

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Matheus Waschow Minatto

**ÁGUA DE CHUVA: USO PARA IRRIGAÇÃO EM
AGRICULTURA FAMILIAR**

Porto Alegre
julho 2013

MATHEUS WASCHOW MINATTO

**ÁGUA DE CHUVA: USO PARA IRRIGAÇÃO EM
AGRICULTURA FAMILIAR**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Dieter Wartchow

Porto Alegre
julho 2013

MATHEUS WASCHOW MINATTO

**ÁGUA DE CHUVA: USO PARA IRRIGAÇÃO EM
AGRICULTURA FAMILIAR**

Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2013

Prof. Dieter Wartchow
Dr. pela Universidade de Stuttgart
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Eng. Paulo Robinson da Silva Samuel (UFRGS/DMAE)
Me. pela UFRGS

Eng. Fernando Mainardi Fan (UFRGS)
Me. pela UFRGS

Prof. Dieter Wartchow (UFRGS)
Dr. pela Universidade de Stuttgart

Dedico este trabalho a meus pais, Seir e Jane, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dieter Wartchow, orientador deste trabalho, pela ajuda e esclarecimentos durante a execução do mesmo.

Agradeço à Profa. Carin que sempre esteve disposta a responder toda e qualquer dúvida que surgisse durante o caminho de elaboração deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Seir Minatto e Jane Waschow Minatto, por todo o apoio e compreensão ao longo de todos estes anos.

A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.

Charles Chaplin

RESUMO

A água é um elemento indispensável para a vida e está cada vez mais escassa devido a fatores como, por exemplo, o aumento populacional, a poluição e uso desregrado. Conseqüentemente, o preço deste recurso natural está aumentando e a sua disponibilidade cada vez menor. No contexto da má distribuição e falta de água em determinados locais, aparece como alternativa a racionalização e o reaproveitamento de água. Sendo assim, o presente trabalho apresenta um projeto de captação de água da chuva para ser usado em irrigação de agricultura familiar da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Através de revisão bibliográfica foi possível apresentar os elementos que fazem parte de um sistema de captação de água de chuva. Dentre os seis métodos que a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NE NORMAS TÉCNICAS, 2007) apresenta, se utilizou o Método da Simulação para fazer o cálculo do dimensionamento do volume de reservatórios. Com este dimensionamento foi possível mostrar que com um reservatório de 27.500 litros é possível irrigar uma plantação de alface de 500m², em 90% do tempo, em um período de cinco anos, exclusivamente com água de chuva. Com o volume do reservatório escolhido, se dimensionou as calhas, os condutores verticais e horizontais, e o reservatório de descarte de primeiras chuvas. Com o dimensionamento de todo o sistema completo foi elaborado um projeto com apresentação de um croqui do sistema de captação e armazenamento de água de chuva para a propriedade agrícola estudada. A partir deste projeto, foi realizado uma estimativa de levantamento de quantitativos e custos, onde se pôde chegar a um custo mensal de R\$74,47 para irrigar esta plantação.

