeto de Tratamento da água.

O projeto Filtro para remoção do ferro da água interessou a alguns moradores que enfrentavam este problema.

3.3 O Ciclo Hidrológico

Segundo Tundisi (2003), a característica essencial de qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas são a sua instabilidade e mobilidade. Todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos (as três fases em que a água existe no planeta Terra) são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante deste ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização.

Os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a energia térmica solar, a força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes, a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água. Os principais componentes do ciclo hidrológico são a evaporação, a precipitação, a transpiração das plantas e a percolação, infiltração e a drenagem. A Figura 4 mostra estes componentes. Anualmente, aproximadamente 47 mil km³ retornam aos oceanos, a partir dos rios, represas, lagos e águas subterrâneas. Se essa drenagem fosse distribuída igualmente em todos os continentes, cada uma das pessoas / habitantes do planeta Terra (aproximadamente 6 bilhões) teria disponíveis 8 mil m³/ano. Entretanto, esta distribuição é desigual, causa problemas de disponibilidade nos continentes, países e regiões. Também a distribuição não é homogênea durante o ano, em muitas regiões, o que causa desequilíbrio e desencadeia ações de gerenciamento diversificadas para enfrentar a escassez ou o excesso de água. Há uma variabilidade natural de séries hidrométricas históricas (medidas dos volumes e vazões dos rios) as quais determinam os principais usos da água e as estratégias de gerenciamento.



Figura 4 - O ciclo da água

FONTE: <http://www.watershop.pt/factos.htm>

3.3.1 Precipitação Atmosférica

De acordo com o CEPEN (2009), existem três tipos de chuva que ocorrem na América do Sul. Eles são:

- Chuva convectiva ou de convecção: típica chuva de verão, que ocorre com grande intensidade e pouca duração (é menos comum no inverno). Pode produzir ventos locais e raios. Ocorre pela formação de “corredores” verticais de ar. Provocados pela elevação das massas de ar quente. Quando o sol aquece a terra, formam-se células convectivas. Estas células são imensas massas de ar aquecido na superfície da terra, que iniciam uma subida em algum local. Esta subida tende a puxar para cima mais ar aquecido da superfície da terra. O ar aquecido que está subindo empurra para cima e para os lados o ar que está acima dele. Acelera-se o processo como numa ampla e gigantesca chaminé. Por isto, estas nuvens tem um formato típico de cogumelo. São muito grandes, podendo ter dezenas de quilômetros de diâmetro, e vários quilômetros de altura.

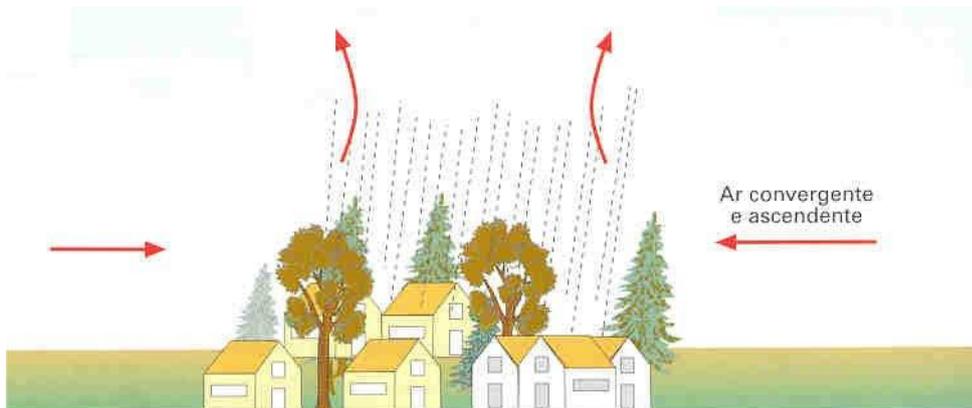


Figura 5 - Chuva convectiva

FONTE: RCTS - Rede Ciência Tecnologia e Sociedade (2009)

- Chuva frontal ou ciclônica: é uma chuva de menor intensidade, com pingos menores, e de longa duração. Pode ocorrer por vários dias, apresentando pausas e chuviscos entre fases mais intensas. Na metade sudeste do continente, pode ocorrer em qualquer época do ano, mas tem maior duração nos meses frios, quando os fenômenos atmosféricos são menos intensos. Pode produzir ventos fortes e grande quantidade de raios. Ocorre em uma imensa área simultaneamente. Ocorre pelo encontro de duas grandes massas de ar. Uma quente e úmida, estacionária, vinda do quadrante norte, outra fria, vinda do quadrante sul. A frente fria, mais densa, entra por baixo, levando para cima a massa de ar quente. Quando esta massa de ar quente possui elevada umidade relativa, a chuva é iminente.

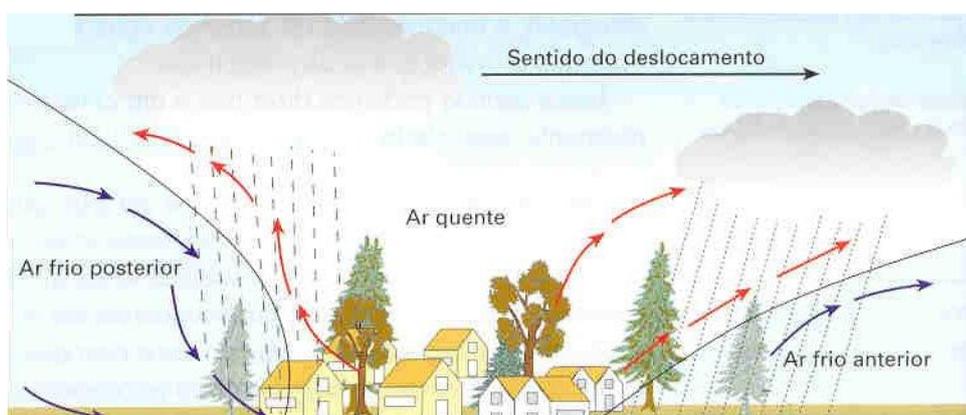


Figura 6 - Chuva frontal

FONTE: RCTS - Rede Ciência Tecnologia e Sociedade (2009)

- Chuva orográfica: ocorre quando uma nuvem encontra um alto obstáculo em seu caminho, como uma grande elevação do terreno, cadeia de morros, serra, etc. Para

a massa de ar transpor o obstáculo, é forçada a subir. Aí ocorre aquela velha história: ar que sobe é ar que se expande pela menor pressão atmosférica, e ar que se expande é ar que "dilui" calor. Massa de ar que perde calor, perde junto à capacidade de conter umidade, o que gera nuvens e em segmento, chuva. Daí a grande incidência de nebulosidade e chuvas, muitas vezes torrenciais, nas altas encostas dos morros.



Figura 7 - Chuva Orográfica
FONTE: RCTS - Rede Ciência Tecnologia e Sociedade (2009)

A precipitação é o principal parâmetro deste projeto, pois é através dela que será dimensionado o sistema de coleta, armazenamento e tratamento da água para assentamentos rurais. A Agência Nacional das Águas (2007b) tem dados atualizados sobre o índice pluviométrico do Brasil, inclusive um índice mensal, que ajudará muito no entendimento da maneira como as chuvas ocorrem na região de Canuanã.

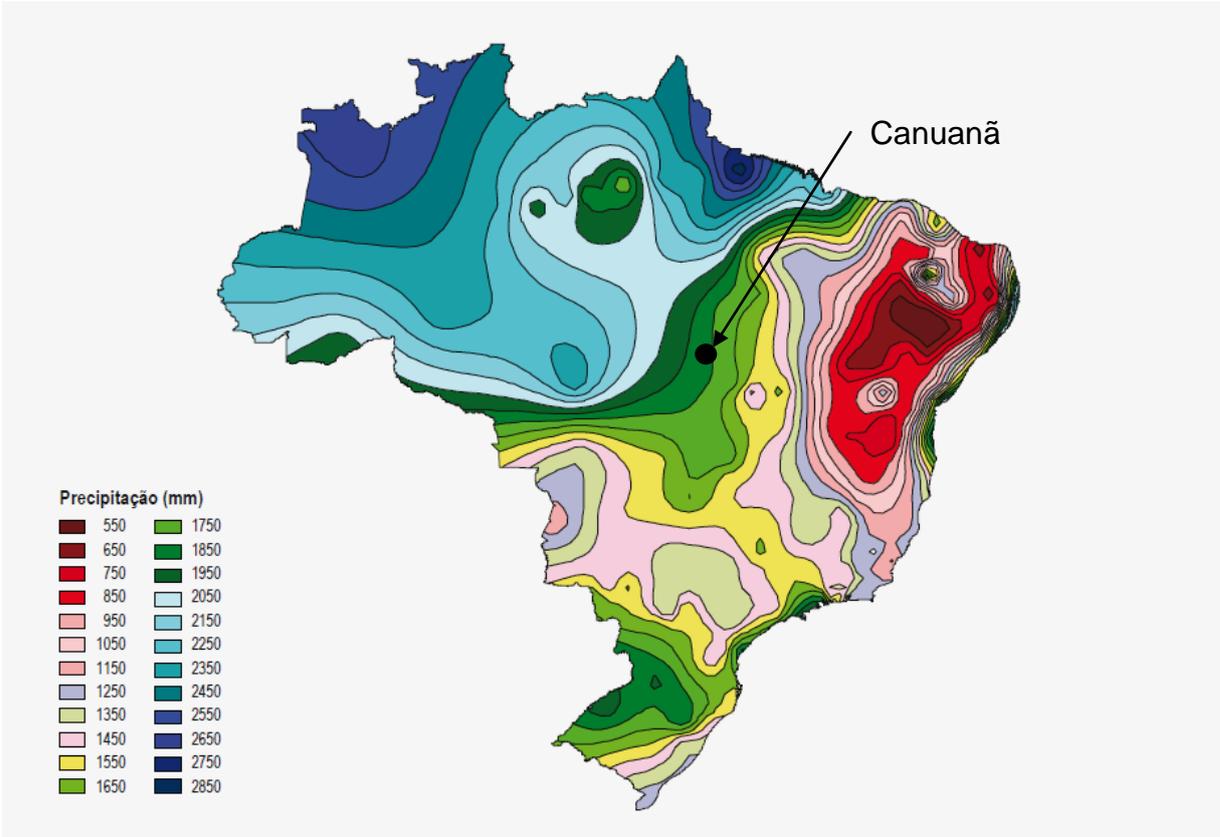


Figura 8 - Isoietas anuais no país entre 1961 e 1990
 FONTE: ANA – Agência Nacional de Águas (2007b)

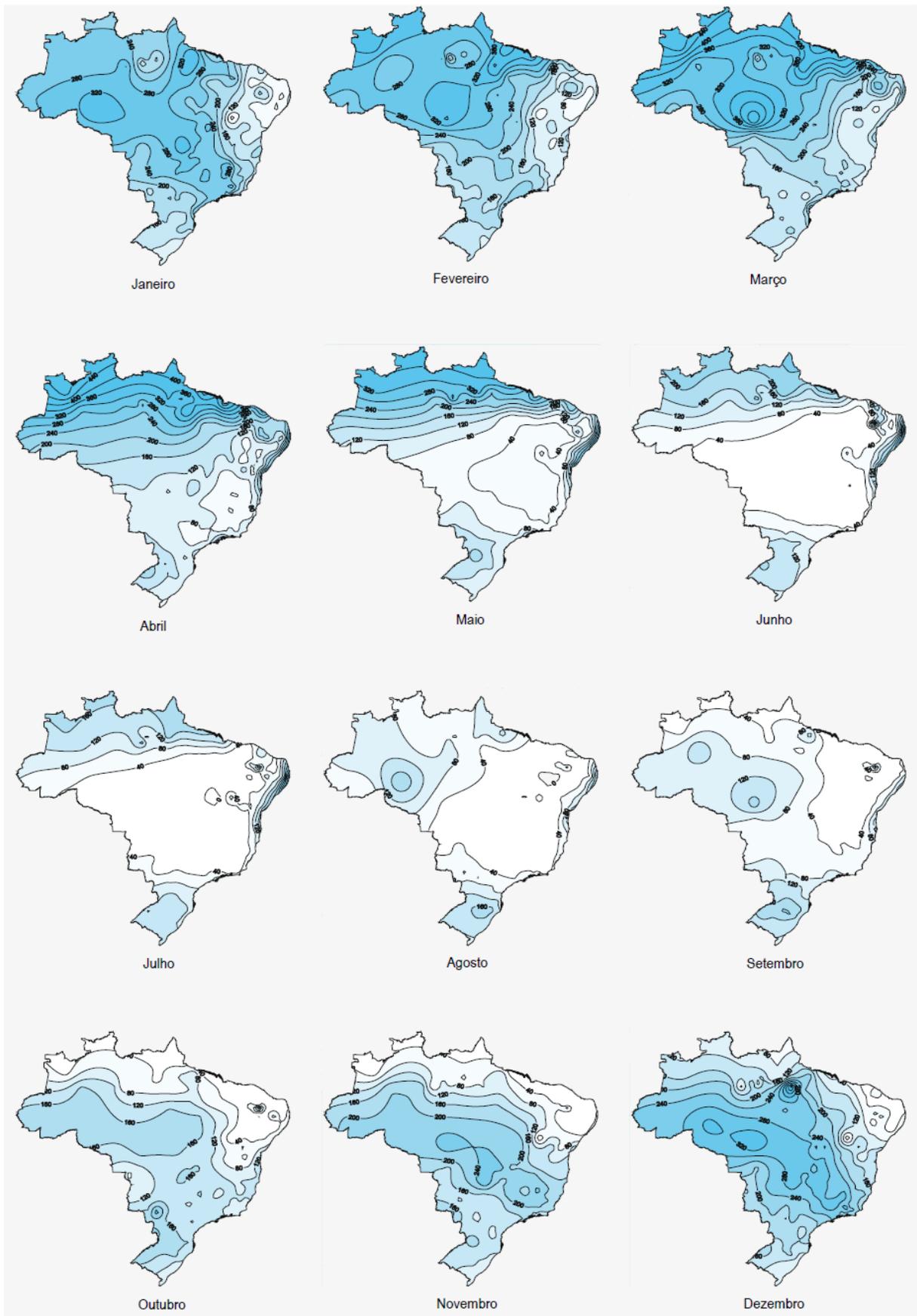


Figura 9 - Isoietas mensais no país entre 1961 e 1990
 FONTE: ANA – Agência Nacional de Águas (2007b)

A Agência Nacional das Águas (2007b) ainda informa que a precipitação média para o período de 1961 a 1990 na região da bacia do Tocantins-Araguaia foi de 1837 mm, 2º maior índice do Brasil (perde para a bacia Amazônica, que apresenta 2239 mm). A média brasileira é de 1797 mm.

Pode-se ver claramente através da Figura 9 que entre os meses de maio e setembro o índice pluviométrico para a região de Canuanã é baixíssimo, chegando a no máximo 40 mm, que nos meses de outubro, novembro e abril o índice é razoável, com média de 160 mm e que nos meses de dezembro a março a precipitação é muito alta, com valores acima de 200 mm.

Esta constatação confirma a situação vivida pelos assentados de Canuanã, que tem de conviver com períodos de escassez de água apesar de viverem na 2ª maior bacia hidrográfica brasileira.

3.4 Aproveitamento de Água da Chuva na História

Gnadlinger (2000) diz que a colheita de água de chuva tem sido uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (cerca de 30% da superfície da terra).

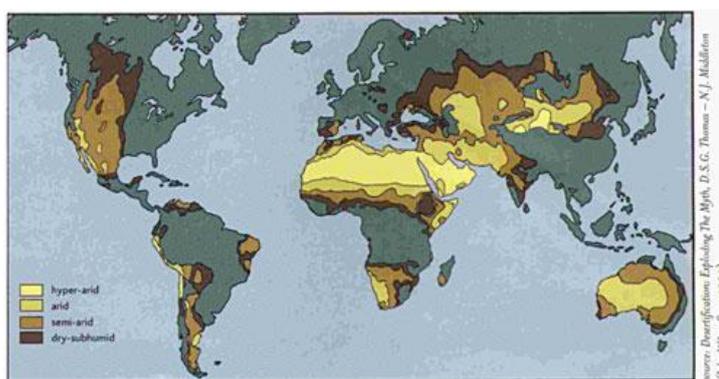


Figura 10 - Zonas áridas das Terra
FONTE: Gnadlinger (2000)

A colheita de água de chuva foi inventada independentemente em diversas partes do mundo e em diferentes continentes há milhares de anos. Foi usada e difundida especialmente em regiões semi-áridas onde as chuvas ocorrem somente durante

poucos meses e em locais diferentes. Alguns exemplos serão citados para fundamentar esta afirmação.

No Planalto de Loess da China (Província Gansu) já existiam cacimbas e tanques para água de chuva há dois mil anos.

Na Índia, um projeto de pesquisa denominado Sabedoria prestes a desaparecer (Dying Wisdom) enumera muitas experiências tradicionais de colheita de água de chuva nas quinze diferentes zonas ambientais do país. No Irã encontramos os Abanbars, mostrado na Figura 11, o tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário. Há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento de água de chuva no deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia.

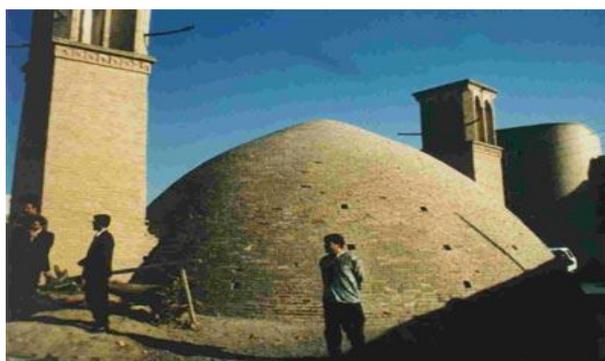


Figura 11 - Anbar, tradicional cisterna do Irã
FONTE: Gnadlinger (2000)

Como técnicas representantes das Américas, Gnadlinger (2000) cita as práticas pré-colombianas do povo Maya na península de Yucatan, hoje México. O México como um todo é rico em antigas e tradicionais tecnologias de colheita de água de chuva, datadas da época dos Aztecas e Mayas.

Ao sul da cidade de Oxkutzcab ao pé do Monte Puuc ainda hoje se pode ver as realizações dos Mayas. No século X existia ali uma agricultura baseada na colheita de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e sua água potável era fornecida por cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 l, chamadas Chultuns. Estas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5 m e eram escavadas no

subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia um área de captação de 100 a 200 m².

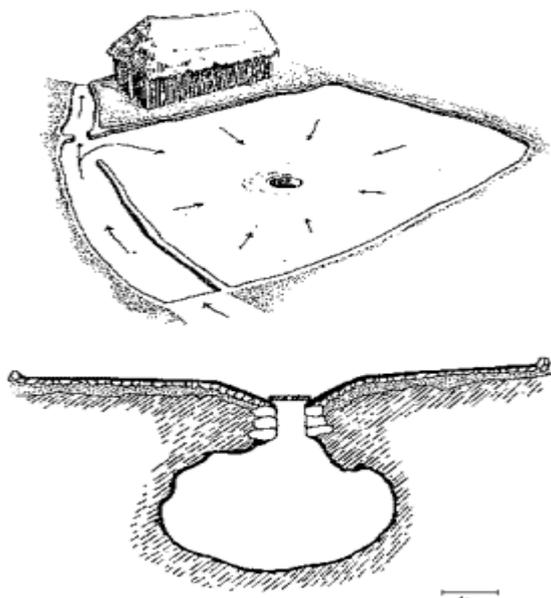


Figura 12 - Cisterna do povo Maya, chamada Chultun
FONTE: Gnadlinger (2000)

Nos vales usavam-se outros sistemas de captação de água de chuva, como Aguadas (reservatórios de água de chuva cavadas artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e Aquaditas (pequenos reservatórios artificiais para 100 a 50.000 litros). As Aguadas e Aquaditas eram usadas para irrigar árvores frutíferas e/ou bosques além de fornecer água para o plantio de verduras e milho em pequenas áreas. Muita água era armazenada, garantindo-a até durante períodos de seca inesperados. Isto é um exemplo de manejo integrado de água.

De acordo com Küster, Martí, Melchers (Org.) (2006) os romanos eram famosos por terem levado água para as cidades através de aquadutos, mas usavam também a captação de água de chuva em larga escala. Deles os árabes herdaram as tecnologias, as quais novamente serviram de exemplo para os espanhóis e portugueses. Nestas línguas existe, além do nome 'cisterna' de origem latina, o termo "algibe" de origem árabe para tanques de água de chuva.

3.5 Normas para Aproveitamento da Água de Chuva

Apesar da coleta de água de chuva ser uma técnica milenar e ser usado há muito tempo principalmente no semi-árido nordestino, não existe uma norma técnica apropriada para o aproveitamento de água de chuva em áreas rurais. Há uma norma somente para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas, que é recente (2007). De acordo com o site da ABNT, a norma NBR 15527, que entrou em vigor no dia 24 de outubro de 2007 diz o seguinte:

“Título: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos”.

“Objetivo: Fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Aplica-se a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais.”