Palavras-chave: Captação de Água de Chuva. Água de Chuva Para Irrigação. Sustentabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das Etapas do trabalho	16
Figura 2 – Analogia da água do planeta reduzida para um reservatório de 1000 litros ...	19
Figura 3 – Cálculo de áreas de contribuição	31
Figura 4 – Formatos de calhas	32
Figura 5 – Tipos de calhas	32
Figura 6 – Ábacos para determinação de diâmetros de condutos verticais	36
Figura 7 – Reservatório de descarte de primeiras chuvas	38
Figura 8 – Croqui da área de captação	51
Figura 9 – Área de captação	51
Figura 10 – Área de captação vista aérea	52
Figura 11 – Telhado com as calhas	56
Figura 12 – Apresentação do projeto com indicação de materiais	61
Figura 13 – Apresentação do projeto com cotas	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Princípios da Agenda 21	21
Quadro 2 – Materiais utilizados em instalações prediais	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade	33
Tabela 2 – Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto	34
Tabela 3 – Condutores verticais de águas pluviais	35
Tabela 4 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular [Vazões em L/min]	37
Tabela 5 – Dados mensais de chuva de 2008 a 2012	45
Tabela 6 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2008	46
Tabela 7 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2009	47
Tabela 8 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2010	48
Tabela 9 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2011	49
Tabela 10 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2012	50
Tabela 11 – Dimensão do reservatório correspondente a cada mês estudado	54
Tabela 12 – Tabela da simulação do cálculo do volume do reservatório do mês de dezembro de 2011	55
Tabela 13 – Quantitativos de materiais	63
Tabela 14 – Quantitativos de materiais e custos envolvidos	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	14
2.2.1 Objetivo Principal	14
2.2.2 Objetivos Secundários	14
2.3 PRESSUPOSTO	14
2.4 PREMISA	15
2.5 DELIMITAÇÕES	15
2.6 LIMITAÇÕES	15
2.7 DELINEAMENTO	15
3 ÁGUA NO PLANETA	18
3.1 ÁGUA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	18
3.2 PROBLEMAS DE ESCASSEZ DE ÁGUA	22
3.3 CICLO HIDROLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES.....	22
4 AGRICULTURA IRRIGADA	24
5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	26
5.1 ÁREAS DE CAPTAÇÃO	29
5.2 CALHAS	32
5.3 CONDUTORES VERTICAIS	34
5.4 CONDUTORES HORIZONTAIS	37
5.5 GRADES E SISTEMAS DE DESCARTE DE PRIMEIRAS CHUVAS	37
5.6 RESERVATÓRIOS	39
6 LEGISLAÇÕES REFERENTES A APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	41
7 ESTUDO EXPERIMENTAL	43
7.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	43
7.2 DIMENSIONAMENTO	43
7.2.1 Definição da Demanda de Água	44
7.2.2 Dados Pluviométricos de Porto Alegre	44
7.2.3 Apresentação da área de captação	50
7.2.4 Cálculo do Volume do Reservatório	52
7.2.5 Especificações dos componentes do sistema	55

7.2.5.1 Seção das calhas Condutoras	56
7.2.5.2 Seção dos Condutores Verticais	57
7.2.5.3 Seção dos Condutores Horizontais	57
7.2.5.4 Volume do Reservatório de Descarte de 1 ^{as} Chuvas	57
8 APRESENTAÇÃO DO PROJETO	59
8.1 QUANTITATIVOS DE MATERIAS	59
8.2 ESTIMATIVA DOS CUSTOS ENVOLVIDOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	63
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE A.....	71

1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água da chuva, ao contrário do que muitos imaginam, é uma prática bem antiga. Segundo Hari e Krishna¹ (2002 apud DORNELLES, 2012), existem evidências de sua utilização por volta de 3.000 a.C. em diversos lugares como o deserto de Negev (Israel), Egito, Índia, Itália, Grécia, Turquia e México.

Após o período do Nomadismo, com o começo da agricultura e pecuária, foram criadas as primeiras comunidades, em que a água era utilizada para higiene, limpeza, preparo de alimentos e irrigação. Por esses motivos, foram construídos reservatórios nos quais a água da chuva pudesse ser armazenada.

Atualmente, diversos locais sofrem com escassez de água, como é o caso do nordeste Brasileiro, de regiões do sul do país, e demais regiões, que com a má distribuição das precipitações acabam passando por longos períodos sem chuva. Este fato acaba acarretando racionamentos de água por parte dos órgãos administradores das cidades, prejuízos em plantações por falta de água para irrigação, problemas com a agropecuária que acabam ficando sem água para os animais, entre outros.

Na atualidade, com a grande difusão do conceito de sustentabilidade, que, segundo o Relatório Brundtland², é satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das futuras gerações em suprir as suas próprias necessidades, o aproveitamento de água de chuva vem se tornando cada vez mais comum. Além das atitudes sustentáveis, outro fator que impulsiona a captação e utilização de água da chuva são os fatores econômicos. Em regiões que sofrem com a falta de água, estas reservas, podem ser uma forma alternativa de evitar grandes perdas financeiras, e melhorar a qualidade de vida das pessoas. E para regiões que não possuem este tipo de problema, a utilização de água de chuva pode acarretar em diminuição dos gastos com outras fontes de água.

¹ HARI J.; KRISHNA, P. E., The Texas Manual on Rainwater Harvesting, Texas Water Development Board, ed. 3^a, Austin/Texas – Estados Unidos, 2005.

² Relatório Brundtland é o documento intitulado Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*), publicado em 1987 por Gro Harlem Brundtland.

Considerando questões de sustentabilidade, frente a utilização desregrada da água, os descartes indevidos de agrotóxicos de plantações, resíduos industriais e esgoto não tratado nos rios e lençóis freáticos, acarretando na contaminação dos mesmos, juntamente com as questões econômicas, visando uma melhoria nas rendas das famílias, os Governos tem fornecido alguns incentivos financeiros para tentar minimizar esses problemas. Esses incentivos podem ser tanto individuais quanto coletivos, ou seja, para uma única família ou para uma comunidade. Como exemplos, podem ser citados, a construção de cisternas no semiárido nordestino, e no meio rural, o incentivo de construções de qualquer sistema de armazenamento e distribuição de água.

Partindo do conceito de sustentabilidade e dos incentivos governamentais, este trabalho tem por finalidade desenvolver, com base em um estudo de caso, um sistema de utilização de água de chuva, no meio rural, para uso na irrigação em agricultura familiar. Este estudo foi desenvolvido no município de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul, propiciando benefícios importantes para a propriedade envolvida, difundindo conhecimentos e servindo de exemplo para os demais agricultores que se interessem pelo sistema.

Para a execução desse projeto, foi realizada uma análise das características do local, a fim de identificar quais os produtos que são plantados, com o intuito de definir a demanda de água associadas ao tipo de cultura escolhida. Foram analisados os dados pluviométricos da região, para saber a disponibilidade média de chuva da região. Outro fator que também foi levantado é a área, em metros quadrados, que se conseguiria utilizar para fazer a captação da água de chuva. Reunindo todos esses dados, pode-se então ser realizado o dimensionamento dos reservatórios para suprir, pelo menos em parte, as necessidades da família que utilizará esse sistema de captação de água da chuva para irrigação.

O trabalho foi dividido em nove capítulos dos quais são apresentados os seguintes temas: introdução, diretrizes de pesquisa, água no Planeta, agricultura irrigada, sistemas de captação de água de chuva, legislação referente ao aproveitamento de águas pluviais, estudo experimental, apresentação do projeto e considerações finais.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: visando o emprego de água da chuva para irrigação na agricultura familiar, qual o projeto do sistema de captação que pode ser implementado para a região estudada?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a apresentação de projeto, e seus respectivos custos, de um sistema de captação de água de chuva para ser usado na irrigação de agricultura familiar.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é fornecer as diretrizes para projetos de irrigação com água de chuva para agricultura.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a propriedade agrícola onde foi desenvolvido o estudo se enquadra nas condições exigidas pelo Pronaf Eco³ para aquisição de financiamento no que diz

³ Linha para o financiamento de investimentos em técnicas que minimizam o impacto da atividade rural ao meio ambiente, bem como permitam ao agricultor melhor convívio com o bioma em que sua propriedade está inserida.

respeito a armazenamento hídrico, como o uso de cisternas, barragens, barragens subterrâneas, caixas d'água e outras estruturas de armazenamento e distribuição, instalação, ligação e utilização de água.

2.4 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que a retenção de água de chuva, pode amenizar perdas de uma plantação em épocas de falta de precipitações ou diminuir gastos da propriedade na obtenção de outras fontes de água para irrigação.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se no espaço geográfico do município de Porto Alegre, onde será desenvolvido o trabalho.