3.6 Qualidade da Água para Consumo

A Portaria 518/04 do Ministério da Saúde apud Sabesp (2009) estabelece que a água produzida e distribuída para o consumo humano deve ser controlada. Os principais parâmetros que devem ser analisados são:

- **Cloro e Cloroamoniação**

O cloro é um agente bactericida. É adicionado durante o tratamento, com o objetivo de eliminar bactérias e outros microrganismos que podem estar presentes na água. O produto entregue ao consumidor deve conter uma concentração mínima de 0,2 mg/L de cloro residual.

Com o mesmo objetivo, algumas localidades utilizam o método de cloroamoniação no processo de desinfecção da água. De acordo com a Resolução SS nº 50 de

26/04/1995 da Secretaria de Estado da Saúde apud Sabesp (2009), a água destes sistemas deve conter um mínimo de 2,0 mg/L como cloro residual total.

- Turbidez

É a medição da resistência da água à passagem de luz. É provocada pela presença de material fino (partículas) em suspensão (flutuando/dispersas) na água. A turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. O valor máximo permissível de turbidez na água distribuída é de 5,0 NTU.

- Cor

A Cor é uma medida que indica a presença na água de substâncias dissolvidas, ou finamente divididas (material em estado coloidal). Assim como a turbidez, a cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. O valor máximo permissível de cor na água distribuída é de 15,0 U.C.

- Coliformes

É um grupo de bactérias que normalmente vivem no intestino de animais de sangue quente, embora alguns tipos possam ser encontrados também no meio ambiente.

3.7 Consumo de Água

O consumo de água é um dos principais parâmetros para o dimensionamento do coletor de água de chuva a ser utilizado, pois é necessário saber a demanda de água para saber se somente a coleta de água da chuva é suficiente para atender aos assentados.

A Tabela 2 (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2007a) mostra como a água é usada nas diversas regiões hidrográficas brasileiras. Observa-se que a Região do Tocantins-Araguaia destaca-se pela equidade entre os usos humano urbano, de irrigação e animal, apesar de a irrigação estar um pouco acima.

Tabela 2 - Uso de água nas regiões hidrográficas brasileiras
 FONTE: ANA – Agência Nacional de Águas (2007a)

	<i>Humana urbana</i>		<i>Humana rural</i>		<i>Industrial</i>		<i>Irrigação</i>		<i>Animal*</i>	
	(m ³ /s)	(%)	(m ³ /s)	(%)	(m ³ /s)	(%)	(m ³ /s)	(%)	(m ³ /s)	(%)
Amazônica	14,1	30%	3,2	7%	2,9	6%	13,8	29%	12,8	27%
Tocantins–Araguaia	12,5	25%	2	4%	2	4%	19,6	39%	14,7	28%
Atlântico Nordeste Ocidental	8,1	50%	2,6	16%	0,8	5%	1,8	11%	2,8	17%
Parnaíba	6,1	32%	1,3	7%	0,5	3%	8,9	47%	2,3	12%
Atlântico Nordeste Oriental	42,6	25%	5,9	4%	15,1	9%	100,6	60%	4,2	2%
São Francisco	25,9	18%	4,3	3%	15,4	10%	93,9	64%	8	5%
Atlântico Leste	26,8	40%	5,1	8%	5,7	8%	22,1	33%	7,5	11%
Atlântico Sudeste	77,6	46%	3,6	2%	44,2	26%	39,4	23%	4,8	3%
Atlântico Sul	32,4	14%	2,4	1%	28,4	12%	168,2	71%	5,8	2%
Uruguai	7,8	5%	1,6	1%	4,1	3%	128	86%	7,3	5%
Paraná	159,7	33%	7,8	2%	159,9	33%	116,6	24%	33,5	7%
Paraguai	5,3	28%	0,3	2%	0,5	3%	4,2	22%	8,6	46%
Brasil	418,9	27%	40,1	3%	279,5	18%	717,1	46%	112,3	7%

* Uso animal: inclui dessedentação, higiene e demais usos de água para permitir a atividade de criação

Já o Gráfico 2 mostra a vazão de água retirada da região do Tocantins-Araguaia, mostrando a magnitude da contribuição de cada tipo de atividade para o todo.

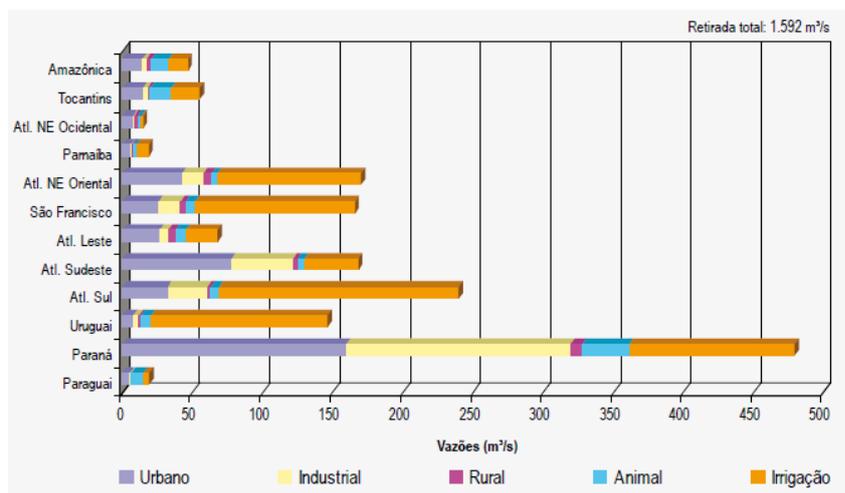


Gráfico 2- Vazões de retirada para os diferentes usos nas regiões hidrográficas
 FONTE: ANA – Agência Nacional de Águas (2007b)

Os dados da Tabela 2 e do Gráfico 2 são importantes para se ter o conhecimento de como a região do Tocantins-Araguaia, onde se encontra Canuanã, faz uso da água. Conclui-se que os principais usos de água na região são devido à irrigação, consumo animal e urbano. Essa conclusão não deve diferir do que ocorre em

Canuanã, uma região cujas fontes de renda são a agricultura e a criação de animais (PROGRAMA POLI CIDADÃ, 2009).

O consumo médio de água por pessoa por dia, conhecido por "consumo per capita" de uma comunidade é um parâmetro crucial para o projeto, pois é a partir dele que será feito todo o dimensionamento do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água da chuva. Ele é obtido, dividindo-se o total de seu consumo de água por dia pelo número de pessoas servidas.

O consumo de água depende de vários fatores, sendo complicada a determinação do gasto mais provável por consumidor. Na zona urbana, a variação é motivada pelos hábitos de higiene da população, do clima, do tipo de instalação hidráulico-sanitária dos domicílios e, notadamente, pelo tamanho e desenvolvimento da cidade. Na zona rural, o consumo *per capita* é influenciado também pelo clima, pelos hábitos de higiene e pela distância da fonte ao local de consumo. No Brasil, costuma-se adotar quotas médias *per capita* diárias de 120 a 200 litros por pessoa.

Saturnino de Brito, considerado o pioneiro da engenharia sanitária e ambiental no Brasil, também fez pesquisas acerca do consumo de água *per capita*. Suas conclusões estão publicadas em sua obra "Abastecimento de águas" (1905). Segundo o engenheiro Saturnino de Brito apud Feitosa, Medeiros Filho (2009), o consumo mínimo de água por pessoa por dia para fins domésticos é de:

Tabela 3 - Consumo de água por pessoa por dia
FONTE: Saturnino de Brito apud Feitosa, Medeiros Filho (2009)

<i>Item</i>	<i>Influência consumo (%)</i>	<i>Valor consumo (L)</i>
Bebida	2,6	2
Cozinha	7,8	6
Lavagem de Utensílios	11,7	9
Lavar Roupas	19,5	15
Abluções Diárias	6,5	5
Banho de chuveiro	39,0	30
Aparelho Sanitário	13,0	10
Total	100	77

Feitosa, Medeiros Filho (2009) indica que deve se adotar 80 litros de água por pessoa por dia. No caso de banheiro com caixa de descarga deve-se acrescentar mais 40 litros, ou seja, 120 litros (em média 2 descargas por dia).

Nos projetos de abastecimento público de água, o "per capita" adotado varia de acordo com a natureza da cidade e o tamanho da população. A maioria dos órgãos oficiais adota 200 litros por habitante por dia para as grandes cidades, 150 litros por habitante por dia para médias e pequenas. A Fundação Nacional de Saúde apud Feitosa, Medeiros Filho, acha suficiente 100 litros por habitante por dia para vilas e pequenas comunidades. Em caso de abastecimento de pequenas comunidades, com carência de água e de recursos é admissível até 60 litros por habitante por dia.

De acordo com a Organização Pan-americana de Saúde (OPAS) apud Programa Poli Cidadã (2009), a quantidade de água necessária para um ser humano que por dia é de 189 litros. Essa quantidade é suficiente para atender à demanda de consumo, higiene e preparo de alimentos. A Tabela 4 mostra a influência de cada item no consumo total e os respectivos valores.

Tabela 4 - Consumo de água por pessoa por dia

FONTE: OPAS apud Poli Cidadã (2009)

<i>Item</i>	<i>Influência consumo (%)</i>	<i>Valor consumo (L)</i>
Bebida	5	9,5
Cozinha	8	15,1
Banheiro (vasos/lavatórios)	43	81,3
Banhos	37	69,9
Lavar Roupas	4	7,6
Limpeza de Casa	3	5,7
Total	100	189

Segundo Brow; Caldwell apud May (2004) a estimativa de consumo interno de uma residência padrão dos EUA apresenta também como item principal de consumo o vaso sanitário com 35%. A Tabela 5 mostra estes dados.

Tabela 5 - Consumo de água em uma residência nos EUA

FONTE: Brow; Caldwell apud. May (2004)

<i>Item</i>	Influência consumo (%)
Vaso Sanitário	35
Lavagem de Roupa	22
Chuveiros	18
Torneiras	13
Banhos	10
Lavagem de Pratos	2
Total	100

Qasim apud May (2004) apresenta a estimativa de consumo de uma residência da Holanda. O vaso sanitário é o item mais influente com 41%. A Tabela 6 mostra estes dados:

Tabela 6 - Consumo de água em uma residência na Holanda

FONTE: Qasim apud May (2004)

<i>Item</i>	Influência consumo (%)
Vaso Sanitário	41
Banho e Lavagem de Roupa	37
Cozinha - água para beber e cozinhar	2 a 6
Cozinha - lavagem de pratos	3 a 5
Cozinha - disposição de lixos	0 a 6
Lavanderia	4
Limpeza e Arrumação Geral da Casa	3
Rega de Jardim com Sprinkler	3
Lavagem de Carros	1
Total	100

Analisando a influência de cada item no consumo total de uma residência ou de uma pessoa, pode-se concluir que a água destinada para consumo humano é muito baixo (em torno de 5%) se comparado com o total consumido, ou seja, apenas uma pequena parcela da água da chuva coletada deverá ser tratada de modo a torná-la potável.

3.8 Demanda de Água

A demanda de água refere-se ao volume de água que pode ser substituído por água de chuva. Em indústrias a água da chuva poderá ser utilizada para resfriamento em torres, limpeza da empresa, vaso sanitário. Em uma residência padrão a água da chuva poderá ser utilizada para a limpeza do vaso sanitário, lavagem de roupas, rega de jardim, etc.

Para o caso de Canuanã, considerando-se que cada família reside em uma casa diferente, tem uma média de 4 a 5 pessoas por casa (aproximadamente 150 famílias e 700 pessoas). Além disso, foi registrado por Mariani et al (2007) que os moradores apontaram como um dos principais problemas a falta de banheiro nas casas. Por

causa deste fato será desconsiderado para efeito de cálculo o consumo de água de um vaso sanitário em uma residência.

As Tabelas 3, 4, 5 e 6 mostram diferentes tipos de consumo de água encontrados na literatura. A tabela escolhida para ser utilizada neste projeto foi a Tabela 3, com um consumo padrão de 80 litros por pessoa por dia, pelo fato de considerar que este é o consumo que mais se aproxima do perfil dos assentados Canuanã.

Com base nos dados de consumo de Saturnino de Brito apud Feitosa, Medeiros Filho (2009) (Tabela 3) construiu-se a Tabela 7, que indica o consumo de água em uma residência para diferentes períodos. O item água potável é constituído de água para beber e cozinhar, já o item água não potável é constituído pelos consumos restantes. Ressalta-se que a água gasta em vasos sanitários foi descartada.

Tabela 7 - Consumo de água potável e não potável

<i>Consumo</i>	<i>Vol de água não potável (L)</i>	<i>Vol de água potável (L)</i>
Pessoa/dia	72	8
Família/dia	360	40
Família/mês	10800	1200
Família/semestre	64800	7200
Família/ano	129600	14400

Analisando os outros fatores que influem no projeto do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água da chuva será possível concluir qual demanda será melhor atendida.

3.9 Coeficiente de Runoff

Segundo Tomaz apud May (2004), para efeito de cálculo, o volume total de água precipitado não é mesmo que é aproveitado efetivamente. O coeficiente de *Runoff* é justamente o parâmetro que considera as perdas por evaporação, vazamentos, lavagem de telhado, etc. Estima-se que de 10% a 33% do volume precipitado não seja aproveitado.

Os coeficientes de *Runoff* adotados por Hofkes; Frasier apud May (2004) para telhas cerâmicas e telhas corrugadas de metal são mostradas na Tabela 8:

Tabela 8 - Coeficiente de *Runoff*
 FONTE: Hofkes; Frasier apud May (2004)

<i>Material</i>	<i>Coeficiente de Runoff</i>
Telhas Cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas Corrugadas de Metal	0,7 a 0,9

Contudo, a área de coleta em locais rurais não se restringe somente ao telhado da residência. O solo também é uma relevante área, pois ela não é restrita como o telhado das casas. Tucson; Phoenix apud Waterfall (2009) estimam o coeficiente de *Runoff* para os pisos pavimentados, gramados e solos. A Tabela 9 mostra estas estimativas:

Tabela 9 - Coeficiente de *Runoff* para diferentes pisos
 FONTE: Tucson; Phoenix apud Waterfall (2009)

<i>Material</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0,95	0,90
Pavimentação: concreto, asfalto	1,00	0,90
Solo: com vegetação	0,75	0,20
sem vegetação	0,60	0,10
Gramado: com solo arenoso	0,10	0,05
com solo barrento	0,17	0,13

Waterfall (2009) indica outros parâmetros importantes para o cálculo do coeficiente de *Runoff*, sendo o mais importante a quantidade de chuva que precipita. A duração da chuva refere-se à quantidade de tempo de chuva, quanto mais longa, mais água estará disponível para ser coletada. A intensidade afeta o quão rápido a água passará a percorrer o sistema de coleta, quanto mais forte a chuva mais ela poderá ser coletada. O período entre chuvas também é importante, pois caso uma chuva ocorra muito tempo depois da outra, mais água será desperdiçada devido à absorção do sistema de coleta, mas se a chuvas forem em sequência, mais água fluirá pelo caminho já úmido.

De acordo com Vaes; Berlamont apud May (2004), o coeficiente de *Runoff* da água de chuva é influenciado por muitos parâmetros locais, que são difíceis de serem avaliados. Primeiramente tem-se que avaliar a projeção horizontal da superfície do telhado, caso ele seja inclinado. Os telhados que são projetados no sentido

dominante do vento podem coletar maior quantidade de chuva do que aqueles projetados no sentido oposto.

Portanto, um coeficiente de correção pode ser atribuído em função da projeção do telhado da residência. A Tabela 10 mostra o coeficiente de *Runoff* em função da inclinação do telhado e da projeção do telhado:

Tabela 10 - Influência da declividade no coeficiente de *Runoff*

FONTE: Simons (1995) apud. May (2004)

Declividade do Telhado	Projeção do Telhado			
	Nordeste	Noroeste	Sudoeste	Sudeste
30°	0,75	1,00	1,25	1,00
35°	0,70	1,00	1,30	1,00
40°	0,64	1,00	1,36	1,00
45°	0,57	1,00	1,43	1,00
50°	0,48	1,00	1,52	1,00
>55°	0,45	1,00	1,55	1,00

3.10 Sistemas de Coleta de Água da Chuva

Waterfall (2009) considera dois tipos de sistema de coleta de água da chuva. O sistema simples de coleta de água e o sistema complexo de coleta de água da chuva. No sistema simples a coleta é utilizada imediatamente, usado para direcionamento da irrigação das hortas. Este sistema apresenta três componentes: área de coleta, condutores verticais e horizontais e área de jardim as figuras mostram este sistema

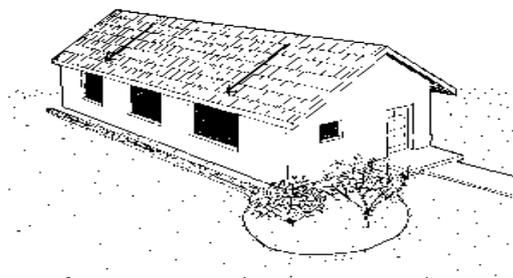


Figura 13 - Sistema simples: área de coleta e área de jardim

FONTE: Waterfall (2009)

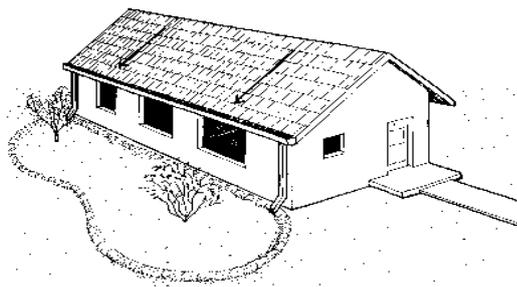


Figura 14 - Sistema simples: área de coleta, condutor horizontal e vertical e área de jardim
FONTE: Waterfall (2009)

Observa-se que neste sistema a área de coleta e os condutores operam com a ação da gravidade. A finalidade deste sistema é prover água para jardins ou hortas que estejam localizadas próximas da residência. Seu grande diferencial é o baixo custo, sendo o retorno do investimento quase imediato.

Deve-se tomar cuidado ao escolher o tipo de cultura que será cultivado nesta área. A água que é descartada da limpeza do telhado contém muitos materiais orgânicos que se acumulam nos telhados, como folhas, galhos, fezes de animais. Esta água pode ser utilizada como adubo na área de jardim. Além disso, este sistema não provê água o ano inteiro, somente no período de chuvas. Deve-se também construir drenos para eliminar o excesso de água, que pode ser prejudicial às plantas.

Já o sistema complexo apresenta como diferencial o armazenamento da água de chuva, que torna o sistema um pouco mais independente do período de chuvas. A figura 12 mostra um exemplo de sistema complexo:

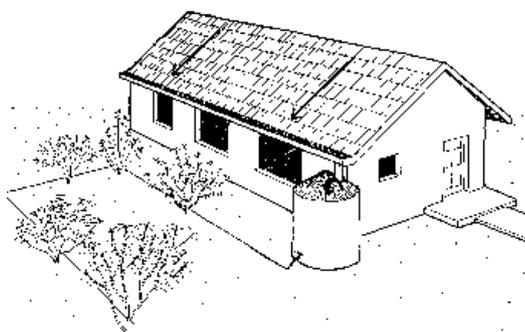


Figura 15 - Sistema complexo: área de coleta, condutores verticais e horizontais, sistema de armazenamento e sistema de distribuição
FONTE: Waterfall (2009)

Os componentes do sistema complexo de coleta de água da chuva para o sistema considerado neste projeto será composto de: área de coleta, condutores verticais e horizontais, sistema de auto-limpeza e sistema de armazenamento.

3.11 Área de Coleta

A quantidade de água de chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta, da precipitação atmosférica e do coeficiente de *Runoff*. Waterfall (2009) indica que a área de coleta é qualquer área em que pode ser coletada a água da chuva. As melhores áreas de coleta são locais de piso duro e impermeáveis, como concreto, cerâmica e metais.

3.12 Calhas e Condutores

Waterfall (2009) diz que os condutores direcionam a água coletada na área de coleta para o sistema de armazenamento. Para isso é necessário ter condutores horizontais (calhas), que ficam acoplados à área de coleta, e condutores verticais (dutos fechados), que levam a água do condutor horizontal ao sistema de armazenamento ou ao sistema de auto-limpeza.

Para não ocorrer entupimentos no sistema de coleta de água de chuva, ele deve conter um sistema de peneiras para a retirada de folhas e galhos que porventura pode acumular-se nos telhados e principalmente nos condutores horizontais, que são abertos. Para esse processo Waterfall (2009) indica como alternativa a utilização de uma grade na saída da calha, uma grade que percorre toda a calha ou ainda um uma grade na entrada do sistema de auto-limpeza. A Figura 16 mostra um sistema de grade que percorre toda a calha:

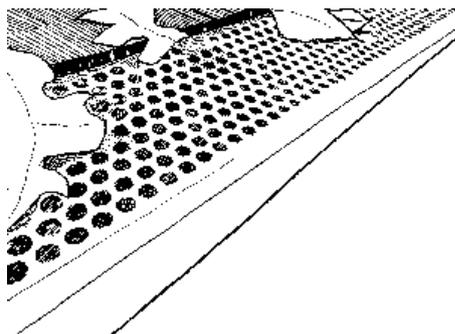


Figura 16 - Condutor horizontal (calha) protegido por uma grade
FONTE: Waterfall, (2009)

O dimensionamento correto dos condutores é importante para que se colete a maior quantidade de água possível. Para tanto se deve dizer que a norma NBR 10844:89 estabelece regras para o dimensionamento e projeto das calhas e condutores verticais e horizontais. Segundo Ghisi e Gugel (2005) as principais prescrições da norma a serem observadas são:

- O sistema de esgotamento das águas pluviais deve ser completamente separado da rede de esgotos sanitários, rede de água fria e de quaisquer outras instalações prediais. Deve-se prever dispositivo de proteção contra o acesso de gases no interior da tubulação de águas pluviais, quando houver risco de penetração destes.
- Nas junções e, no máximo de 20 em 20 metros, deve haver uma caixa de inspeção.
- Quando houver risco de obstrução, deve-se prever mais de uma saída.
- Lajes impermeabilizadas devem ter declividade mínima de 0,5%.
- Calhas de beiral e platibanda devem ter declividade mínima de 0,5%.
- Nos casos em que um extravasamento não pode ser tolerado, pode-se prever extravasores de calha que descarregam em locais adequados.
- Sempre que possível, usar declividade maior que 0,5% para os condutores horizontais.