2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho o estudo da área rural de um agricultor considerando-se o cultivo de um só tipo de hortaliça em um único tipo de solo. Utilização de 1mm de chuva para água de descarte. E limita-se também a considerar um coeficiente de escoamento de 0,9.

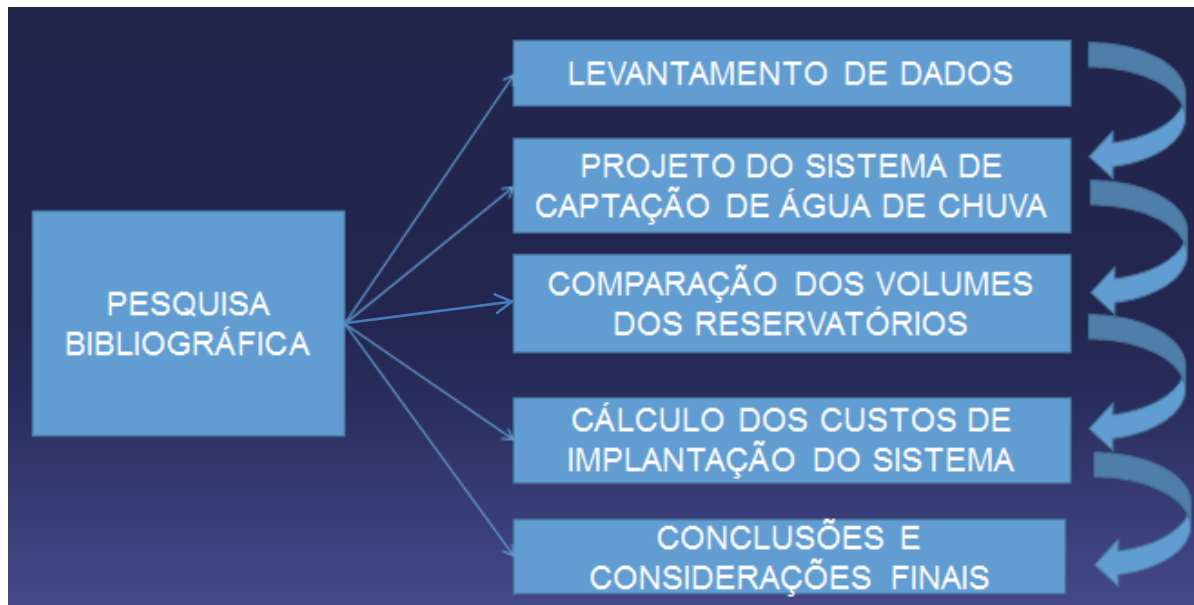
2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) levantamento de dados a respeito das informações necessárias para o projeto de captação de água de chuva para irrigação, como: intensidade pluviométrica, áreas de captação e quantidade necessária de água para irrigar uma plantação de determinada cultura;
- c) aplicação das normas cabíveis para dimensionamento de calhas e condutores, dispositivos de remoção de detritos e de dimensionamento de reservatórios;
- d) dimensionamento do reservatório pelo Método da Simulação;
- e) definição do volume do reservatório a ser utilizado;
- f) cálculo dos gastos para implementação do sistema de captação;

- g) apresentação de projeto para implementação do sistema e seus custos;
- h) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas do trabalho



(fonte: elaborado pelo autor)

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica, na qual se fez pesquisas em livros, encartes, folhetos, artigos, trabalhos acadêmicos e demais materiais que dizem respeito à captação de água de chuva, sustentabilidade, agricultura familiar e irrigação de hortaliças. Esta etapa teve por objetivo a elaboração de um embasamento teórico satisfatório para a realização do trabalho, a fim de direcionar as demais etapas.

A segunda parte do trabalho se relaciona ao levantamento dos dados para o projeto de captação da água de chuva. Nesta etapa, foi realizado o contato com o agricultor da área de estudo para se determinar qual o tipo de hortaliça que é cultivada na sua plantação. Também se fez um levantamento da área de telhado no qual se dá a captação da água das precipitações. Nesta etapa, também se levantou os dados das médias das precipitações mensais e precipitações diárias de alguns meses, da região do município de Porto Alegre. Estes dados serviram, juntamente, com os demais para determinar o tamanho ideal do reservatório de captação.

Concluída a etapa de levantamento de dados, iniciou-se a etapa de projeto, na qual se calculou a quantidade de água que se consegue captar na área pré-determinada, com diferentes

intensidades de chuva. Esses valores, juntamente com o coeficiente de escoamento, serviram para determinar uma vazão, com a qual se utilizou para fazer o dimensionamento das calhas. Após a conclusão do dimensionamento de calhas, realizou-se o dimensionamento dos condutores verticais e posteriormente os horizontais. Por fim determinou-se o tamanho ideal do reservatório de água de chuva, levando em conta a demanda necessária de água para irrigar a plantação em um determinado número de dias sem precipitação. O cálculo do tamanho desse reservatório pode ser realizado de seis maneiras diferentes, de acordo com a NBR 11527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), ou seja, pelos métodos de Rippl, da Simulação, de Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e o Prático Australiano. Neste trabalho utilizou-se o Método da Simulação. Após a definição de todos os dimensionamentos, se fez uma estimativa dos gastos envolvidos no projeto de captação de água de chuva.

A fase final do trabalho, que corresponde às considerações finais, se constituiu em uma etapa para avaliar o alcance dos objetivos encontrados.

3 ÁGUA NO PLANETA

A água é elemento essencial nas diversas formas de vida no Planeta, e indispensável na irrigação, para o bom desenvolvimento das plantações. Partindo deste princípio, este capítulo tem por objetivo apresentar informações referentes à água e o desenvolvimento sustentável, problemas relativos à escassez de água, ao ciclo hidrológico e a caracterização das precipitações.

3.1 ÁGUA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Aproximadamente setenta por cento de toda a superfície da Terra é coberto por água. Porém apenas três por cento desta água é de água doce e a maior parte é encontrada nas geleiras polares e neves de montanhas, sobrando assim uma pequena quantidade de água superficial para ser utilizada para as atividades humanas. Para ser mais preciso, segundo Tomaz (2001), a água dos oceanos corresponde a 97,5%, água esta, que não pode ser utilizada para consumo, e dos 2,5% de água doce que seriam destinados ao consumo humano estão distribuídos da seguinte forma:

- a) 29,7% aquíferos;
- b) 68,9% calotas polares;
- c) 0,5% rios e lagos;
- d) 0,9% outros reservatórios (nuvens, vapor d'água, etc.).

A figura 2 mostra uma analogia do volume de água total do Planeta, caso esta fosse reduzida a um reservatório de 1000 litros.

O corpo humano é constituído de, aproximadamente, 70 a 80 por cento de água, fazendo com que esse recurso seja de extrema importância para a vida. Além deste papel essencial para a sobrevivência humana, a água é considerada muito importante para o transporte, lazer, irrigação e muitas outras atividades. Apesar da grande importância deste recurso, ele não vem sendo utilizado, cuidado e tratado da maneira devida. É comum encontrar esgotos não tratados sendo diretamente despejados em rios e lagos, fato que com o passar dos anos vem se agravando. Também é comum perceber pessoas fazendo uso descontrolado de água potável,

assim como empresas que lançam seus resíduos tóxicos, sem tratamento prévio, diretamente nas águas.