Para se determinar a intensidade pluviométrica (I) para fins de projeto, deve ser fixada a duração da precipitação e do período de retorno adequado, com base em dados pluviométricos locais. Período de retorno é o número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez.

A duração da precipitação deve ser fixada em 5 minutos. A NBR 10844 fixa os seguintes períodos de retorno, baseados nas características da área a ser drenada:

- T = 1 ano: para áreas pavimentadas onde empoçamentos possam ser tolerados;
- T = 5 anos: para coberturas e/ou terraço;
- T = 25 anos: para coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamentos não possam ser tolerados.

Outro ponto importante a ser utilizado no projeto é a intensidade pluviométrica, a qual é fornecida pela norma, em função do tempo de retorno, e do local. Silva et al (2003) mostra as médias e os desvios-padrão das intensidades máximas médias de precipitação pluvial para várias durações, como mostra a Tabela 11. Serão utilizados os dados da estação pluviográfica Projeto Rio Formoso, por ser a estação mais próxima de Canuanã.

Tabela 11 - Médias e desvios-padrão, em mm.h⁻¹, das séries anuais de intensidades máximas médias de precipitação pluvial com duração de 10 a 1440 minutos, para as estações pluviográficas localizadas no Estado de Tocantins

FONTE: Silva et al (2003)

Estação	Duração (min)											
	10	20	30	40	50	60	120	180	240	360	720	1440
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Alvorada	114,5 (29,9) ¹	101,1 (34,8)	83,7 (26,5)	72,4 (27,8)	63,3 (25,1)	56,4 (23,0)	31,9 (11,8)	23,1 (8,2)	18,3 (6,6)	13,2 (4,9)	7,3 (2,9)	3,8 (1,6)
Araguatins	92,0 (32,2)	75,9 (28,4)	65,9 (23,6)	57,3 (22,0)	49,5 (20,2)	44,4 (19,3)	29,4 (12,7)	21,4 (8,8)	16,8 (6,8)	11,6 (4,6)	6,5 (2,4)	3,4 (1,2)
Dianópolis	88,1 (20,3)	74,8 (12,8)	62,5 (12,1)	53,1 (11,9)	45,5 (11,1)	39,7 (10,1)	22,3 (4,8)	16,0 (4,0)	12,5 (3,3)	8,8 (2,3)	4,8 (1,4)	2,6 (0,8)
Formoso do Araguaia	109,1 (23,4)	90,7 (21,3)	77,8 (21,1)	68,2 (18,8)	60,5 (16,6)	54,1 (14,1)	31,9 (9,0)	24,0 (7,0)	18,7 (5,6)	13,0 (4,0)	7,1 (1,8)	3,9 (0,9)
Guaraí	122,9 (30,8)	99,7 (24,8)	85,9 (19,6)	75,8 (20,6)	65,9 (17,9)	57,7 (15,8)	32,4 (6,7)	23,5 (5,2)	18,4 (4,8)	12,7 (3,8)	6,7 (2,1)	3,4 (1,1)
Miracema do Tocantins	115,2 (30,3)	93,8 (23,7)	83,4 (18,9)	72,4 (15,0)	64,7 (13,2)	58,9 (13,1)	34,0 (7,5)	24,0 (4,8)	19,5 (3,6)	13,9 (2,4)	7,1 (1,3)	3,7 (0,7)
Natividade	104,7 (31,2)	82,0 (18,9)	69,3 (21,1)	61,4 (20,5)	52,9 (18,8)	46,7 (18,0)	28,4 (13,3)	19,8 (9,2)	15,2 (7,1)	10,7 (4,8)	6,3 (2,1)	3,5 (1,3)
Projeto Rio Formoso	107,6 (25,5)	97,3 (25,0)	87,1 (24,7)	77,2 (24,7)	68,6 (22,4)	61,4 (21,4)	36,2 (13,7)	25,6 (9,7)	20,5 (7,8)	14,2 (5,6)	7,5 (3,1)	3,9 (1,6)
Tocantinópolis	93,7 (25,0)	84,5 (24,0)	76,0 (18,7)	71,8 (21,0)	65,7 (17,7)	60,6 (16,4)	36,3 (9,4)	26,1 (6,9)	20,0 (5,1)	13,9 (3,4)	7,7 (2,0)	4,1 (1,0)
Tupiratis	102,2 (20,4)	80,0 (9,2)	66,9 (13,2)	58,9 (15,0)	52,3 (13,9)	47,6 (11,1)	29,0 (8,0)	20,6 (5,4)	16,5 (4,0)	11,7 (2,7)	6,2 (1,7)	3,3 (1,2)
Média	105,0 (26,9)	88,0 (22,3)	75,8 (20,0)	66,9 (19,7)	58,9 (17,7)	52,8 (16,2)	31,2 (9,7)	22,4 (6,9)	17,6 (5,5)	12,4 (3,9)	6,7 (2,1)	3,6 (1,1)
Desvio	11,2	9,8	9,1	8,5	8,1	7,6	4,2	3,0	2,4	1,7	0,8	0,4
CV (%)	10,7	11,2	12,0	12,7	13,8	14,4	13,4	13,5	13,9	13,8	12,5	11,8
Relação máx./min.²	1,39	1,35	1,39	1,45	1,51	1,55	1,63	1,63	1,64	1,61	1,60	1,54

¹ O valor entre parênteses significa desvio padrão (s).

² Relação entre os valores extremos de intensidade de precipitação pluvial máxima, entre as localidades, para cada duração

A Tabela 12 indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Tabela 12 - Coeficientes de rugosidade

FONTE: Ghisi; Gugel (2005)

<i>Material</i>	<i>Coeficiente (n)</i>
Plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre, latão	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Em relação aos condutores, são eles que fazem o transporte de água para o reservatório. Existem 2 tipos principais de condutores:

- Condutores horizontais
- Condutores verticais

Condutores horizontais são condutores de terraço, áreas abertas, pátios, etc. que possuem uma declividade muito pequena. Para o caso projeto não haverá condutores horizontais. Já os condutores verticais são aqueles que recebem a água coletada pelas calhas e levam ao reservatório, que pode ser o de auto-limpeza ou o de armazenamento de água da chuva.

3.12.1 Tipos de Calha

Diversos tipos de calhas podem ser instaladas. A Figura 17 mostra a calha de beiral, que ilustra a calha instalada em beiral; a calha instalada em platibanda e a calha instalada no encontro das águas do telhado (água-furtada), respectivamente.

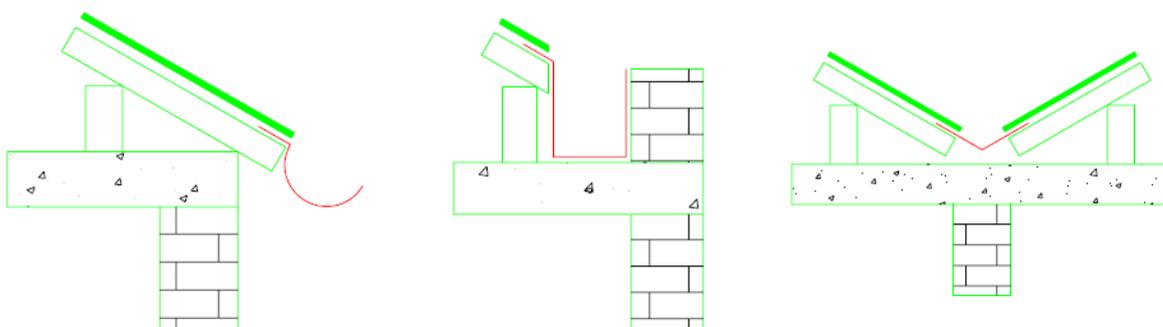


Figura 17 - Calha de beiral, de platibanda e água furtada, respectivamente
(FONTE: Ghisi; Gugel, 2005)

3.12.2 Materiais a utilizar

Segundo a NBR 10844:89 apud Ghisi e Gugel (2005), os seguintes materiais podem ser utilizados para coleta e condução das águas pluviais:

- Calha: aço galvanizado, folhas de flandres, cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, pvc rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.
- Condutor vertical: ferro fundido, fibrocimento, pvc rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.
- Condutor horizontal: ferro fundido, fibrocimento, pvc rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria.

As canalizações enterradas devem ser assentadas em terreno resistente ou sobre base apropriada, livre de detritos ou materiais pontiagudos. O recobrimento mínimo deve ser de 30 cm. Caso não seja possível executar esse recobrimento mínimo de 30 cm, ou onde a canalização estiver sujeita a carga de rodas, fortes compressões ou ainda, situada em área edificada, deverá existir uma proteção adequada com uso de lajes ou canaletas que impeçam a ação desses esforços sobre a canalização.

3.13 Sistema de auto-limpeza

O telhado das residências apresenta muitas impurezas, como fezes de animais, animais mortos, poeira, galhos e folhas de árvores. Por isso é recomendável o descarte da primeira água, que faz a limpeza do telhado, sobretudo após um longo período de estiagem.

O sistema de auto-limpeza tem como finalidade realizar esse descarte simples da água de chuva. O objetivo é retirar os dejetos principais e tratá-la de forma a torná-la própria para uso doméstico, como em vasos sanitários, lavagem de roupas, ou descartá-la. Algumas técnicas como sedimentação natural, filtração simples e cloração podem ser utilizados.

A Figura 18 mostra um esquema de coleta de água da chuva com o sistema de auto-limpeza.

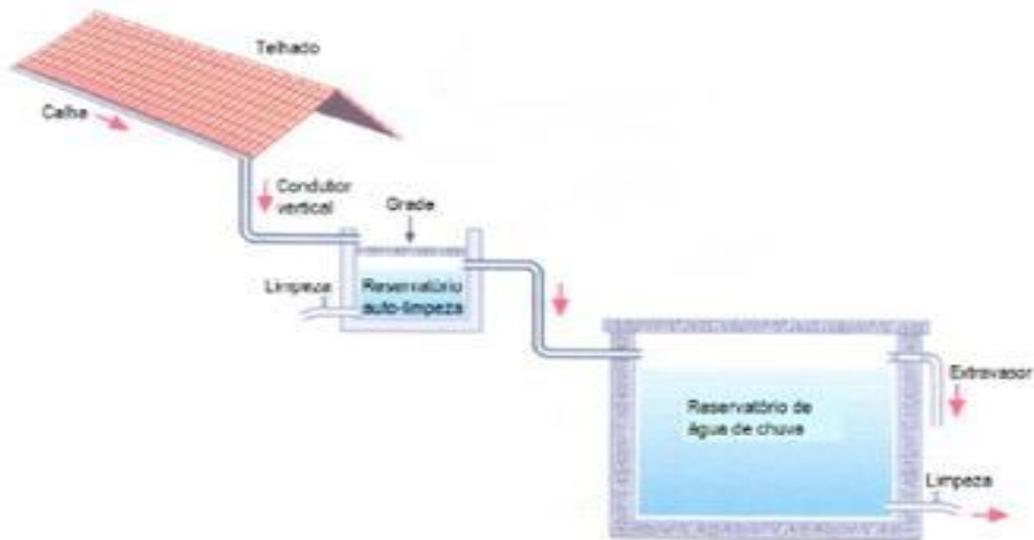


Figura 18 - Esquema de coleta de água da chuva com sistema de auto-limpeza
 FONTE: Tomaz (1998)

3.14 Sistema de Armazenamento de Água da Chuva

A partir do volume mensal de chuvas (Figura 9), traçou-se um gráfico aproximado do volume mensal de chuva que precipita na região de Canuanã, como ilustra o Gráfico 3.

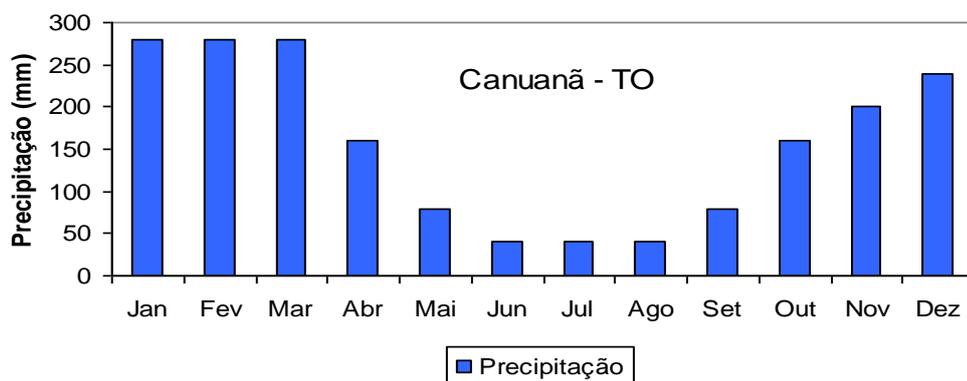


Gráfico 3 - Precipitação mensal na região de Canuanã – TO

Este sistema tem como objetivo armazenar a água de chuva que vem do reservatório de auto-limpeza. Depois de calculado o volume mínimo de água que pode ou deve ser armazenado, pode-se fazer o dimensionamento do reservatório.

Segundo Soares et al (2000) apud May (2004), o problema do tamanho do reservatório pode ser visto sob dois ângulos:

- Quantidade de água necessária para suprir a demanda
- Encontrar a demanda com grau de confiabilidade alto

Geralmente o reservatório de acumulação é o componente mais dispendioso do sistema de aproveitamento de água de chuva, por isso o seu dimensionamento requer cuidado para que o sistema não seja inviabilizado.

4 Estudo de Viabilidade

Todo projeto, em sua fase inicial, deve ser submetido a uma rápida análise panorâmica sobre o problema. Esta etapa de desenvolvimento é chamada de estudo de viabilidade. É o estudo de viabilidade que determinará pontos críticos do seu projeto, diferentes alternativas de soluções para o problema e, até mesmo, se o projeto será levado adiante ou não.

Para a execução do Estudo de Viabilidade primeiramente será executado o estabelecimento da necessidade, especificando-a tecnicamente de modo que o problema esteja totalmente identificado e formulado. Em seguida, deve-se bolar alternativas de solução para o problema, que deve ser executada com a máxima criatividade e tendo em mente que a combinação de soluções podem gerar novas alternativas.

4.1 Estabelecimento da Necessidade

O início de qualquer projeto é sempre devido a uma necessidade que pode ser originada de diversas formas. Para o caso de Canuanã a origem foi a reclamação dos assentados locais. Devem-se evitar enganos dispendiosos devido a erros de interpretação.

A necessidade dos assentados de Canuanã é o suprimento de água no período de seca, pois é uma região que não possui água encanada. Contudo, existem três demandas diferentes de água: a demanda de água potável, a demanda de água não potável, ou ambos. Para isso, é preciso verificar qual volume de água de chuva consegue-se coletar. A Tabela 7 mostra os volumes de cada necessidade. A demanda mensal está reproduzida na Tabela 13.

O método utilizado para dimensionamento da demanda a ser atendida será baseada no método analítico de *Rippl*. A vantagem do Método de *Rippl* é que ele é flexível com relação aos dados de entrada para o cálculo. Admitiu-se que a área de coleta

será o telhado da residência. Caso a área de coleta seja sensivelmente maior, deve-se restabelecer a necessidade a ser atendida. Os dados da tabela serão:

- Precipitação média: dados baseados no Gráfico 3.
- Área de coleta: área do telhado da residência
- Coeficiente de Runoff: coeficiente referente à perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado, etc.
- Volume coletado: $Q = P \cdot A \cdot R$

Onde:

- Q: volume mensal de água de chuva (m³)
- P: Precipitação média mensal (mm)
- Área de coleta (m²)
- Demanda de água potável
- Demanda de água não potável
- Demanda total de água: demanda de água potável + demanda de água não potável

Tabela 13 – Variáveis para o estabelecimento da necessidade

Mês	Precipitação média (mm)	Área de coleta (m²)	Coeficiente de Runoff	Volume coletado (m³)	Demanda não potável (m³)	Demanda potável (m³)	Demanda total (m³)
Janeiro	280	50	0,7	9,8	10,8	1,2	12
Fevereiro	280	50	0,7	9,8	10,8	1,2	12
Março	280	50	0,7	9,8	10,8	1,2	12
Abril	160	50	0,7	5,6	10,8	1,2	12
Mai	80	50	0,7	2,8	10,8	1,2	12
Junho	40	50	0,7	1,4	10,8	1,2	12
Julho	40	50	0,7	1,4	10,8	1,2	12
Agosto	40	50	0,7	1,4	10,8	1,2	12
Setembro	80	50	0,7	2,8	10,8	1,2	12
Outubro	160	50	0,7	5,6	10,8	1,2	12
Novembro	200	50	0,7	7	10,8	1,2	12
Dezembro	240	50	0,7	8,4	10,8	1,2	12

Baseada na Tabela 13 percebe-se que a quantidade de chuva precipitada durante o ano não consegue atender à demanda de água potável e não potável de uma residência com 5 pessoas de Canuanã. Deve-se então estabelecer qual necessidade é mais importante: a de água potável e a de água não potável. Como Canuanã já possui alguns poços de água, escolheu-se atender à necessidade de

água potável dos assentados, que também é muito mais importante para a vida. O restante da água pode e deve ser utilizado para fins secundários.

4.1.1 Especificação Técnica da Necessidade

De acordo com Kaminski (2000), antes de iniciar levantamento de alternativas é necessário que o problema a ser atendido esteja totalmente identificado e formulado. Combinando a tecnologia com as exigências do projeto e necessidade dos assentados, procura-se formular o problema em termos técnicos. A especificação das características técnicas do projeto será um conjunto de requisitos funcionais, operacionais e construtivos a ser atendido pelo produto.

Requisitos funcionais

- Desempenho: coletar pelo menos 60% da água precipitada para telhados e 30% para áreas de terra
- Conforto: ausência de corpos estranhos, como folhas, galhos, na água
- Segurança: impossibilidade de queda de objetos estranhos nas pessoas ou de contaminação da água

Requisitos operacionais

- Não deve exigir comando para que a água seja armazenada
- Durabilidade: não deve haver falhas antes de 10 anos de uso do sistema
- O dispositivo para tratamento inicial da água deve ser automático, evitando o desconforto de sua ativação durante a chuva

Requisitos construtivos

- Instalação: não deve exigir equipe especializada para instalação nem maquinário pesado
- Manutenção: não deve exigir equipamento especial para manutenção

4.2 Proposta de Alternativas

Com base nas especificações técnicas da necessidade, serão propostas alternativas de solução para cada componente do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água de chuva.

Em seguida, será montada uma tabela com todas as alternativas para que se possa chegar à melhor alternativa para atender à necessidade.

4.2.1 Área de Coleta

As alternativas para a área de coleta são:

1. Telhado das residências (Figura 19): informações do Programa Poli Cidadã indicam que cada residência possui uma área média de telhado de 50 m². Este será o valor de referência adotado por este projeto. Pelo fato da estrutura do telhado não ser a ideal para coleta (os telhados são de cerâmica, mas já estão velhos) o coeficiente de *Runoff* adotado será de 0,7.

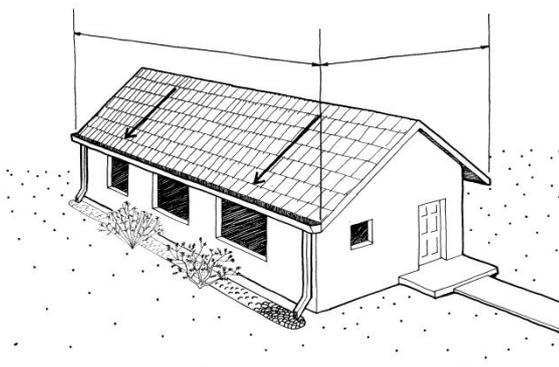


Figura 19 - Área de coleta: telhado de uma residência
FONTE: Waterfall (2009)

2. Área de quintal (Figura 20): a área de quintal é muito mais extensa que o telhado das residências, além de se permitir que seja cultivada uma horta próxima à residência. Podem ser feitas canaletas na terra para dirigir a água ao reservatório. Contudo, seu coeficiente de *Runoff* é bem mais baixo, em torno de 0,4.