Figura 2 – Analogia da água do planeta reduzida para um reservatório de 1000 litros



(fonte: MANO, 2004, p. 24)

Segundo Mano (2004), desde o século XIX, tinha-se a ideia de que as tecnologias a serem desenvolvidas juntamente com a industrialização seriam capazes de resolver os problemas de poluição das águas, para poder ter uma distribuição limpa e tratada para a população. Porém com o passar dos anos e o desenvolvimento da industrialização, os problemas de poluição foram ficando cada vez mais complexos, como as quantidades de micro contaminantes, que evoluíram exponencialmente, dificultando demasiadamente o tratamento destas águas.

Outro problema, além da contaminação da água, é a má distribuição dela no território. O Brasil possui umas das maiores reservas de água doce do Planeta, porém 68% desta água se localiza no norte brasileiro, mais precisamente na Amazônia, sendo que nesta região tem-se somente 5% da população nacional (CARVALHO, 2010).

A poluição dos mananciais e o desperdício nos conduzem a um conceito relacionado à sustentabilidade. Em 1983 foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que teve como presidente a médica e ex-Primeira Ministra da Noruega Gro

Harlem Brundtland. Em 1987, a Comissão ficou conhecida como Comissão Brundtland, e publicou um relatório inovador, chamado de “Nosso Futuro Comum”. Esse relatório apresentou o conceito de sustentabilidade, citado anteriormente, que é utilizado até hoje, e cada vez mais governos, população e empresas estão aderindo a esta filosofia (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2012).

Devido as incansáveis recomendações da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Nessa Conferência, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, colocou o assunto de sustentabilidade na agenda pública, ficando conhecida como a “Agenda 21”. A “Agenda 21” tem como um dos princípios mais relevantes o Desenvolvimento Sustentável do Brasil Rural, promovendo acesso à terra e a agricultura familiar. Os demais princípios da “Agenda 21” estão citados no quadro 1 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2012).

Na Agenda 21, os governos traçaram uma meta para afastar o mundo do atual modelo insustentável de crescimento econômico. As áreas de ação incluem a proteção da atmosfera, o combate ao desmatamento, a perda do solo e a desertificação, prevenção à poluição da água e do ar, detenção da destruição das populações de peixes, promoção de uma gestão segura dos resíduos tóxicos, promover a saúde e evitar doenças (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2012).

Quadro 1 – Princípios da Agenda 21

1	Produção e consumo sustentável	Promover uma campanha nacional contra o desperdício e restringir a produção de recicláveis
2	Econeficiência e responsabilidade social das empresas	Incentivar mecanismos de certificação e procedimentos voluntários de monitoramento
3	Retomada de planejamento estratégico	Incorporar a dimensão ambiental aos eixos de desenvolvimento
4	Energia renovável	Reestruturar o Próalcool e desvinculá-lo do interesses do velho setor sucro-alcooleiro
5	Informação e conhecimento para o desenvolvimento sustentável	Promover recursos financeiros para pesquisas na área e para manutenção de pesquisadores no Brasil
6	Educação permanente para o trabalho e a vida confiável	Combater o analfabetismo funcional e valorizar o ensino profissionalizante
7	Promover a saúde e evitar a doença, democratizando o SUS	Ampliar detecção precoce de hipertensão, diabetes, desnutrição e câncer
8	Inclusão social e distribuição de renda	Baixar o índice que mede distribuição de renda, de 0,6 para 0,4
9	Universalização do saneamento ambiental	Ampliar para 60% o tratamento secundário de esgotos na próxima década
10	Gestão de espaço urbano	Tomar o Estado promotor do desenvolvimento urbano sustentável. Promover elaboração de planos diretores
11	Desenvolvimento sustentável do Brasil rural	Promover o acesso à terra e a agricultura familiar
12	Promoção da agricultura sustentável	Incentivar o manejo dos sistemas produtivos. Adotar rotulagem e o princípio da precaução para transgênicos
13	Promover a Agenda 21	Elaborar indicadores de desenvolvimento sustentável
14	Implantação do transporte de massa	Promover a descentralização das cidades e a implantação de redes de metrô e trens rápidos
15	Promover e melhorar as bacias hidrográficas	Assegurar a preservação dos mananciais pelo estabelecimento de florestas protetoras e proteger margens de rios, recuperando suas matas ciliares
16	Política florestal e controle do desmatamento	Limitar a concessão de créditos para a expansão de fronteira agrícola, implantar corredores de biodiversidade em todos os biomas
17	Descentralização do pacto federativo	Fortalecer o federalismo e definir as competências entre União, Estado e Municípios
18	Modernização do Estado, gestão ambiental e instrumentos econômicos	Estabelecer termos de compromisso para a solução de passivos ambientais amparados por garantias bancárias
19	Relações internacionais e governança	Fortalecer as Nações unidas como organismo representativo
20	Formação do capital social	Expandir os incentivos fiscais ao terceiro setor, promover oportunidades para os negros, fortalecer o papel da mulher e proteger os indígenas da biopirataria
21	Pedagogia da Sustentabilidade	Adotar o princípio da responsabilidade corporativa