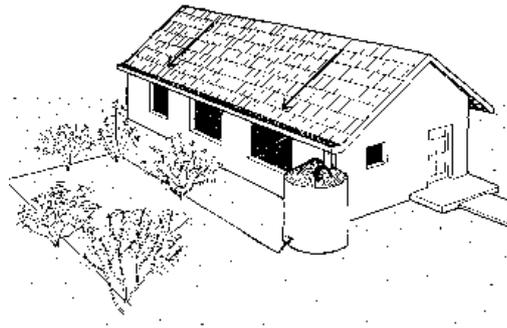


Figura 20 - Área de coleta: telhado e área de quintal
FONTE: Waterfall (2009)

4.2.2 Calhas e Condutores

O único tipo de calha que pode ser construído nas residências de Canuanã são as calhas de beiral. As alternativas de calha são:

1. Calha de beiral de seção semicircular de pvc rígido (Figura 21): a principal vantagem desta calha é o seu custo, pois canos de pvc rígidos são produzidos em larga escala atualmente. Sua durabilidade também é boa, e não enferruja, como as calhas de ferro.



Figura 21 - Calha de pvc
FONTE: Tigre (2009)

2. Calha de beiral de seção retangular de alumínio (Figura 22): este tipo de calha está sendo muito usado em residências atualmente pela sua alta resistência, versatilidade e durabilidade. Além disso, também são fáceis de instalar. A desvantagem é o seu custo, que acaba sendo mais caro que a calha de pvc.

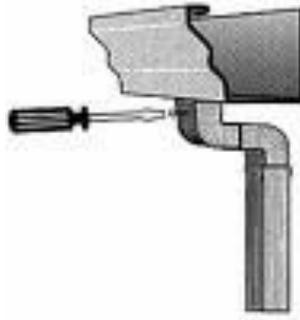


Figura 22 - Calha de alumínio

FONTE: http://www.bellacalha.com.br/bella/index_bella.php3?pg=instala

4.2.3 Reservatório de auto-limpeza

Existem várias alternativas para o sistema de auto-limpeza. Serão apresentadas as encontradas na literatura que possuem menor custo.

1. Tonel para Descarte de Primeira Água

Segundo Dacach apud May (2004), o funcionamento do tonel no sistema de coleta de água é o seguinte: a água do telhado passa pela calha e desce pelo condutor vertical chegando até um tonel com capacidade de 50 l. Este tonel deve ser provido de um pequeno orifício na parede inferior, com cerca de 0,5 cm de diâmetro.

No condutor vertical é conectado um ramal horizontal para alimentar o reservatório de água da chuva.

Segundo Dacach apud May (2004), ao iniciar a chuva, a água desce até o tonel, onde sai parcialmente pelo orifício. Por ser relativamente pequena a vazão do orifício, a água coletada vai subindo no tonel e, posteriormente, no trecho inferior do condutor até a conexão com o ramal horizontal. Assim, a água começa a escoar para o reservatório de água de chuva pelo ramal horizontal.

Apesar de ser um sistema barato e de fácil instalação e manutenção, o problema deste sistema é que não é possível precisar o quanto de água é perdido através do orifício, dificultando o dimensionamento do reservatório. Além disso, as chuvas de pequena intensidade não apresentam condições de aproveitamento. Para evitar este

problema é possível colocar-se um registro de controle manual próximo ao ramal para evitar que a água passe pelo tonel.

2. Reservatório de Auto-limpeza com Torneira Boia

Para o descarte da água de limpeza do telhado, pode-se fazer uso de um reservatório de auto-limpeza munido de uma boia de nível. O funcionamento do sistema é o seguinte: a água de chuva passa pela calha, em seguida pelo condutor vertical, chegando ao reservatório de auto-limpeza situado sobre o reservatório de água de chuva. A entrada de água no reservatório de auto-limpeza é provida de uma boia de nível.

Ao iniciar a chuva, o reservatório de auto-limpeza que está vazio recebe a água de chuva até atingir a posição limite, implicando no fechamento automático da torneira de boia. Somente depois do fechamento a água começa a escoar para o reservatório de água de chuva.

A invés de utilizar-se de uma torneira boia pode-se utilizar um registro de controle manual, que deve ser comandado por uma pessoa.

3. Reservatório com filtro de Areia

Segundo Garcez e Alvarez apud May (2004), o funcionamento do reservatório utilizado para armazenar a água de chuva funciona a partir da entrada de água de chuva no reservatório, que está com um dispositivo de descarte de galhos de folhas provenientes do telhado, geralmente um grade.

Entre a entrada e a saída de água deste reservatório existe uma camada de areia e uma camada de brita que atuam como filtro. A passagem por este filtro, a água é direcionada a um poço de sucção, onde é bombeada até um segundo reservatório que armazenará a água já tratada. Ou o primeiro reservatório pode ficar suspenso de modo que a água já seja diretamente despejada no segundo reservatório, evitando o uso de uma bomba.

O Programa Poli Cidadã (2009) montou um filtro para a remoção de ferro da água, que pode servir de base para este filtro de areia. Antes da montagem do filtro deve-se lavar a areia e a brita com água e água sanitária. Para a manutenção, deve-se lavar a areia a cada 3 meses e o filtro inteiro a cada 8 meses.

A vantagem deste sistema é que nenhuma água é descartada e que toda a água é filtrada antes de ser armazenada, estando já em condições de ser usada como água não potável.

4.2.4 Reservatório de Água

Em relação à construção do reservatório, Gould e Nissen Peterson; Gnadlinger; Schistek apud Küster, Martí, Melchers (Org.) (2006) dizem que para o uso humano, a captação de água de chuva necessita de um reservatório seguro e fechado, para que não haja vazamentos, nem evaporação ou poluição. A instalação de uma bomba manual para tirar a água da cisterna evita também a poluição da água na hora de tirá-la do tanque. Ao longo dos anos, após tentativas e experiências com diversos materiais como tijolos, pedras, materiais sintéticos, reservatórios cilíndricos de argamassa de cimento mostra-se mais apropriados.

Gnadlinger (1998) aponta 5 tipos de cisternas. Serão descritas os 3 tipos principais:

1. Cisternas de placas de cimento:

O modelo de cisterna de placas de cimento é encontrado em todo Nordeste e continua sendo construído com êxito. Estas cisternas foram usadas originalmente em comunidades de pequenos agricultores e hoje estão sendo construídas também por pequenos empreiteiros e prefeituras.

A cisterna de placas de cimento fica enterrada no chão até mais ou menos dois terços da sua altura. Ela consiste em placas de concreto (mistura cimento : areia de 1:4), com tamanho de 50 por 60 cm e com 3 cm de espessura, que estão curvadas de acordo com o raio projetado da parede da cisterna, dependendo da capacidade prevista. Há variantes onde, por exemplo, as placas de concreto são menores e mais

grossas, e feitas de um traço de cimento mais magro. Estas placas são fabricadas no lugar mesmo em simples moldes de madeira. A parede da cisterna é levantada com essas placas finas, à partir do chão já cimentado. Para evitar que a parede venha a cair durante a construção, ela é sustentada com varas até que a argamassa esteja seca. Depois disso, um arame de aço galvanizado (Nº12 ou 2,77 mm) é enrolado no lado externo da parede e essa é rebocada (Figura 23).

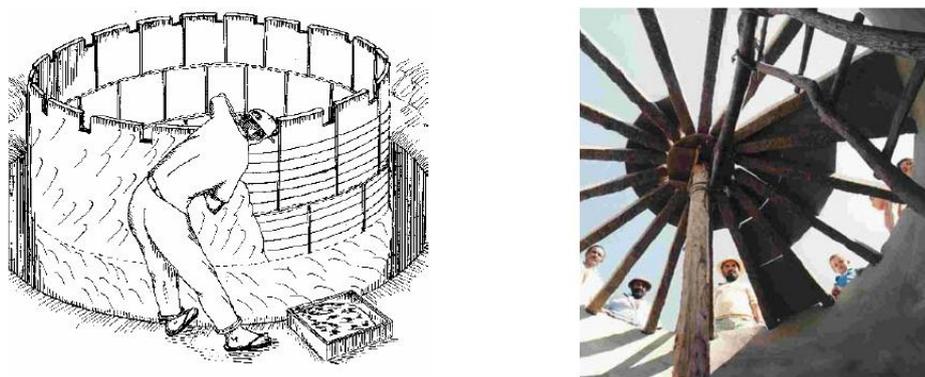


Figura 23 - Armação da parede e da cobertura de uma cisterna de placas
FONTE: Gnadlinger (1998)

Em seguida a parede interna e o chão são rebocados e cobertos com nata de cimento forte. O telhado da cisterna, cônico e raso, também é feito de placas de concreto, que estão apoiados em estreitos caibros de concreto (Figura 23). Um reboco somente externo é suficiente para dar firmeza. O espaço vazio em volta da cisterna é cuidadosamente aterrado. Assim a terra apoia a cisterna.

Vantagens:

- As ferramentas necessárias, inclusive a madeira para fazer os moldes, estão disponíveis em todas as comunidades rurais;
- A retirada da água acontece com facilidade pelo lado de cima, não é preciso ter uma torneira;
- É muito adequada para projetos pequenos de construção de cisternas, que prevêm a construção de um número limitado de cisternas em um curto tempo;
- Baixo custo de construção;
- A água é fresca, já que a maior parte da cisterna fica debaixo da terra.

Desvantagens:

- A construção exige pedreiros qualificados. Para a população é difícil riscar na placa de fundação o círculo perfeito com o raio correto para a parede fina. O contorno só pode ter uma margem de erro de 2 cm. Levantar a parede apresenta a mesma dificuldade;
- A aderência entre as placas de concreto pode ser insuficiente, principalmente no sentido horizontal. Tensões podem provocar fissuras por onde a água vaza;
- A parte subterrânea não pode ser examinada para detectar vazamentos;
- O buraco a ser cavado tem que ter um diâmetro em 0,6 m maior que o diâmetro da cisterna, para possibilitar os trabalhos na parede externa. Isso significa que para uma cisterna de 10 m³, que 12 m³ de terra tem que ser retirados (cavando até uma profundidade de 1,60 m);
- Entre a fabricação das placas e o início do levantamento das paredes é preciso aguardar cerca de três semanas para que o concreto possa curar (endurecer) o suficiente;
- Um conserto de vazamentos é impossível na maioria das vezes.

2. Cisterna de tela e arame

Este tipo de cisterna normalmente é construído na superfície (Figura 24). Ela tem uma altura de dois metros. Antes de concretar o fundo, só é preciso retirar a terra fofa. O chão é nivelado a uma profundidade de cerca de 20 cm e uma camada de cascalho e areia grossa é colocada debaixo da camada de concreto.

Para a construção dessa cisterna é preciso uma forma de chapa de aço (Figura 24). Essa consiste de chapas de aço plano (1 m x 2 m), finas (0,9 mm) que são seguradas por cantoneiras e parafusadas uma nas outras em forma cilíndrica. A forma levantada é primeiramente envolta com tela de arame e em seguida com arame de aço galvanizado com uma espessura de 2 ou 4 mm - para cisternas com capacidade de 10 ou 20 m³ respectivamente (Figura 24). A tela de arame deve passar por debaixo da forma e cobrir uma largura de aproximadamente 50 cm no fundo da cisterna. Depois de colocadas duas camadas de argamassa na parte exterior (Figura 24), a forma de aço é retirada (e reusada para construir outras cisternas). O interior é rebocado duas vezes e depois coberto com nata de cimento.

O teto da cisterna pode ser fabricado também com a ajuda de uma forma de aço, porém é muito mais fácil e rápido utilizar a tecnologia usada na cisterna de placas.

No intervalo das diversas etapas de trabalho e durante a noite a cisterna tem que ser coberto com uma lona para evitar o ressecamento prematuro da parede de concreto fina, o que provocaria pequenas rachaduras.



Figura 24 - Colocação da forma e primeira camada de argamassa na cisterna de tela e arame
FONTE Gnadlinger (1998)

Vantagens:

- Esse modo de construir assemelha-se à maneira de construir uma casa de taipa;
- Apropriado tanto para pequenos como para grandes projetos de construção de cisternas;
- Com pequenas modificações na estrutura da cisterna, este tipo pode ser adaptado para ser transportado até por grandes distâncias, portanto as cisternas poderiam ser construídas em um pátio central de fabricação;
- Pouca demora na construção;
- Necessidade de pouca matéria-prima;
- As chapas de aço, depois de desmontada a forma cilíndrica, ficam planas novamente e são facilmente transportadas em pick-up pequenos, do tipo Saveiro ou mesmo em carroças;
- Não exigem trabalhos pesados de escavação, pois a cisterna fica acima da terra;
- São praticamente à prova de vazamentos;

- Eventuais vazamentos são facilmente consertados.

Desvantagens:

- Uso de chapas de aço, que não estão sempre disponíveis em todos os lugares do interior;
- A proporção entre cimento, água e areia tem que ser respeitada à risca;
- As paredes não devem ressecar durante as obras e pelas duas semanas seguintes;
- A água esquentava com facilidade ao calor do sol, por isso a cisterna sempre tem que ser pintada de branco;
- A retirada da água é mais complicada, ou por cima com a ajuda de uma pequena escada, ou por meio de uma torneira, o que porém aumenta o risco de um esvaziamento acidental;
- A obra não pode ser interrompida durante a construção, pois senão as subsequentes camadas de reboco não aderem suficientemente entre si.

3. Cisterna de cal

A cisterna de cal fica praticamente na sua totalidade debaixo da terra, sendo que muitas vezes só uma pequena parte da cúpula superior aparece na superfície (Figura 25). A terra é escavada na medida exata do tamanho da cisterna. O fundo da cisterna é côncavo. Por dentro a cisterna tem a forma da metade grossa de uma enorme casca de ovo (Figura 25). Começa-se levantar a cisterna no centro do fundo da cisterna com os tijolos em pé (Figura 26). As paredes de tijolos, com 20 cm espessura, estão diretamente encostadas na terra.

Para o levantamento usa-se em geral argamassa de cal pura. O reboco interno é aplicado em duas ou três camadas de argamassa de cal com pouco cimento e coberto com nata de cimento. O teto da cisterna pode ser feito de tábuas, pode ser um telhado comum, porém bem vedado contra a entrada de pequenos animais, ou, mais simples, pode ser uma cúpula feita de tijolos (Figura 26).

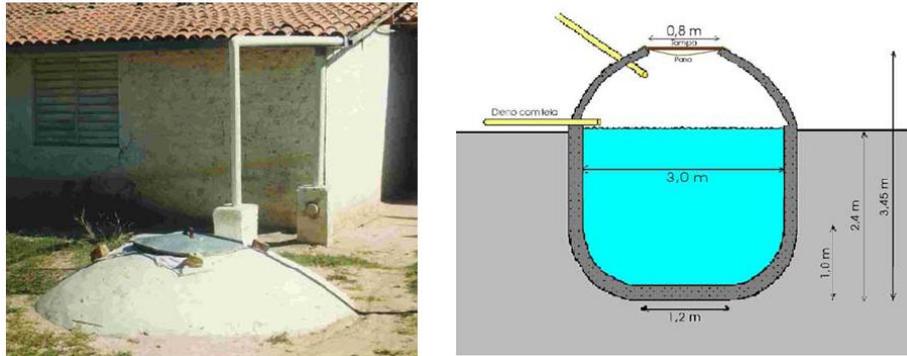


Figura 25 - Cisterna de tijolos e argamassa de cal enterrada
 FONTE: Gnadlinger (1998)

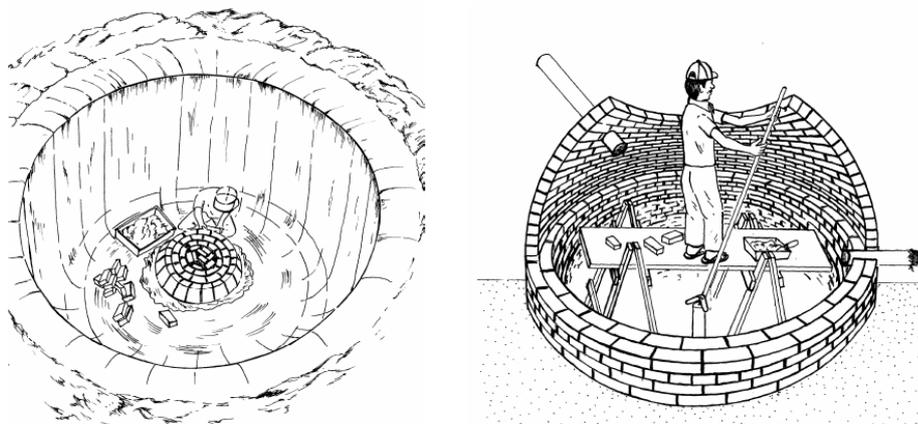


Figura 26 - Construção da cisterna de tijolo e cal
 (FONTE: Gnadlinger (1998))

Vantagens:

- Exceto alguns quilos de cimento, todo o material de construção é disponível em praticamente todo o interior e pode ser fabricado pelo próprio agricultor ou então ser obtido em troca de produtos da roça;
- A técnica de construção é muito conhecida, pois da mesma forma se constroem os fornos de carvão e de cal;
- A maneira de construir condiz mais com o ritmo de vida dos pequenos agricultores, pois a construção não precisa ser terminada de uma vez;
- A cisterna pode ser construída efetivamente sem ajuda financeira externa;
- As paredes levantadas com cal são mais resistentes a tensões, porque a argamassa de cal é mais elástica que a argamassa de cimento.

Desvantagens:

- São necessários trabalhos de escavação;

- A tecnologia da construção com cal caiu no esquecimento por causa da hegemonia do uso do cimento e praticamente nenhum pedreiro a conhece mais;
- A argamassa de cal só se torna impermeável com o uso de aditivos;
- A argamassa de cal precisa de muito mais tempo para endurecer que a de cimento.

4.3 Alternativas de solução

Baseada nas alternativas de solução foi montada Tabela 14, que consolida todas as alternativas de solução para os componentes do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água.

Tabela 14 - Alternativas de construção do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água de chuva

<i>Área de Coleta</i>	<i>Condutores</i>	<i>Auto-limpeza</i>	<i>Reservatório</i>
Telhado	Semicircular de pvc	Tonel	Placas de cimento
Jardim	Retangular de pvc	Torneira bóia	Tela e arame
	Semicircular de alumínio	Filtro de areia	Cisterna de cal
	Retangular de alumínio		

A matriz de decisão irá analisar as alternativas segundo atributos considerados importantes, procurando tornar a escolha da melhor alternativa menos subjetiva possível.

5 Projeto Básico

5.1 Matriz de Decisão

A fim de avaliar a alternativa que melhor atende à necessidade da população de Canuanã é utilizado o método da matriz de decisão, que consiste na atribuição de notas às alternativas conforme o critério que está sendo avaliado. A cada critério é atribuído um peso conforme sua importância ao projeto. Este método é muito usado porque diminui a subjetividade da escolha de certa alternativa, tornando-a mais quantificada.

Os critérios e seus respectivos pesos que avaliarão as alternativas são:

- **Custo:** o preço que o sistema custa para ser devidamente instalado, incluindo gasto com mão-de-obra, material e ferramentas especiais. Este é o principal atributo, pois Canuanã é uma região bem humilde.
- **Instalação:** a facilidade de instalação do sistema; se é necessário mão-de-obra especializada, ferramentas especiais para construção, o tempo total gasto para se fazer a instalação. Este é outro atributo importante, pois é inviável ter uma alternativa que necessite de mão-de-obra especializada ou maquinário pesado.
- **Manutenção:** facilidade e simplicidade de manutenção do sistema.
- **Desempenho:** a capacidade e eficiência do sistema em coletar, tratar e armazenar a água. O desempenho não um atributo crucial pelo fato de ser uma população humilde e do acesso ao local não ser muito fácil.
- **Durabilidade:** o tempo que os componentes poderão ser utilizados até a sua troca. Este atributo teve a menor nota porque todas as alternativas apresentam boa durabilidade no geral.

Para cada componente do sistema de coleta de água de chuva é feita uma matriz de decisão. O melhor sistema será aquele composto pelas melhores alternativas de cada componente. As Tabelas 15, 16, 17 e 18 mostram as matrizes de decisão:

Tabela 15 - Matriz de decisão para a área de coleta

Critério	Peso	Telhado		Jardim	
		Nota	NxP	Nota	NxP
Custo	0,4	5	2	3	1,2
Instalação	0,2	5	1	2	0,4
Manutenção	0,15	4	0,6	4	0,6
Desempenho	0,15	3	0,45	5	0,75
Durabilidade	0,1	4	0,4	5	0,5
TOTAL	1		4,45		3,45

Tabela 16 - Matriz de decisão para os condutores

Critério	Peso	Semicircular pvc		Retangular pvc		Semicircular alumínio		Retangular alumínio	
		Nota	NxP	Nota	NxP	Nota	NxP	Nota	NxP
Custo	0,4	5	2	4	1,6	2	0,8	1	0,4
Instalação	0,2	4	0,8	3	0,6	4	0,8	3	0,6
Manutenção	0,15	3	0,45	3	0,45	5	0,75	5	0,75
Desempenho	0,15	5	0,75	5	0,75	5	0,75	5	0,75
Durabilidade	0,1	3	0,3	3	0,3	5	0,5	5	0,5
TOTAL	1		4,3		3,7		3,6		3

Tabela 17 - Matriz de decisão para o sistema de auto-limpeza

Critério	Peso	Tonel		Torneira Boia		Filtro de areia	
		Nota	NxP	Nota	NxP	Nota	NxP
Custo	0,4	5	2	5	2	2	0,8
Instalação	0,2	5	1	4	0,8	2	0,4
Manutenção	0,15	5	0,75	5	0,75	3	0,45
Desempenho	0,15	1	0,15	3	0,45	5	0,75
Durabilidade	0,1	3	0,3	4	0,4	5	0,5
TOTAL	1		4,2		4,4		2,9

Tabela 18 - Matriz de decisão para sistema de armazenamento

Critério	Peso	Placas de Cimento		Tela e arame		Cisterna de cal	
		Nota	NxP	Nota	NxP	Nota	NxP
Custo	0,4	5	2	3	1,2	4	1,6
Instalação	0,2	3	0,6	5	1	4	0,8
Manutenção	0,15	5	0,75	3	0,45	2	0,3
Desempenho	0,15	3	0,45	5	0,75	3	0,45
Durabilidade	0,1	4	0,4	4	0,4	4	0,4
TOTAL	1		4,2		3,8		3,55

Portanto, de acordo com as matrizes de decisão, a melhor alternativa para o sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água de chuva contém os seguintes componentes:

- Área de coleta: telhado das residências
- Condutores: condutor semicircular de PVC
- Auto-limpeza: torneira bóia

- Armazenamento: cisterna de placas de cimento

5.2 Detalhamento da Solução Escolhida

5.2.1 Área de Coleta

A área de coleta da solução escolhida é o telhado das residências, que têm uma área média de 50 m² (PROGRAMA POLI CIDADÃ, 2009). O coeficiente de Runoff adotado será de 0,7, pois o telhado das casas não é o mais adequado para a coleta de água de chuva. Admitiu-se que as casas têm dimensões 10 x 5 m, e que o telhado possui formato em “vê” (Figura 19), sendo instaladas as calhas somente nos lados de 10 m.

5.2.1.1 Manutenção do telhado

A manutenção do telhado é fundamental por ser esta uma oportunidade para se fazer uma vistoria completa em todo o material e executar, se necessário, pequenos reparos no acabamento, se este foi danificado por qualquer razão, além de ser um local sujeito ao acúmulo de sujeira e corpos estranhos.

A limpeza deve começar, numa cobertura, justamente pela remoção manual ou com uma vassoura de cerdas macias, de todos os objetos estranhos ao telhado e de todo material particulado que tenha se depositado sobre as telhas. Nesta fase deve-se cuidar para que estes materiais não venham a cair na calha coletora ou nos condutores de águas pluviais, entupindo-os. Verifique também o estado dos parafusos e o seu aperto.

Recomenda-se que a limpeza dos telhados, quando possível, seja feita sempre principalmente antes do período de chuvas (mês de setembro) ou após um período de 15 dias sem chuvas, para que não se acumule sujeira no telhado, que pode vir a contaminar a água da chuva ou até mesmo obstruir o sistema de calhas e condutores.

Ter em mente que segurança é o mais importante aspecto deste serviço. Usar equipamentos de segurança é imprescindível (capacete, botas, luvas, óculos e cinto de segurança).

5.2.2 Calhas e Condutores

A alternativa escolhida foi a calha de beiral de seção transversal semicircular de pvc rígido. Em calhas de beiral, quando a saída estiver a menos de 4 metros de uma mudança de direção à vazão de projeto deve ser multiplicada pelos seguintes fatores de acordo com a Tabela 19.

Tabela 19 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

FONTE: Ghisi; Gugel (2005)

<i>Tipo de curva</i>	<i>Curva a menos de 2 m da saída da calha</i>	<i>Curva entre 2 e 4 m da saída da calha</i>
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

A intensidade de precipitação (I) a ser adotada para o dimensionamento deve ser de 150 mm/h quando a área de projeção horizontal for menor que 100 m², que é o caso das residências de Canuanã.

A vazão de projeto é determinada pela fórmula:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Onde:

- Q: vazão de projeto (L/min)
- I: intensidade pluviométrica (mm/h)
- A: área de coleta

5.2.2.1 Dimensionamento das Calhas

As calhas podem ser dimensionadas pela fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = \frac{K \cdot A \cdot \sqrt[3]{R_H^2} \cdot \sqrt{i}}{n}$$

Onde:

- Q = vazão de projeto da calha (L/min);
- A = área molhada (m^2);
- R_H = raio hidráulico = A/P (m);
- P = perímetro molhado (m);
- i = declividade da calha (m/m);
- n = coeficiente de rugosidade;
- $K = 60000$ (coeficiente para transformar a vazão em m^3/s para L/min).

A Tabela 20 indica as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade $n = 0,011$, que é o coeficiente de rugosidade da calha de pvc (Tabela 12). Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

Tabela 20 - Capacidade das calhas semicirculares
FONTE: Ghisi; Gugel (2005)

Diâmetro interno D (mm)	Vazão (l/min)		
	Declividades		
	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	339	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Portanto, para o caso de uma residência de Canuanã, têm-se os seguintes dados:

- Área molhada: $A = 50 m^2$
- Perímetro molhado: $P = 20 m$ (estimado)
- Coeficiente de rugosidade: $n = 0,011$ (Tabela 12)
- Raio hidráulico: $R_H = A/P = 2,5$
- Coeficiente multiplicativo da vazão de projeto: $C = 1,2$

Com isso:

- Vazão de projeto: $Q = C \cdot \frac{I \cdot A}{60} = 125 L/min$

Portanto, a partir da Tabela 20 e da vazão de projeto pode-se dimensionar o diâmetro de uma calha semicircular com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$. Vale ressaltar que a vazão de projeto já está com um fator de segurança, visto que a intensidade máxima registrada próxima a Canuanã é de 107,1 mm/h com desvio padrão de 25,5 mm/h (Tabela 11), enquanto que a intensidade máxima de projeto utilizada no cálculo é de 150 mm/h.

A calha selecionada a partir da Tabela 20 tem diâmetro de 100 mm e declividade de 0,5 %. O coeficiente de segurança adquirido com a aproximação da vazão de projeto e com o diâmetro da calha é de 1,25.

5.2.2.2 Instalação das Calhas

Para a instalação das calhas consultou-se o catálogo técnico das marcas Tigre e Amanco, sendo que ambas as instruções e peças ofertadas são muito semelhantes. Optou-se por utilizar o catálogo da marca Tigre, que indica os seguintes passos para instalação:

- Parafuse os suportes para calha na estrutura do telhado.
- Calcule um desnível de 0,5% entre o ponto de início da calha e o condutor vertical.
- A distância máxima entre suportes deve ser de 60 cm.
- Em beiral com testeira: use os suporte de pvc (Figura 27 A). Em beiral sem testeira: use o suporte metálico (Figura 27 B) ou a haste metálica com suporte de pvc (Figura 27 C).

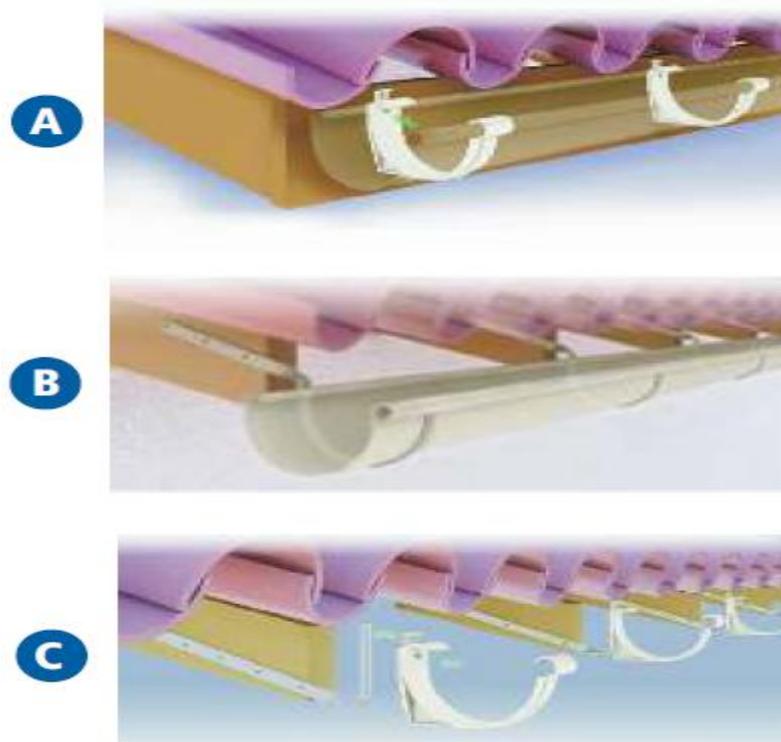


Figura 27 - Instalação da calha semicircular
 FONTE: Tigre (2009)

A Figura 28 mostra os suportes em detalhe:

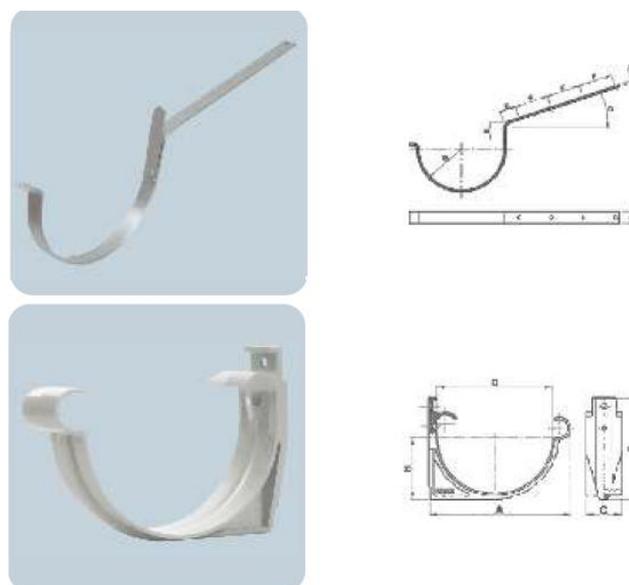


Figura 28 - Haste metálica ou suporte de pvc
 FONTE: Tigre 2009

- Para a fixação dos suportes, trace antes uma linha com a declividade da calha para que ela sirva de guia. Em seguida parafuse os suportes e encaixe os tubos as calhas, colocando primeiramente a parte traseira e girando-a para baixo.
- Depois fixe as emendas nos pontos onde estiverem previstos (Figura 29). Para regiões menores que 3 m, comprimento da calha, serre a sobra.



Figura 29 - Fixação das emendas
FONTE: Tigre (2009)

- Por fim, encaixe um bocal e as cabeceiras na calha (Figuras 30 e 31). No bocal será encaixada uma grade de proteção para que impurezas não fiquem retidas nos condutores.



Figura 30 - Bocal para direcionamento para a cisterna
FONTE: Tigre (2009)



Figura 31 - Cabeceira esquerda
FONTE: Tigre (2009)

Deve-se ressaltar que essa calha possui uma dimensão padrão de 125 mm de diâmetro, que possui capacidade suficiente para escoar a água para o condutor vertical.

5.2.2.3 Dimensionamento dos Condutores

Os condutores deverão ser instalados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvios devem ser utilizadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, sempre com peças de inspeção. Eles podem ser instalados interna ou externamente às residências. Para o caso das residências de Canuanã, os condutores serão instalados externamente.

O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção vertical é de 75 mm e devem ser dimensionados a partir dos seguintes dados:

- Q = vazão de projeto (L/min)
- H = altura da lâmina de água na calha (mm)
- L = comprimento do condutor vertical (m)

A partir dos dados, devem-se consultar os ábacos das Figuras 32 e 33, da seguinte maneira: levantar uma vertical por Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de H e L, interpolar entre as curvas existentes. Transportar a interseção mais alta até o eixo D. Deve-se adotar um diâmetro nominal interno superior ou igual ao valor encontrado no ábaco.

É recomendável que, no encontro de duas calhas de alta capacidade hidráulica a transição destas para o condutor vertical se faça através de uma caixa receptora (funil), que propicia condições de acomodação e direcionamento do fluxo.

Para o caso de Canuanã, será utilizado um funil com uma grade protetora para que pequenas impurezas, como poeira, galhos e folhas de árvores sejam fiquem retidas, realizando assim um tratamento inicial da água de chuva. Impurezas como fezes de animais ou animais mortos devem ser retirados quando for feito a manutenção da limpeza do telhado.

Para o dimensionamento do condutor será usada a Figura 33.

- A vazão de projeto vale: $Q = 125 \text{ L/min}$
- O comprimento do condutor vertical vale: $L = 2 \text{ m}$.
- A altura da lâmina de água de calha vale: $H = 50 \text{ mm}$.

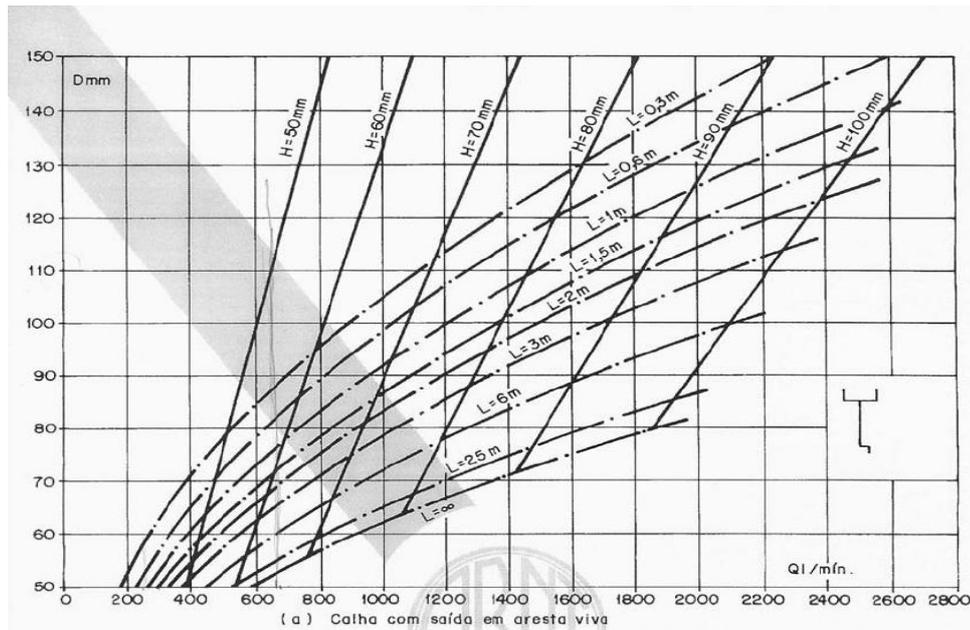


Figura 32 - Dimensionamento dos condutores verticais para calha com saída em aresta viva
FONTE: Ghisi; Gugel (2005)

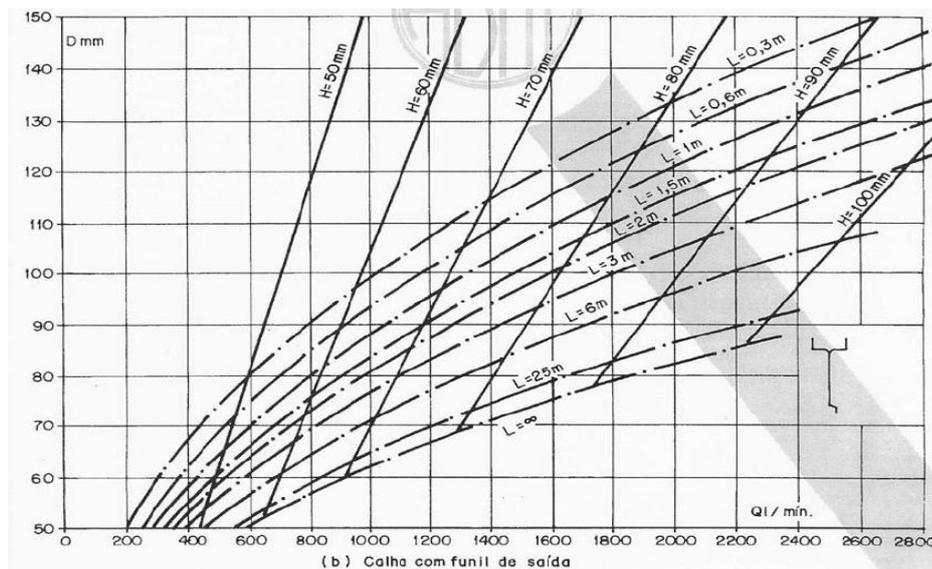


Figura 33 - Dimensionamentos dos condutores verticais para calha com funil de saída
FONTE: Ghisi; Gugel (2005)

Analisando a Figura 33 percebe-se que para um comprimento de condutor vertical de 2 m e uma altura de lâmina de água da calha de 50 mm, um condutor vertical de 75 mm tem capacidade de mais de 250 L/min. Portanto, o condutor vertical que será usado nas residências de Canuanã terá 75 mm de diâmetro, apresentando o coeficiente de segurança de aproximadamente 2,5.

5.2.2.4 Lista de material das calhas e condutores e sua manutenção

A partir das informações acima, os materiais necessários para a construção e instalação das calhas são:

- 5 tubos de 6 m de pvc semicircular 100 mm de diâmetro branco: 4 para coleta da água do telhado (2 de cada lado da casa) e 1 para transporte da água das calhas para o bocal do condutor vertical
- 3 emendas para calha de piso normal: para emenda das calhas do telhado
- 20 suportes 100 mm de diâmetro para as calhas
- 2 joelhos de 90° para direcionamento do fluxo dos bocais das calhas para o condutor vertical
- 1 joelho de 45° para direcionamento do fluxo de água do bocal para a cisterna
- 1 grade de proteção: para ser colocada no bocal de escoamento de água da calha para o condutor vertical
- 1 condutor vertical de 3 m de comprimento e 75 mm de diâmetro
- 1 bocal: para escoamento da água para o condutor vertical
- 1 tubo de cola de silicone para emenda das conexões

Após um período de 15 dias de chuva deve-se fazer a limpeza da calha, retirando galho, folhas fezes de animais, animais mortos e outro tipo de sujeira que possa vir a obstruir o sistema de condução da água. Deve-se limpar também a grade de proteção, que armazenam as impurezas menores.

5.2.3 Reservatório de auto-limpeza

A alternativa escolhida para o reservatório de auto-limpeza foi a torneira bóia para descarte da primeira água do telhado, um dispositivo automático para realização

desta atividade. Segundo a ABCMAC apud Rodrigues (2007), devem ser descartados de 1 a 2 litros de água por metro quadrado do telhado (considerando a parte do telhado utilizado para escoar a água até a cisterna) a fim de limpar a superfície de captação.

Para o reservatório pode ser adotada uma bombona que possua tampa e sistema de fecho. Rodrigues (2007) destaca que o principal problema encontrado para o desenvolvimento do seu projeto foi devido à pressão que a água exercia no reservatório, sendo a vedação do sistema um ponto crítico. Para as residências com uma área superficial para captação de água de chuva média de 50 m², utiliza-se um reservatório com capacidade de 100 L e que tenham um cinturão metálico para fixar a sua tampa. Este cinturão é adquirido junto com o reservatório, sendo o principal elemento para suportar a pressão da água. A Figura 34 mostra o reservatório de auto-limpeza projetado por Rodrigues (2007):



Figura 34 - Bombona (100 L) instalada na tubulação entre cisterna e calha
FONTE: Rodrigues (2007)

Foram adicionados dois itens em relação ao projeto original de Rodrigues (2007): o sifão invertido, que impõe uma barreira física à sujeira, e a torneira de bóia, que fecha a bombona quando ela está cheia para evitar a mistura da água de chuva com a água armazenada na bombona.

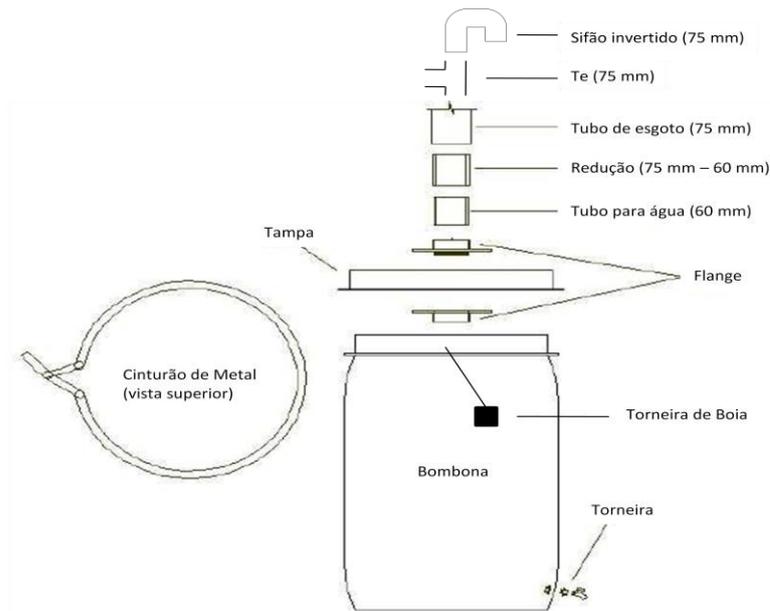


Figura 35 - Esquema de construção do dispositivo
 FONTE: Adaptado de Rodrigues (2007)

5.2.3.1 Lista de material e manutenção do reservatório do auto-limpeza

Materiais:

- 1 bombona plástica de 100 litros (com tampa) *
- 2 m de tubo PVC 75 mm para esgoto (branco)
- 1,5 m de tubo PVC 60 mm para água (marrom)
- 1 bucha de redução curta 75x60 mm
- 1 flange 60 mm
- 1 luva 75 mm para esgoto (branco)
- 1 Te 75 mm para esgoto (branco)
- 1 cap 75 mm para esgoto (branco)
- 1 flange 3/4 pol
- 1 torneira 3/4 pol
- 4 metros de arame de espessura média
- 1 tubo de cola plástica para PVC
- 1 sifão de 75 mm
- 1 torneira de boia

É necessário que tenha, na parte interna da tampa, uma liga de borracha que se adere ao tambor para promover melhor vedação e também um aro metálico que age como uma cinta para prender a tampa.