(fonte: trabalho não publicado⁴)

⁴ Apostila da disciplina de Planejamento Ambiental ministrada pelo professor Dieter Wartchow no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

3.2 PROBLEMAS DE ESCASSEZ DE ÁGUA

Atualmente vários países enfrentam problemas com escassez de água. Segundo o Food And Agriculture Organization⁵ (2008 apud HAGEMANN, 2009), o consumo de água cresceu duas vezes mais que a taxa de crescimento da população mundial neste último século. Há previsões que para o ano de 2025 dois terços da população mundial sofrerão com falta de água e 1,8 bilhões de pessoas viverão em regiões com total falta de água.

Para poder atenuar esse problema de escassez de água, muitos países tem incentivado o reuso de água, como a utilização de águas cinza, que são as águas provenientes dos chuveiros, dos lavatórios e pias, assim como a captação e utilização da água da chuva. Ambas as águas são de utilização exclusiva para fins não potáveis (CARVALHO, 2010).

3.3 CICLO HIDROLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES

A água é um recurso renovável, graças ao ciclo hidrológico, que é definido como os movimentos de água entre os oceanos, continentes e atmosfera. Os fatores que geram estas trocas são as precipitações e as evaporações. Na atmosfera, o vapor de água, em forma de nuvem, pode ser transformado em chuvas, granizo ou neve, dependendo das condições climáticas.

É importante conhecer algumas grandezas referentes às precipitações para se entender o processo, estas grandezas são assim definidas:

- a) altura pluviométrica: é a altura que a água precipitada acumularia no solo, por metro quadrado, caso esta não infiltrasse ou evaporasse, usualmente medida em mm;
- b) duração: é o intervalo de tempo que ocorre a precipitação;
- c) intensidade: é a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação;
- d) período de retorno: é o número de anos que se espera que uma dada precipitação seja igualada ou superada, tanto para os máximos valores de precipitação como para os mínimos valores.

Os sistemas de captação de água de chuvas estão diretamente ligados às características das precipitações. A intensidade, a duração e a frequência são as grandezas específicas para o

⁵ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, **Water scarcity**, 2008. Disponível em <<http://www.fao.org/nr/water/issues/scarcity.html>>. Acesso em: 24 nov. 2008.

dimensionamento de calhas, condutores, verticais e horizontais, e reservatórios. Esses parâmetros também são importantes para determinar a qualidade da água captada. (trabalho não publicado⁶).

⁶ Apostila da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministrada pelo professor Dieter Wartchow no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

4 AGRICULTURA IRRIGADA

É considerada água para agricultura irrigada o volume do recurso natural que não é suprido naturalmente por meio de chuvas, sendo necessária a aplicação artificial aos cultivos, de forma a aperfeiçoar o seu desenvolvimento biológico. Toda água acrescida ao plantio pode ser denominada como água de irrigação (MAROUELLI et al., 2012).