As ferramentas sugeridas para a montagem são:

- Lixas
- Serras para cortar os tubos
- Arco de serra
- Alicates
- Pistola de aplicação de silicone quente
- Trena

Em relação à manutenção, a bombona deve ser esvaziada somente após um período de 15 dias sem chuva, pois nesse período o telhado ainda está limpo, e portanto a primeira água da chuva é de boa qualidade. A lavagem da bombona deve ser feita a cada mês para eliminar microorganismos que possam ter se proliferado no local.

A água da bombona pode conter um alto índice de coliformes fecais. Deve-se evitar que esta água seja utilizada dentro de casa, mesmo que para atividades secundárias. Esta água pode ser utilizada para a irrigação de um jardim, por exemplo.

5.2.4 Reservatório de Água

O reservatório escolhido para o armazenamento de água foi a cisterna de placas de cimento, que tem como principal característica o baixo custo de construção. A Tabela 21 mostra o volume que o reservatório deve armazenar em função da previsão da operação mês a mês. Através desta avaliação pode-se fazer o dimensionamento do reservatório.

Tabela 21 - Cálculo do volume do reservatório

Mês	Precipitação média (mm)	Área de coleta (m²)	Coefficiente de Runoff	Volume coletado (m³)	Demanda (m³)	Volume armazenado (m³)
Janeiro	280	50	0,7	9,8	5,0	4,8
Fevereiro	280	50	0,7	9,8	5,0	9,6
Março	280	50	0,7	9,8	5,0	14,4
Abril	160	50	0,7	5,6	5,0	15,0
Mai	80	50	0,7	2,8	5,0	12,8
Junho	40	50	0,7	1,4	5,0	9,2
Julho	40	50	0,7	1,4	5,0	5,6
Agosto	40	50	0,7	1,4	5,0	2,0
Setembro	80	50	0,7	2,8	5,0	0
Outubro	160	50	0,7	5,6	5,0	0,4
Novembro	200	50	0,7	7	5,0	2,4
Dezembro	240	50	0,7	8,4	5,0	5,8

A demanda de 5 m³/mês é a máxima demanda que pode ser suprida pela quantidade de chuva anual sem que a coluna 'Volume do reservatório' apresente um valor negativo, pois isso significaria que faltaria água para ser consumida. Este volume é capaz de suprir 42% da demanda de uma residência de Canuanã com 5 moradores, suprimindo 100% da necessidade de água potável da casa.

É importante destacar que o volume de chuvas que pode ser armazenado é maior do que o consumo de 5 m³/mês, e que isso gera um excesso de 5,8 m³/ano, conforme indica a Tabela 21. Deve-se ressaltar que este excesso só é real se o consumo ficar limitado a 5 m³/mês.

A Tabela 21 indica ainda que o reservatório deve ser dimensionado para armazenar um volume de 15 m³ de água. Para garantir que o reservatório não transborde, desperdiçando água, a cisterna de placas de cimento será dimensionada para armazenar um volume de 16 m³ de água. Abaixo se equaciona as dimensões do reservatório, considerando-se uma altura de 2,40 m:

- Raio: $V = \pi \cdot R^2 \cdot h = 16 \text{ m}^3 \Rightarrow R = 1,46 \text{ m}$
- Circunferência: $C = 2 \cdot \pi \cdot R = 9,17 \text{ m}$
- Área Lateral: $A = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h = 22,00 \text{ m}$

As Tabelas 22 e 23, extraídas de Brito (2002), mostram, respectivamente, a quantidade de material e as medidas de diferentes volumes de cisternas de placas de cimento:

Tabela 22 - Quantidade de material conforme o tamanho da cisterna
 FONTE: Brito (2002)

<i>Material</i>	<i>10.000 litros</i>	<i>15.000 litros</i>	<i>16.000 litros</i>	<i>20.000 litros</i>
Cimento	11 sacos	14 sacos	16 sacos	18 sacos
Areia	90 latas	130 latas	150 latas	180 latas
Ferro 1/4	5 kg	7,5 kg	9 kg	8,5 kg
Arame 12 Galvanizado	10 kg	12 kg	12 kg	14 kg
Brita zero	9 latas	12 latas	18 latas	20 latas
Sika / Vedacit	1 kg	1 kg	2 kg	2 kg
Calhas de Zinco	5 calhas de 2 m	5 calhas de 2 m	10 calhas de 2 m	10 calhas de 2 m
Cano pvc 75	1 vara de 6 m			
Joelho pvc 75	2 unidades	2 unidades	2 unidades	2 unidades
Supercal	5 kg	5 kg	5 kg	5 kg

Tabela 23 - Medidas conforme o tamanho da cisterna
 FONTE: Brito (2002)

<i>Medidas</i>	<i>10.000 litros</i>	<i>15.000 litros</i>	<i>16.000 litros</i>	<i>20.000 litros</i>
Raio	1,17 m	1,40 m	1,73 m	1,60 m
Profundidade / buraco	1,20 m	1,30 m	1,20 m	1,30 m
Altura da cisterna	2,40 m	2,40 m	2,40 m	2,40 m
Nº de fileiras / placas	4	4	3	4
Nº de placas da parede	56	68	63	76
Nº de placas da cobertura	14	17	19	19
Placas da parede	Curva: 3,5 cm	Curva: 2,5 cm	Curva: 1,6 cm	Curva: 1,6 cm
	Larg: 0,5 cm	Larg: 0,5 cm	Larg: 0,5 cm	Larg: 0,5 cm
	Alt: 0,60 cm	Alt: 0,60 cm	Alt: 0,60 cm	Alt: 0,60 cm
Placas da cobertura	Compr: 1,22 cm	Compr: 1,30 cm	Compr: 1,63 cm	Compr: 1,52 cm
	Larg base: 0,5	Larg base: 0,5	Larg base: 0,5	Larg base: 0,5
	Larg ponta: 0,08	Larg ponta: 0,08	Larg ponta: 0,08	Larg ponta: 0,07
Medida das vigas (caibros)	Compr: 1,17 m	Compr: 1,40 m	Compr: 1,66 m	Compr: 1,60 m
	Larg: 0,6 cm	Larg: 0,6 cm	Larg: 0,6 cm	Larg: 0,6 cm
	Ferro: 1,22 m	Ferro: 1,45 m	Ferro: 1,71 m	Ferro: 1,65 m
	Quant: 14	Quant: 17	Quant: 21	Quant: 19

A construção da cisterna de placas de cimento consiste de 4 etapas, conforme proposto por Brito (2002):

- Marcação, escavação do buraco e fabricação das formas
- Fabricação das placas e dos caibros
- Levantamento das paredes
- Montagem da cobertura

A descrição detalhada de como construir a cisterna, conforme apresentado pro Brito (2002) em seu texto “Construindo a solidariedade no semi-árido – cisterna de placas”, está no Anexo A.

5.2.4.1 Manutenção da cisterna de placas

Amorim, Porto (2009) indicam vários procedimentos para a manutenção da cisterna: verificação de rachaduras; problemas com as tampas e possíveis entradas de contaminantes; cuidados com a operação de retirada da água da cisterna para consumo, evitando-se o uso de baldes e cordas; telamento de todas as áreas de entrada ou saída da cisterna.

Brito (2002) recomenda que se faça a limpeza da cisterna anualmente, de preferência um pouco antes do início do inverno. Devem-se limpar as paredes internas e retirar toda a sujeira acumulada no fundo da cisterna. Nunca usar de detergente, sabão ou outros produtos químicos, que podem contaminar a água que vir a ser armazenada. Esta ocasião pode ser aproveitada para realizarem-se pequenos reparos de vazamentos, rachaduras, etc.

5.3 Tratamento da água

Estudos feitos por Ntale e Moses apud Rodrigues (2007) mostram que o descarte da primeira água da chuva reduz drasticamente a quantidade de sujeira da água, como mostra a Tabela 24:

Tabela 24 - Análise comparativa da água pluvial captada e armazenada em Kampala, Uganda
FONTE: Rodrigues (2007)

Parâmetros	1ª Água	Água Retida no Sistema de Desvio	Água Armazenada
Turbidez (UNT)	5	42	3
Cor (Pt Co)	26	125	9
Coliformes termotolerantes (nº/100mL)	26	4	0
Estreptococos fecais (nº/100mL)	83	200	0

Portanto, de acordo com a Portaria 518/04 apud Sabesp, água armazenada na cisterna teria qualidade suficiente para ser consumida pelo ser humano. Contudo, qualquer descuido na limpeza e manutenção do sistema pode contaminar a água da cisterna. Desta forma, deve-se fazer um tratamento da água da cisterna antes de ela ser consumida pela família.

O programa Poli Cidadã já propôs duas formas eficientes de tratamento da água para os próprios moradores de Canuanã. As duas formas estão expostas abaixo:

5.3.1 Tratamento de água por radiação solar

A simples exposição aos raios ultravioleta, realizando a colocação das garrafas em um concentrador solar visando elevar a temperatura da água acima de 70°C, garante a redução das colônias por cerca de 24 horas após o tratamento.

A equipe do Programa Poli Cidadã optou pela confecção de protótipos com duas alternativas possíveis de tratamento usando garrafas PET e concentrador solar. Uma alternativa é usar garrafas totalmente translúcidas e a outra é usar garrafas pintadas parcialmente de preto, para reter mais calor.



Figura 36 - Protótipo do concentrador solar
FONTE: Mariani et al (2007)

Resultados do tratamento

A Figura 37 apresenta amostras de água coletadas de do poço de um morador da região. Os testes avaliaram que nas amostras de água não tratada há um número muito grande de colônias de coliformes fecais:

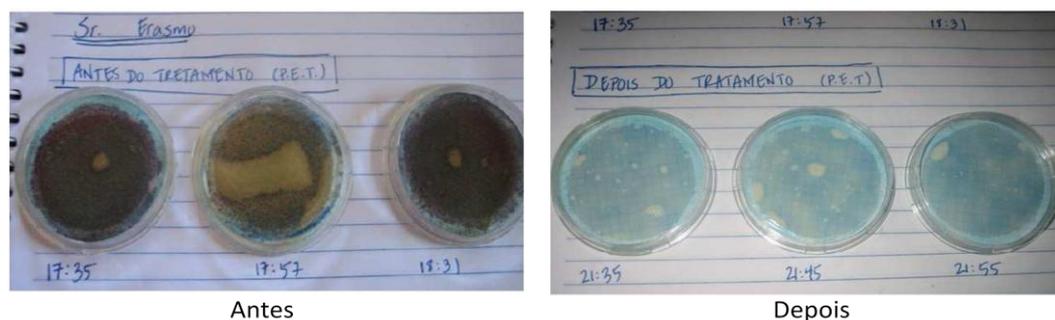


Figura 37 - Resultado do tratamento da água com garrafas PET
 FONTE: Mariani et al (2007)

A equipe do Programa Poli Cidadão concluiu, através de testes feitos com as amostras, que o número de colônias de coliformes fecais presentes nas amostras após o tratamento é aparentemente nulo, o que comprova a eficácia do método utilizado.

Contudo, a sua aceitação pode não ser muito boa, visto que a colocação e retirada das garrafas no concentrador não é muito prática e danos no equipamento podem ser causados por animais domésticos. É importante ressaltar que o concentrador eleva a temperatura da água a valores mais altos do que a simples exposição das garrafas ao sol, o que mantém a água livre de bactérias por mais tempo.

5.3.2 Tratamento da água utilizando cloro

De acordo com o relatório apresentado pela equipe do Programa Poli Cidadã (2009), o tratamento da água utilizando cloro envolve duas etapas: a preparação da solução de tratamento, composto por cloro e água, e o tratamento da água a ser consumida.

Para a preparação da solução de tratamento, deve-se colocar 5 mL (uma tampa de garrafa de 500 mL) de água sanitária 2-2,5%, despejar o conteúdo dentro de uma garrafa de 500 mL e encher a garrafa com água. Esta solução de tratamento será utilizada para tratar aproximadamente 100 litros de água a ser consumida.

Para tratar a água, basta colocar 10 mL da solução de tratamento, despejá-las em uma garrafa de 2 litros, enchê-la com água e esperar 30 minutos. Testou-se a tratar a água com 5, 10, 15 e 20 mL de solução de tratamento, e optou-se por

tratar a água com 10 mL (duas tampas da garrafa), pois o nível de cloro residual na água tratada somente com 5 mL era muito baixo (0,05 mg/L).

5.4 Análise de custos do sistema

A Tabela 25 mostra a consolidação de todo o material que deve ser utilizado para a construção do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água de chuva, bem como os custos dos materiais:

Tabela 25 - Lista de materiais e custos do sistema

<i>Material</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Valor total</i>
Material para Cisterna de Placas			
Cimento (saco 50kg)	16	R\$ 17,80	R\$ 284,80
Areia (lata)	150	R\$ 0,70	R\$ 105,00
Ferro 1/4 (kg)	9	R\$ 5,30	R\$ 47,70
Arame 12 Galvanizado (kg)	12	R\$ 9,60	R\$ 115,20
Brita zero (lata)	18	R\$ 2,00	R\$ 36,00
Sika / Vedacit (kg)	2	R\$ 2,44	R\$ 4,88
Supercal (kg)	5	R\$ 0,35	R\$ 1,73
TOTAL		R\$ 38,18	R\$ 595,30
Material para Reservatório de Auto-limpeza			
Bombona plástica de 100 L (unidade)	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Tubo PVC 75 mm branco (m)	2	R\$ 5,95	R\$ 11,90
Tubo PVC 60 mm marrom (m)	1,5	R\$ 14,98	R\$ 22,48
bucha de redução curta 75x60 mm (unid)	1	R\$ 12,50	R\$ 12,50
Flange 60 mm (unidade)	1	R\$ 24,30	R\$ 24,30
Luva simples 75 mm branco (unidade)	1	R\$ 3,90	R\$ 3,90
Te 75 mm branco	1	R\$ 11,90	R\$ 11,90
Cap 75 mm branco	1	R\$ 4,30	R\$ 4,30
Flange 3/4 pol	1	R\$ 8,10	R\$ 8,10
Torneira 3/4 pol	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Arame de espessura média (kg)	0,5	R\$ 9,60	R\$ 4,80
Tubo de cola plástica para PVC (unidade)	1	R\$ 9,90	R\$ 9,90
Sifão 75 mm (unidade)	1	R\$ 15,90	R\$ 15,90
Torneira de boia 3/4 (unidade)	1	R\$ 17,70	R\$ 17,70
TOTAL		R\$ 194,03	R\$ 202,68
Material para Calhas e Condutores			
Tubo PVC 100 mm branco (6m)	5	R\$ 37,90	R\$ 189,50
Emenda para calha de piso normal	3	R\$ 13,40	R\$ 40,20
Joelho 90° 100 mm branco (unidade)	2	R\$ 4,30	R\$ 8,60
Joelho 45° 100 mm branco (unidade)	1	R\$ 5,80	R\$ 5,80
Grelha Hemisfer Flexível 100 mm	3	R\$ 11,95	R\$ 35,85
Tubo pvc 75 mm (m)	3	R\$ 5,95	R\$ 17,85
Suporte para calhas 100 mm	20	R\$ 4,20	R\$ 84,00
Bocal 100 mm - 75 mm	1	R\$ 40,65	R\$ 40,65
TOTAL		R\$ 124,15	R\$ 422,45
TOTAL GERAL			R\$ 1.220,43

A Tabela 25 mostra que o custo total da construção do sistema é de R\$ 1.220,43, sendo que 48% do valor (R\$ 595,30) é referente ao material para construção da cisterna de placas de 16.000 litros, 17% (R\$ 202,68) referente ao material para o reservatório de auto-limpeza e 35% (R\$ 422,45) referente às calhas e condutores. Os valores apresentados para os materiais da Tabela 25 foram consultados na loja C&C – Casa e Construção (2009).

Acredita-se que os custos são razoáveis, visto que se o projeto for realizado em grande parte dos assentamentos, ou seja, em grande escala, pode haver um desconto na compra de materiais ou até mesmo um subsídio por parte de organismos do governo local. Contudo, pelo fato de os materiais terem sido consultados em uma loja de São Paulo, acredita-se que os custos com material são maiores na região de Canuanã.

Os gastos com mão-de-obra não foram computados, pois muitas vezes a mão-de-obra familiar é a responsável pela construção das cisternas. Além disso, pode ser incentivada a realização de mutirões para a redução de custos. O valor cobrado por um pedreiro para construção de uma cisterna gira em torno de R\$ 200,00. Este valor varia dependendo da região do Brasil.

6 Análise Complementares

6.1 Novas técnicas para construção de cisterna de placas

A pesquisa de técnicas mais modernas para o projeto e para a construção do sistema de coleta, tratamento e armazenamento de água de chuva é muito importante para que se possam encontrar as melhores práticas contidas na literatura.

A maior parte dos artigos encontrados na literatura é sobre a construção de cisternas, como esperado, pois este tipo de pesquisa é muito realizado no nordeste com o objetivo de melhorar a das famílias que moram no sertão. O artigo mais relevante encontrado é de autoria de Fernandes, A. C. (2001).

A idéia central do artigo é propor uma melhoria na técnica de construção da cisterna de placas de cimento. O problema encontrado foi a exigência de escavação de 1,90 metros de profundidade para a construção da cisterna, o que representa uma mão-de-obra considerável para uma família. Além disso, o terreno pode ser desfavorável para a escavação, podendo estar sobre rochas.

A proposta de melhoria foi de realizar ajustes na técnica de modo a diminuir a necessidade de aterramento da cisterna sem comprometer sua segurança. Este ajusta consiste, basicamente, no aumento do número de voltas de arame, que amarra a cisterna circularmente, aumentando sua resistência à tração. Deve-se tomar cuidado com a nova condição da cisterna, que estará mais exposta a variações climáticas.

Como conclusão, a armação projetada atendeu adequadamente aos critérios de segurança e não alterou significativamente o custo final da cisterna, principalmente quando não se considera os custos com a escavação do buraco. Caso este custo seja considerado, o modelo alternativo torna-se ainda de menor custo final. Contudo, deve-se ainda fazer um acompanhamento do projeto para verificar se não há falhas, e em seguida disseminar esta nova técnica pelo Brasil.

6.2 Proposta de ampliação do sistema de coleta e armazenamento de água

A proposta de ampliação de coleta e armazenamento tem como objetivo atender a 100% da demanda de água de uma residência de cinco moradores. Nesta seção será feito todo o dimensionamento do novo sistema.

A Tabela 7 mostra que o consumo mensal total de água de uma residência de cinco moradores é de 12 m³. Com isso, reconstruindo a Tabela 21 para a nova demanda tem-se como resultado a Tabela 26:

Tabela 26 - Dimensionamento do reservatório para a nova propostas

Mês	Precipitação média (mm)	Área de coleta (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume coletado (m ³)	Demanda (m ³)	Volume armazenado (m ³)
Janeiro	280	120	0,7	23,52	12,0	11,5
Fevereiro	280	120	0,7	23,52	12,0	23,0
Março	280	120	0,7	23,52	12,0	34,6
Abril	160	120	0,7	13,44	12,0	36,0
Mai	80	120	0,7	6,72	12,0	30,7
Junho	40	120	0,7	3,36	12,0	22,1
Julho	40	120	0,7	3,36	12,0	13,4
Agosto	40	120	0,7	3,36	12,0	4,8
Setembro	80	120	0,7	6,72	12,0	0
Outubro	160	120	0,7	13,44	12,0	1,0
Novembro	200	120	0,7	16,8	12,0	5,8
Dezembro	240	120	0,7	20,16	12,0	13,9

Portanto, a Tabela 26 indica que para uma demanda de 12 m³/mês é necessário haver uma área de coleta de 120 m². Além disso, a Tabela 26 indica também que o volume do reservatório deve ser de pelo menos 36 m³.

Para uma área de coleta de 120 m², a vazão de projeto será:

$$Q = C \cdot \frac{I \cdot A}{60} = 312 \text{ L/min}$$

Onde:

- Coeficiente multiplicativo da vazão de projeto: C = 1,2
- Intensidade máxima da chuva (Tabela 11): I = 130 mm/h
- Área de coleta: A = 120 m²

Portanto, a partir da Tabela 20, as duas melhores opções para o dimensionamento das calhas são:

1. Para declividade de 0,5%: calha de 150 mm de diâmetro
2. Para declividade de 1%: calha de 125 mm de diâmetro

Para o dimensionamento dos condutores verticais, tem-se os seguintes parâmetros:

- A vazão de projeto: $Q = 312 \text{ L/min}$
- O comprimento do condutor vertical: $L = 2 \text{ m}$.
- A altura da lâmina de água de calha: $H = 70 \text{ mm}$.

Portanto, a partir da Figura 33, temos que o condutor deve ter 90 mm de diâmetro.

O dimensionamento do reservatório de auto-limpeza é calculado na seguinte proporção: 2 L de água para cada m^2 de telhado. Portanto o reservatório deverá armazenar 240 L de água de chuva.

O reservatório de água será dimensionado para armazenar 40m^3 , para que se tenha uma margem de segurança. Admitindo-se que a altura do reservatório seja $h = 2,4\text{m}$, tem-se que o raio da cisterna deverá ser de:

$$V = \pi r^2 h \Rightarrow r = 2,30 \text{ m}$$

A Tabela 27 mostra o dimensionamento do sistema para a nova proposta:

Tabela 27 - Dimensionamento da nova proposta para o sistema

<i>Área de Coleta</i>	<i>Calhas</i>		<i>Condutores</i>	<i>Auto-limpeza</i>	<i>Cisterna de Placas</i>
120 m^2	Declividade	Diâmetro	90 mm	240 L	40 m^3
	0,50%	150 mm			
	1%	125 mm			

7 Conclusões

Considerando a quantidade de referências bibliográficas recentes, pode-se dizer que o assunto de coleta de água de chuva, apesar de ser uma técnica milenar, ainda é muito estudada e utilizada no Brasil, principalmente em regiões com disponibilidade reduzida deste recurso, como a região nordestina, pois apresenta um baixo custo e é uma técnica sustentável.

Deve-se ressaltar que um parâmetro crítico para o projeto é a quantidade de água necessária por pessoa por dia, pois as referências pesquisadas indicam diferentes valores. Isto acontece porque a demanda de água varia para pessoas de regiões e condições sociais diferentes. Escolheu-se aquela que mais se aproxima da realidade dos moradores de Canuanã, que foi proposta por Saturnino de Brito.

Durante o desenvolvimento do projeto percebeu-se que, para os moradores de Canuanã, o custo tem uma grande influência. Nesse processo, as matrizes de decisão tiveram versão preliminar que posteriormente foram refeitas aumentando-se o peso do custo. Uma consequência desta mudança influenciou a seleção da alternativa para reservatório de água: ao invés de uma cisterna de tela e arame, foi escolhida a cisterna de placas de cimento.

Portanto, as alternativas para o sistema de coleta e armazenamento de água de chuva são o telhado como área de coleta e calhas e condutores semicirculares de pvc rígido. A torneira bóia foi escolhida como o reservatório de auto-limpeza e o reservatório de água escolhida foi a cisterna de placas de cimento, que, entre outras vantagens, apresenta o menor custo dentre as alternativas analisadas.

Este sistema está dentro da realidade dos assentados de Canuanã, pois os materiais necessários podem ser facilmente encontrados, e a mão-de-obra não precisa ser especializada. A própria família pode construir a cisterna com a instrução de um pedreiro. O sistema apresenta baixo custo obteve-se informações que esta fórmula foi adotada com sucesso no sertão nordestino com o “Programa Um Milhão de Cisternas” do governo federal.

É recomendado que se faça um tratamento da água que será usada para beber e cozinhar, pois qualquer descuido com a manutenção do sistema pode contaminar a água da chuva. Duas soluções bastante eficientes já haviam sido propostas aos assentados, sendo que o problema identificado é a falta de conscientização dos próprios quanto aos perigos de se ingerir água não potável.

O objetivo de projetar, dimensionar e selecionar componentes para um sistema de coleta e armazenamento de água para atender à demanda de água potável dos assentados de Canuanã foi alcançado com sucesso. Contudo, melhorias sempre podem ser realizadas. Uma próxima etapa do projeto é atender a 100% da demanda de água de uma família. O primeiro passo já foi dado, realizando-se todo o dimensionamento do novo sistema, contudo novas alternativas devem ser estudadas para se chegar a soluções cada vez mais inovadoras.

8 Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **GEO Brasil: recursos hídricos - componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília – DF. ANA, PNUMA. 2007. 264p. Disponível em: http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo_Publicacoes/6_GEO_Brasil.pdf

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Volume 2. Brasil. ANA, PNUMA. 2007. 126p. Disponível em: http://www.ana.gov.br/sprtew/2/pdf/volume_2_ANA.pdf

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB130.pdf. Acesso em 28 de setembro de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Código NBR 15527**. Disponível em: <http://www.abntnet.com.br/fidetail.aspx?FonteID=35020>. Acesso em 02 de junho de 2009.

BELLA CALHA. Disponível em: http://www.bellacalha.com.br/bella/index_bella.php3?pg=instala. Acesso em 12 de junho de 2009.

BRAGA, A. C., REBOUÇAS, B. TUNDISI, J.G. (org). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª edição. Brasil. Escrituras e Editora e Distribuidora de Livros Ltda. 2006. 747p.

BRITO, W. **Construindo a solidariedade no semi-árido – cisterna de placas**. Brasília - DF. Scala Gráfica e Editora. 2002. Disponível em: www.cliquesemiario.org.br. Acesso em: 23 de setembro de 2009.

C&C – CASA & CONSTRUÇÃO – Disponível em: <www.cec.com.br>. Acesso em 12 de novembro de 2009.

CEPEN – CENTRO DE PESQUISAS ECO-ESPACIAIS. Disponível em: <<http://www.cepen.com.br/chuvas.htm>>. Acesso em 25 de maio de 2009.

FEITOSA, N. B., MEDEIRO FILHO, C. F. **Abastecimento de Água no Meio Rural**. Campina Grande – PB. Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/A5.html>>. Acesso em 05 de outubro de 2009.

FERNANDES, C. A. **Ajuste na técnica de construção da cisterna de placas (modelo pintadas) para facilitar a sua implantação em locais de solos rasos**. 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-árido. Petrolina – PE. 2001. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simposio/3%20Simp_Afonso_%20Ajuste%20na%20T%E9cnica%20de%20Constru%E7%E3o%20da%20Cisterna%85.pdf>. Acesso em 15 de outubro de 2009.

GHISI, E., GUGEL, E. C.. **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Florianópolis – SC. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005. 14p. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/AguaPluvial_EGhisi_atualizada.pdf>. Acesso em 04 de junho de 2009.

GNADLINGER, J.. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-árido Brasileiro**. Juazeiro. 1998. Disponível em: <www.abcmac.org.br/files/simposio/1simp_joao_apresentacaotecnica.pdf>. Acesso em 05 de junho de 2009.

GNADLINGER, J.. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. Associação Internacional de Sistemas de Coleta de Água de Chuva. 2º Fórum Mundial da Água. Holanda. 2000. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/colheita/02b.htm>>. Acesso em 29 de maio de 2009.

Instalações Hidráulicas. Disponível em:
<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Hidraulica2/Aguas_pluviais/aguas_pluviais.html>.
Acesso em 03 de junho de 2009.

KAMINSKI, P. C.. **Desenvolvendo produtos planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. 2000. 132p.

KÜSTER, A., MARTÍ, J. F., MELCHERS, I. (org). **Tecnologias Apropriadas para Terras Secas – Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste de Brasil**. Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. 2006. 212p.

MARIANI, A. L. C. et al. **Relatório: Experiência de Inserção Social Etapa Canuanã**. São Paulo. 2007. Disponível em:
<<http://www.policidada.poli.usp.br/wiki/images/0/0d/PCPI2007-CanuanaRelatorio.pdf>>. Acesso em 30 de março de 2009.

MARYLAND METRICS. Disponível em: <http://mdmetric.com/fastindx/ua01_04.pdf>.
Acesso em 14 de junho de 2009.

MAY, S.. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 159p.

PETERSEN, M. S.. **Water Resource Planning and Development**. United States, 1984. Prentice-Hall, Inc.

RCTS - REDE CIÊNCIA TECNOLOGIA E SOCIEDADE. **Precipitação**. Disponível em: <<http://web.rcts.pt/~pr1085/Humidade/Precipitacao.htm>>. Acesso em 25 de maio de 2009.

RODRIGUES, H. K. et al. **Dispositivo automático de descarte da primeira água de chuva**. 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belo Horizonte. 2007. Disponível em:

<http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_kohl_dispositivo.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2009.

SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO. **Qualidade da Água**. Disponível em: <www.sabesp.com.br>. Acesso em 6 de outubro de 2009.

SILVA, D. D. et al. **Equações de Intensidade-duração-frequência da Precipitação Pluvial para o Estado de Tocantins**. Engenharia na Agricultura. Viçosa. 2003. Volume 11. 8p. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/reveng/arquivos/vol11/v11n1-4p07-14.pdf>>. Acesso em 02 de junho de 2009.

TIGRE. **Predial – Águas pluviais e drenagem**. Disponível em: <http://www.tigre.com.br/pt/pdf/catalogo_predial_aguaspluviais_e_drenagem.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2009.

TILZ – TEARFUND INTERNATIONAL LEARNING ZONE. **Tanque de tela de arame e concreto**. Disponível em: <<http://tilz.tearfund.org/Portugues/Passo+a+Passo+21-30/Passo+a+Passo+30/Tanque+de+tela+de+arame+e+concreto.htm>>. Acesso em 12 de junho de 2009.

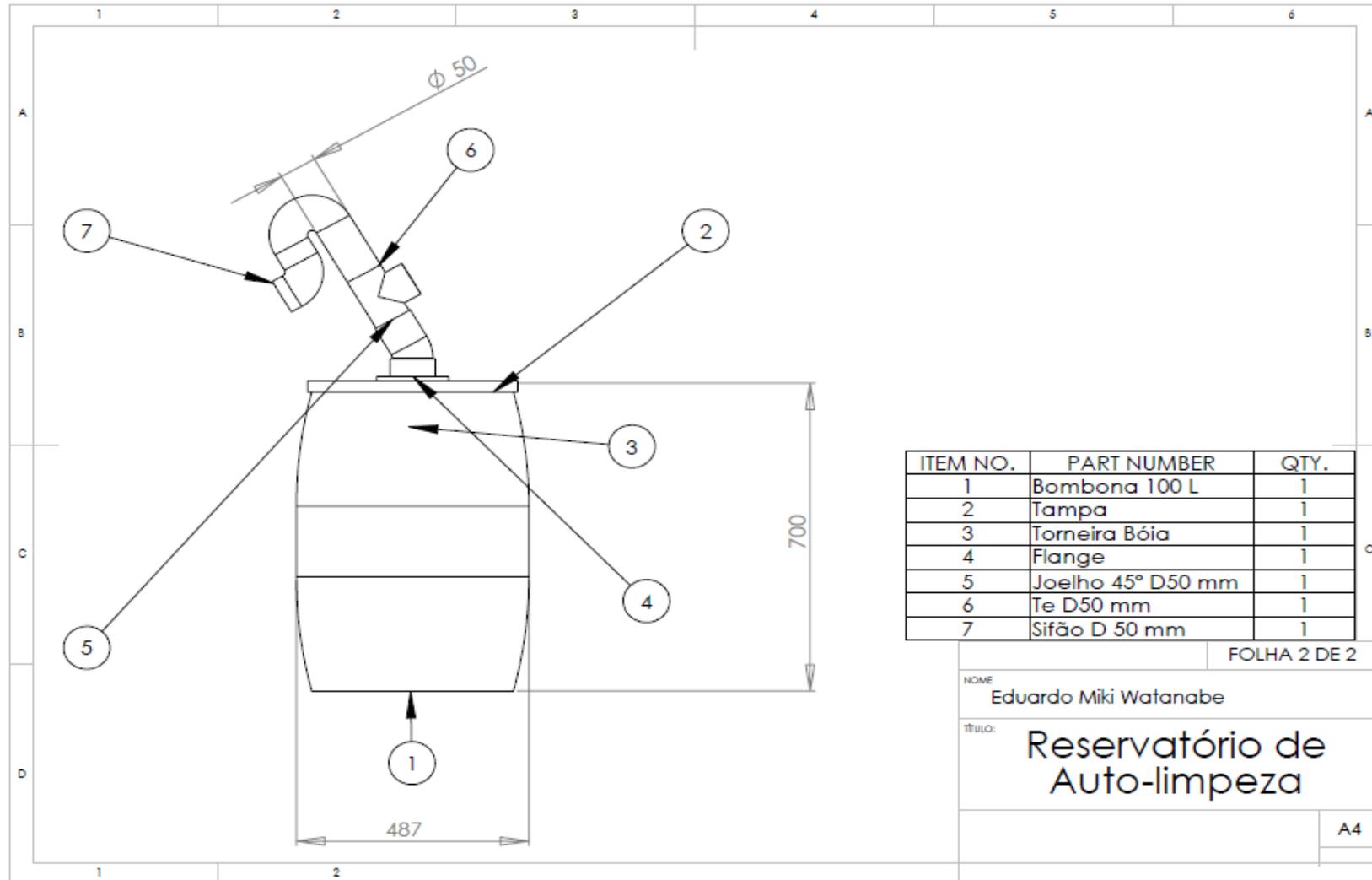
TUNDISI, J. G.. **Ciclo Hidrológico e Gerenciamento Integrado**. Ciência e Cultura. São Paulo. 2003. Volume 55. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252003000400018&script=sci_arttext&lng=en>. Acesso em 03 de junho de 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. ESCOLA POLITÉCNICA. **Programa Poli Cidadã Canuanã 2009**. São Paulo 2009. Disponível em: <http://www.policidadada.poli.usp.br/wiki/index.php/Canuanã_2009>. Acesso em 7 de março de 2009.

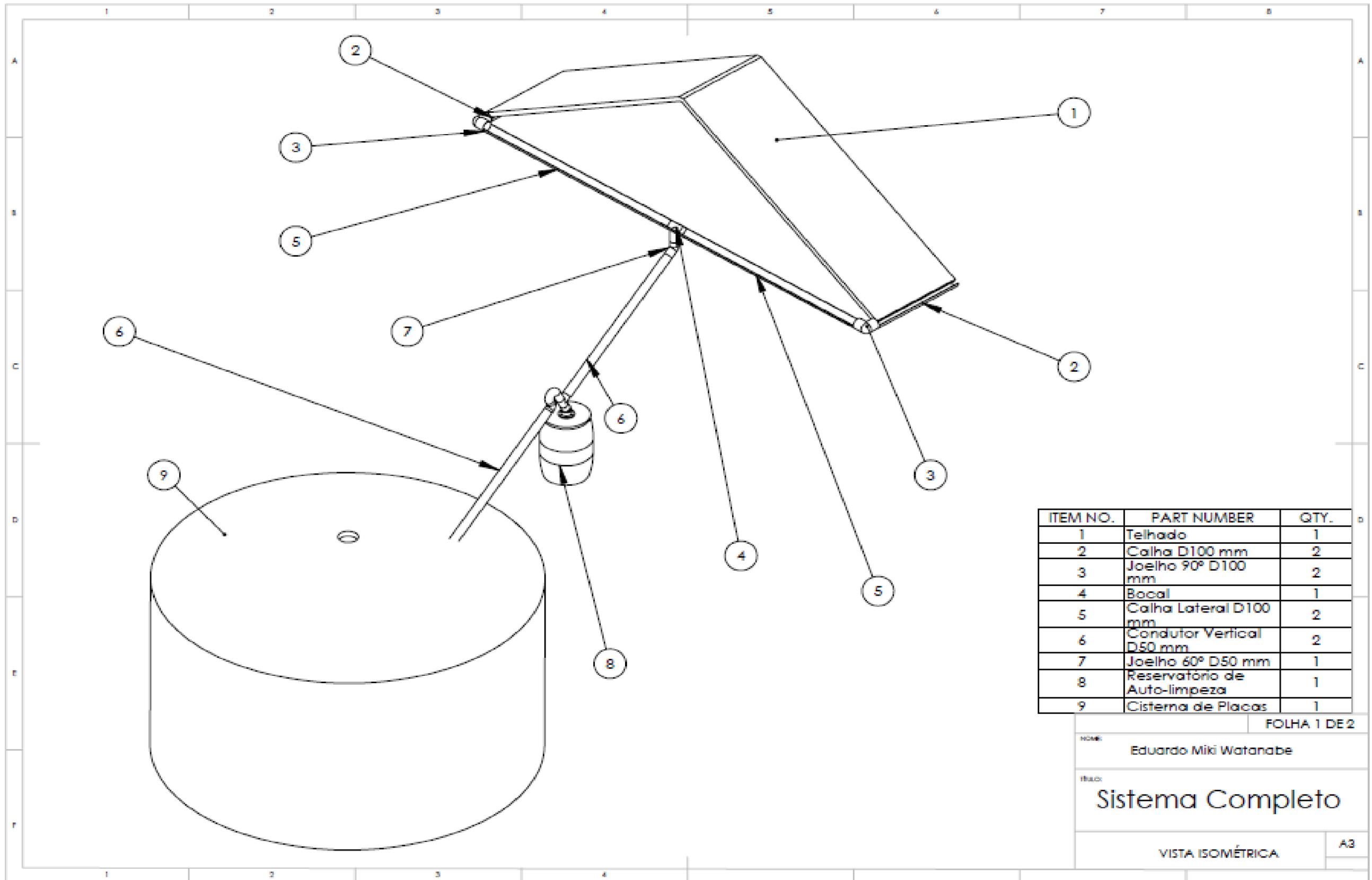
WATERFALL, P.H.. **Harvesting Rainwater for Landscape Use**. University of Arizona Cooperative. Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>>. Acesso em 30 de maio de 2009.

APÊNDICE A – Desenhos técnicos do sistema de coleta e armazenamento de água

Reservatório de auto-limpeza



Sistema Completo



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Telhado	1
2	Calha D100 mm	2
3	Joelho 90° D100 mm	2
4	Bocal	1
5	Calha Lateral D100 mm	2
6	Condutor Vertical D50 mm	2
7	Joelho 60° D50 mm	1
8	Reservatório de Auto-limpeza	1
9	Cisterna de Placas	1

FOLHA 1 DE 2

Nome: Eduardo Miki Watanabe

Titulo: Sistema Completo

VISTA ISOMÉTRICA

A3

ANEXO A – Passo a passo para construção da cisterna de placas

Marcação, escavação do buraco e fabricação das formas

A primeira etapa da construção da cisterna é a marcação, escavação do buraco e fabricação das formas. A marcação é feita com dois piquetes que são amarrados com um barbante do comprimento de 2 metros para o caso da cisterna de 16.000 litros. Em seguida, deve-se cavar o buraco com profundidade de 1,20 m. Caso sejam encontradas pedras durante a escavação, pode-se diminuir a profundidade do buraco para 1 metro, porém é aconselhável proteger ao máximo o reservatório da exposição ao Sol, pois este enfraquece o cimento. A Figura 36 mostra o esquema de marcação do terreno:

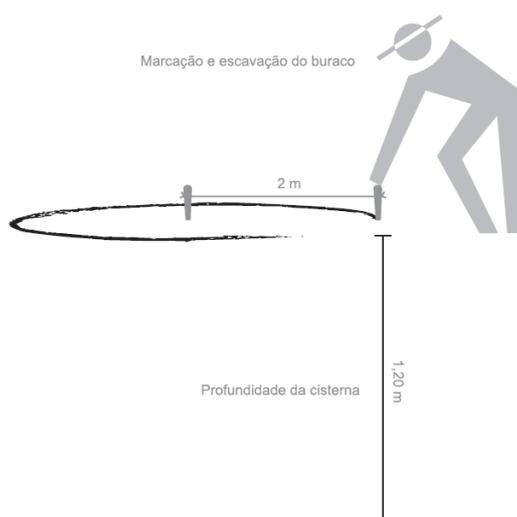


Figura 38 - Marcação do terreno e escavação do buraco

FONTE: Brito (2002)

Fabricação das placas e dos caibros

A segunda etapa consiste na fabricação das placas e dos caibros. As placas da parede e do teto para uma cisterna de 16.000 litros são feitas com formas de acordo com as dimensões fornecidas na Tabela 23. Materiais necessários para a confecção das placas da parede e do teto:

- Areia média (nem fina nem grossa) lavada e peneirada
- Areia comum para apoiar a confecção das placas
- Cimento

- Formas retangulares para as placas da parede
- Formas triangulares para as placas da cobertura

Como fazer as placas:

Derramar areia comum no local onde serão feitas as placas, de modo a fazer uma camada de 2 a 3 centímetros de espessura, espalhando-a por igual no chão e à sombra. Preparar uma argamassa com traço de 4,5 latas de areia média para 1 lata de cimento.

Para as placas da parede: deslizar a forma, colocando o lado curvo para baixo sobre toda a camada de areia, até que esta tenha a forma curva. Colocar a fôrma com o lado curvo sobre a camada de areia. Despejar uma lata de argamassa no meio da fôrma. Com uma colher de pedreiro, distribuir a massa por toda a fôrma e depois passar uma régua para acertar a massa por toda a forma e, depois, passar uma régua para acertar a massa. É importante que a argamassa seja despejada devagar para não afundar a camada de areia, pois isso deixa a placa defeituosa e sem proveito. A Figura 37 mostra as formas das placas:

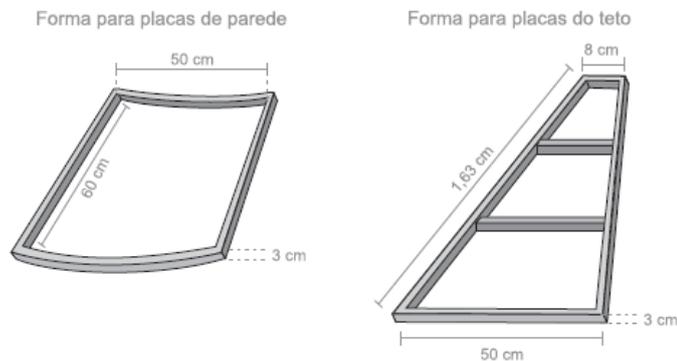


Figura 39 - Formas para as placas da parede e do teto
 FONTE: Brito (2002)

Com a ponta da colher, fazer uma marca um pouco acima do meio da placa, onde será colocada a vara que irá escorá-la, no momento do levantamento da parede. Retirar a fôrma, dando umas pequenas pancadas nos seus cantos para soltar a placa feita. Dessa mesma maneira, fazer as outras placas. Para a cisterna de 16 mil litros serão necessárias 63 placas. É recomendável, porém, fazer um pouco mais para reserva, caso alguma quebre durante a confecção ou montagem da cisterna.

Sempre que for fazer uma nova placa, molhar a parte interna da fôrma.

Fazer o mesmo procedimento para a confecção das placas de cobertura até completar o número determinado, que é de 19 conjuntos de 3 placas. Para as placas da última fileira, tirar um quadrado de 10 centímetros do lado direito, em cima, logo depois de ter despejado a massa. Sobre esse quadrado é que vão ser assentadas as vigas da cobertura da cisterna. A Figura 38 mostra o formata das placas:

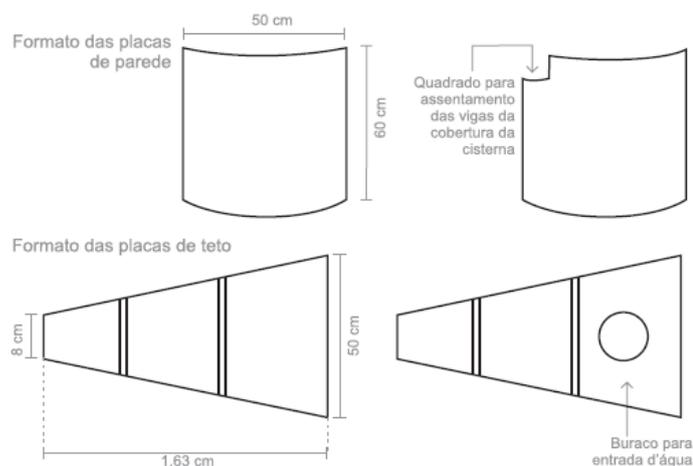


Figura 40 - Formato das placas para a cisterna de 16 mil litros
FONTE: Brito (2002)

Deixar as placas secando durante 2 ou 3 dias. Caso elas fiquem em lugar quente e seco, deve-se molhá-las para evitar um ressecamento,

Como fazer os caibros (Figura 39):

A fabricação dos caibros é feita com massa de concreto e com vergalhão retorcido.

Os materiais necessários são:

- Areia meio grossa, brita e cimento
- 4 tábuas com 1,30 m de comprimento, 6 cm de largura e 2 a 3 cm de espessura
- 17 varas de vergalhão de 1/4 de polegada com 1,40 m de comprimento. Fazer um gancho na extremidade de cada vara de vergalhão nos 10 cm finais

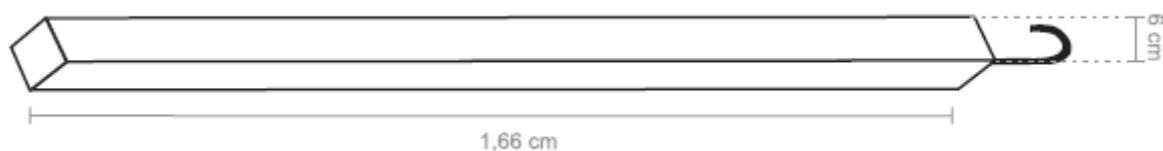


Figura 41 - Caibro com gancho
FONTE: Brito (2002)

Primeiramente deve-se preparar um traço de concreto, usando 2 latas de areia meio grossa, 2 latas de brita e 1 lata de cimento. Na mesma camada de areia comum em que foram feitas as placas, fazer os caibros.

Colocar 2 tábuas deitadas uma ao lado da outra, com distância de 6 cm entre elas, e uma terceira tábua, também deitada, junto a uma das pontas de cada tábua. Assim será dado o molde da viga.

Despejar um pouco de concreto, até 6 cm de altura e passar a régua. Colocar outra tábua deitada, na mesma posição das outras, distante 6 cm delas e, da mesma maneira, fazer outro caibro. A cada novo caibro, as tábuas deitadas devem ser deslocadas.

Deixar os caibros secarem durante 5 dias, com o mesmo cuidado que se teve na secagem das placas.

Levantamento das paredes

A etapa de levantamento da parede consiste em seis passos: fabricação da laje do fundo, assentamento das placas, amarração da parede, reboco da parede, reboco do fundo da cisterna e aplicação do impermeabilizante. Veremos cada uma das etapas separadamente.

Fabricação da laje:

Fazer um traço de concreto com 4 latas de areia grossa, 3 latas de brita e 1 lata de cimento, do mesmo jeito como foi preparado o concreto dos caibros. Proteger ao redor com uma fileira de tijolos.

Colocar o concreto sobre o círculo, espalhando com uma colher de pedreiro dentro e um pouco além do círculo. Fazer uma camada de 3 a 4 cm de espessura. Cuidado para não pisar no concreto. Se o fundo da cisterna for de terra solta, convém aumentar a quantidade de cimento no traço com mais meia lata.

Antes de terminar de espalhar o concreto em toda a superfície da laje, convém riscar novamente o círculo de 1,40 m e tirar o torno do centro. Iniciar o assentamento das placas, antes da laje secar.

Assentamento das placas:

As placas deverão ser montadas e rejuntadas com argamassa e, na medida em que forem assentadas, deverão ser escoradas com estadas ou varas de madeira. Os materiais necessários são:

- Areia peneirada e cimento
- 102 varas finas de madeira com os seguintes comprimentos: 34 varas de 50 cm, 34 varas de 1,20 m, 17 varas de 1,70 m, 17 varas de 2,30 m
- 1 régua de 1,20 m de comprimento e com 4 a 5 cm de largura

Fazer um traço com 2 latas de areia e 1 lata de cimento. Limpar as placas com uma escova dura ou vassoura de palha para retirar o excesso de areia incrustada. As placas devem ficar com o lado de fora áspero, para segurar bem o reboco. Procure assentar as placas da primeira fileira sobre o traço do círculo. Se isso não for feito, a fileira de placas pode não fechar o círculo. A Figura 40 mostra como a primeira fileira deve ser montada:

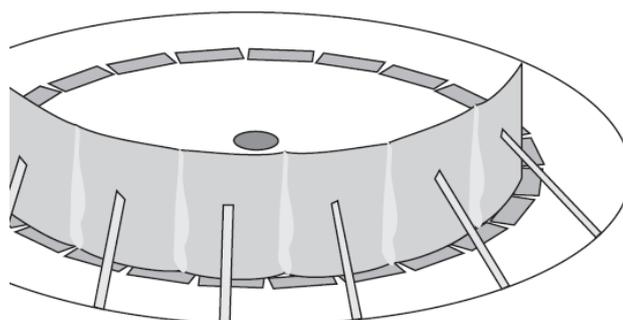


Figura 42 - Primeira fileira da cisterna

FONTE: Brito (2002)

Colocar uma camada de argamassa de 1 cm de espessura por 50 cm de comprimento sobre o risco do círculo da laje do fundo e assentar a primeira placa, acertando com a colher de pedreiro. Corrigir a placa tanto na vertical quanto na horizontal, usando um nível de pedreiro. Com 2 varas de 50 cm, apoiar firmemente a placa, ficando uma vara na frente e a outra atrás. A uns 2 cm da primeira placa, colocar uma nova camada de argamassa sobre o círculo e assentar a segunda

placa. Fazer os mesmos procedimentos da primeira placa. Entre as duas placas assentadas do lado de fora, colocar a régua de 1,20 m e com a colher de pedreiro espalhar a argamassa para rejuntar as duas placas. Após alisar bem, retirar a tábua. Fazer da mesma maneira com as outras placas até completar o círculo, isto é, terminar a primeira fileira.

Em cima de 2 placas assentadas na primeira fileira, colocar uma camada de argamassa de 1 a 2 cm de espessura e 50 cm de comprimento, colocando 1 placa de junção dessas duas placas. Nivelar essa placa e escorá-la com 2 varas de 1,20 m cada, ficando uma na frente e outra atrás. A Figura 41 ilustra o esquema. Colocar outra placa, ao lado, a 2 cm de distância. Nivelar, escorar e rejuntar. Continuar o assentamento das placas da mesma maneira até terminar a segunda fileira.

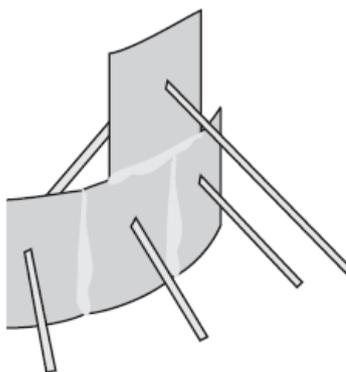


Figura 43 - Esquema de escora das placas e montagem da segunda fileira
FONTE: Brito (2002)

Na terceira fileira assentar e rejuntar as placas, da mesma forma usada para as fileiras anteriores, utilizando varas de 1,60 m na parte interna da cisterna e 1,20 m na parte externa, apoiadas na parede do buraco. Para a quarta fileira, usar as placas que têm o quadrado retirado e assentar, rejuntando as placas da mesma maneira, apoiando com varas de 2,20 m para o lado interno e 1,20 m para o lado externo. Rejuntar as três últimas placas por fora.

Amarração da parede

Para a amarração da parede será utilizado o arame galvanizado nº12. A amarração pode ser feita 1 hora após o levantamento das placas. Iniciar pela base, na primeira fileira de placas, a 5 cm do chão. Enrolar a parede com arame da seguinte forma: fazer 4 voltas de arame na primeira fileira e mais 2 na segunda, com o seguinte

espaçamento: 2 voltas de arame a 2 cm da base e da parte de cima da placa; 2 voltas de arame no meio da fileira com espaçamento de 20 cm. Reforçar a terceira e a quarta fileiras com 9 voltas de arame por fileira, com o seguinte espaçamento: 2 voltas de arame a 2 cm da base e da parte superior das placas. As voltas de arame devem ter espaçamento de 7 a 8 cm. Ao terminar cada volta, torcer o arame com torquês ou alicate, apertando só um pouco. Apertar com cuidado e o suficiente para o arame não quebrar a parede.

Reboco da parede

Material para reboco interno da cisterna: areia fina no traço de 3 latas de areia para 1 lata de cimento. Material para reboco externo: areia fina no traço de 5 latas de cimento para 1 lata de cimento.

Iniciar o reboco pela parte interna da cisterna. Jogar a argamassa sobre parede e espalhar com a colher de pedreiro numa espessura de 2 a 3 cm. Passar a régua para acertar. Molhar a parede, usando uma brocha e desempolar com uma esponja. Em seguida, fazer o reboco da parte externa.

Deixar secar por um dia, molhando sempre o reboco, no caso do lugar ser quente e seco. Terminado esse reboco, fazer o aterramento na parte de fora do buraco até cobrir as duas primeiras fileiras. Cuidado para não colocar raízes grossas ou pedras grandes, pois podem quebrar a parede e provocar vazamento.

Reboco do fundo da cisterna

Fazer o reboco do fundo da cisterna da mesma maneira como foi feito por fora (jogar a massa, passar a régua). Desempolar usando o mesmo traço que foi usado dentro.

Aplicação do impermeabilizante

O impermeabilizante deverá ser aplicado na parte interna da cisterna, nas paredes e no fundo. A aplicação deverá ser feita 1 ou 2 dias após a construção da cisterna. Misturar o impermeabilizante de acordo com as recomendações do fabricante. Aplicar até 3 mãos, sendo que a primeira deve ser com menos cimento para que o impermeabilizante penetre bem na parede e no fundo da cisterna. Deixar secar bem

para, em seguida, fazer uma boa lavagem em toda a cisterna. Assim, ela estará pronta para guardar água.

Montagem da Cobertura

A montagem da cobertura consiste em 5 passos: colocação do pilar central, posicionamento dos caibros, colocação das placas do teto, reboco das placas do teto e acabamento.

Colocação do pilar central:

Material necessário:

- 4 estacas ou escoras de madeira de 2 m de comprimento cada uma
- 1 linha de madeira com 2,70 m de comprimento e 20 cm de diâmetro
- 1 rodela de madeira com 50 cm de diâmetro e 3 cm de espessura
- 4 m de corda comum
- 3 pregos 2,5/10

O primeiro passo é pôr a linha em pé no centro da cisterna apoiada nas escoras. A linha deve ficar ao centro da cisterna. Colocar a rodela de madeira em cima da linha e fixá-la com os pregos, de modo que fique em nível. Colocar as 4 estacas deitadas e apoiadas sobre a parede da cisterna, de modo que se cruzem no centro da cisterna, duas a duas. Com a corda, amarrar a linha junto às escoras, com muita firmeza. Depois de amarrar a linha, pregue 3 varas de 1,70 m de comprimento cada, escoradas na linha e apoiadas no fundo da cisterna. A Figura 42 mostra o posicionamento da linha:

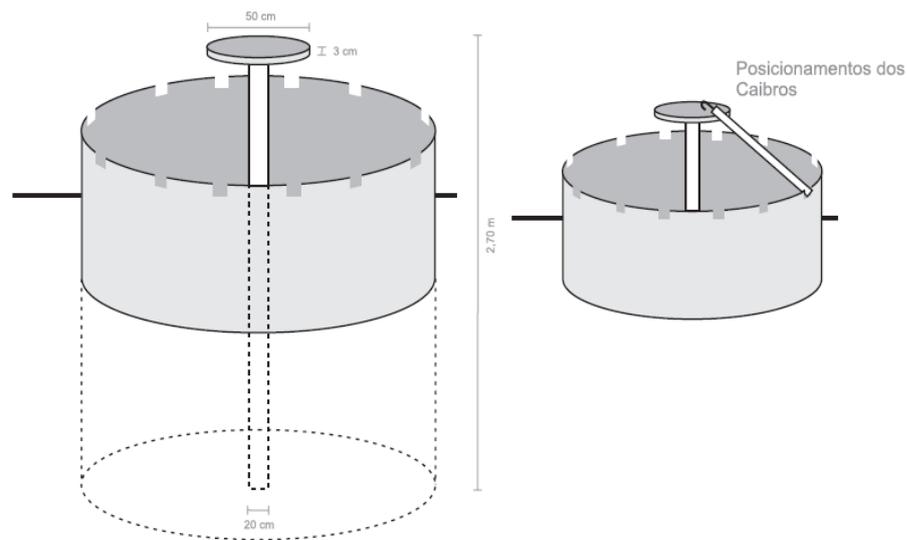


Figura 44 - Posicionamento da linha e dos caibros
 FONTE: Brito (2002)

Posicionamento dos caibros

Material necessário:

- 17 caibros
- Areia e cimento no traço de 5 latas de areia para 1 lata de cimento
- Areia, brita e cimento no traço de 2 latas de areia para 1 lata de brita e 1 lata de cimento

Colocar 2 caibros, um de frente para o outro, apoiados nos encaixes de 10 cm das placas e sobre a rodela de madeira, sendo que o gancho do vergalhão dos caibros deve ficar sobre a rodela, conforme mostra a Figura 42. Distribuir os outros caibros sobre a rodela, encaixando sempre os dois lados da linha até completar o círculo. Terminada a distribuição dos caibros sobre a rodela, amarrá-los com o arame, apertando firme com torquês ou alicate. Molhar a rodela antes de chumbar os caibros.

Despejar um balde com o traço de areia, brita e cimento sobre o ponto de amarração dos caibros em cima da rodela. Socar bem o concreto com um pedaço fino de madeira até encher todos os vazios da amarração, para dar mais firmeza à estrutura.

Com o arame nº 12, fazer a amarração nas pontas dos caibros sobre a parede, dando duas voltas de arame conforme já foi feito anteriormente. Assentar as vigas nas placas com argamassa de areia e cimento.

Colocação das placas do teto

O assentamento das placas do teto deverá ser feito logo após a colocação dos caibros. O material necessário é:

- 17 conjuntos (com 3 peças cada) de placas do teto
- Areia e cimento no traço de 5 latas de areia para 1 lata de cimento

Começar a colocação das placas do teto de baixo para cima. Sobre 2 caibros, colocar um pouco de argamassa e pôr a placa mais larga, acertando-a. Colocar novamente argamassa sobre os caibros, ao lado de outra placa larga, ao lado da primeira, rejuntando-as. Continuar colocando as placas largas até completar o círculo. Os locais que estão com as escoras devem ficar abertos até a retirada das mesmas, para depois serem colocadas as placas. O mesmo trabalho deve ser feito com as placas do meio (intermediárias) e, depois, com as placas mais estreitas. A Figura 43 ilustra a ordem de colocação das placas:

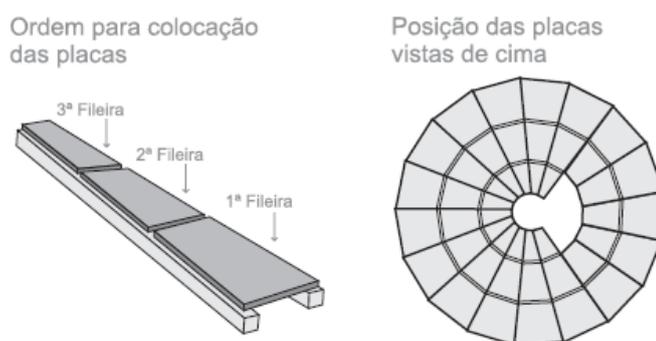


Figura 45 - Ordem para colocação das placas do teto
FONTE: Brito (2002)

Reboco externo do teto

O reboco deve ser feito com areia fina e cimento no traço de 5 latas de areia para 1 lata de cimento. O trabalho deve ser começado de cima para baixo, com mostra a Figura 44. Jogar a argamassa, espalhando sobre o teto com a colher de pedreiro, numa espessura de 1 cm. Acertar com a régua. Molhar e desempolar com uma brocha. Terminada essa fase, desamarrar as escoras e retirá-las, colocando, em

seguida, o restante das placas. Deixar um espaço, que servirá como entrada na cisterna, para quando for fazer a sua limpeza.



Figura 46 - Sentido para rebocar o teto
FONTE: Brito (2002)

Acabamento da cisterna

Esta fase consiste em fazer uma cinta de argamassa para juntar os caibros com a parede da cisterna. O material necessário é areia e cimento no traço de 5 latas de areia para 1 lata de cimento.

Colocar uma camada de argamassa, com 10 cm de largura e 1 cm de espessura, na junção do teto com a parede da cisterna. Acertar com a colher de pedreiro, passar a régua e desempolar. Cortar o lado de baixo da cinta para acertar em todo o contorno da cisterna. A Figura 45 mostra o acabamento da cisterna:

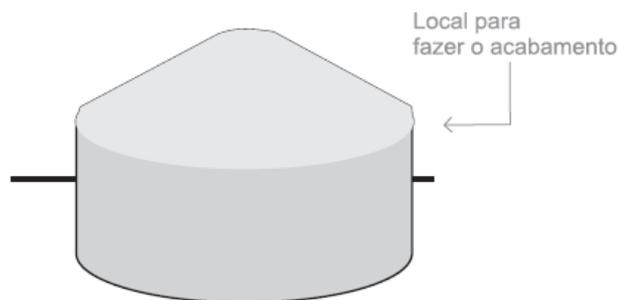


Figura 47 - Acabamento da cisterna
FONTE: Brito (2002)

Lista de materiais e ferramentas para construção da cisterna

A lista abaixo mostra as ferramentas necessárias para se montar a cisterna:

- 1 serra de cortar ferro
- 1 torquês de cabo longo

- 1 serrote
- 1 martelo
- 1 pá
- 1 enxada
- 1 chibanca
- 1 peneira para areia fina
- 1 nível de pedreiro
- Prumo
- Desempoladeira de madeira
- Linha de nylon
- Fita métrica
- 1 escala
- 1 pedaço de esponja grossa
- 1 desempenadeira
- 2 réguas com 1,20 m de comprimento
- 1 colher de pedreiro (grande)
- 1 colher de pedreiro (pequena)
- 2 caixotes para argamassa
- 1 tambor de 200 litros
- 1 carrinho de mão
- 2 baldes ou latas de 18 litros
- 50 cm de cano de ferro de meia polegada
- 1 escada com 45 cm de largura e 3 m de altura
- 2,50 m de corda fina
- 102 varas com os seguintes comprimentos:
 - 34 varas de 50cm; 34 varas de 1,20 m;
 - 17 varas de 1,70 m; e 17 varas de 2,30 m
- 4 estacas de 2,50 m de comprimento
- 1 rodela de madeira de 50 cm de diâmetro e 3 cm de espessura