Segundo Marouelli et al. (2012), a capacidade de armazenamento de água pelo solo e a taxa de consumo de água pelas plantas são dependentes tanto de parâmetros relacionados ao solo, quanto das plantas e do clima. O tamanho e a natureza das partículas minerais juntamente com o arranjo estrutural definem a porosidade do solo, fornecendo assim as características de armazenamento de água deste solo.

Marouelli et al. (2012) afirmam que de toda a área irrigada de hortaliças no Brasil, aproximadamente noventa por cento são por aspersão. Apesar de ser o método de irrigação mais comum, não significa que é o mais adequado para todas as condições de produção de hortaliças. A escolha do método de irrigação deve ser realizada pela viabilidade econômica e pela técnica para cada situação.

A principal questão que envolve a irrigação é saber o quanto e quando irrigar. A resposta para estas questões envolvem diferentes fatores como o tipo de solo, condições climáticas e estágio de desenvolvimento das plantas. A irrigação ocorre quando a planta já utilizou toda a água disponível no solo e a quantidade de água deve ser equivalente a evapotranspiração desde a última irrigação, desconsiderando as quantidades de água de possíveis chuvas. Os agricultores de hortaliças devem ter em mente que a água em excesso pode acabar prejudicando o desenvolvimento da plantação (MAROUELLI et al., 2012).

Segundo Bernardi (2003), a irrigação é o maior consumidor de água entre todos os tipos de uso deste recurso natural. A antiga ideia do confronto entre a agricultura de sequeiro e a agricultura irrigada vai cedendo pouco a pouco espaço e reconhecimento da importância da agricultura por irrigação, pois esta atividade favorece o desenvolvimento da planta. A agricultura de sequeiro é realizada em locais com pouca precipitação e consiste em técnicas de cultivos específicos que permitem um uso eficaz e eficiente da pouca humidade do solo.

Porém, se comparado aos resultados de plantações com irrigação, aquela nos fornece um resultado muito inferior no que diz respeito ao desenvolvimento da planta. Devido a este fato a agricultura por irrigação vem crescendo e se tornando uma das mais importantes atividades econômicas no Brasil. A irrigação permite a compensação dos efeitos da má distribuição, espacial e temporal, de precipitações.

No Brasil estima-se que setenta e dois por cento de água utilizada seja designada a atividade agrícola, e devido a esse grande volume, vem-se discutindo questões de políticas alternativas para essa atividade (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

Um método que está ganhando força nas pequenas propriedades para irrigar hortaliças em regiões com poucas precipitações é o sistema de gotejamento. Este sistema consiste em aplicar água em apenas uma parte da área de plantio, reduzindo a superfície do solo que fica molhada e exposta a perdas por evaporação. Com este sistema, a eficiência da irrigação é bem maior e o consumo de água menor, pois ocorre aplicação de água somente em regiões próximas da raiz da planta. O ideal neste sistema de irrigação é a utilização de reservatórios elevados utilizando a força da gravidade para distribuir a água nas plantas, que nestes casos são chamados de sistemas de irrigação por gotejamento de baixa pressão (MAROUELLI et al., 2012).

5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No Brasil, a água de chuva vem se tornando um recurso de extrema importância, principalmente no semiárido, onde se tem um clima muito quente, má distribuição e baixo volume de precipitações, e conseqüentemente pouca água potável disponível para a população. Para esta região, existem programas governamentais para construção de cisternas. Segundo a ASA (Articulação do Semiárido), uma cisterna com volume de armazenamento de 16 mil litros de água, permite que uma família de até 5 pessoas possa ser abastecida por um período de até 8 meses (ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2013).

Outra utilização de sistemas de captação de água de chuva, que não será abordada neste trabalho, é sua contenção para minimizar a problemática dos alagamentos. Dornelles (2012) informa que a captação de água de chuva contribui fortemente na minimização dos picos de volumes nos leitos dos rios, pois, quando se reserva a água da chuva, ela deixa de cair diretamente no solo, diminuindo a quantidade de água do escoamento superficial evitando o transbordamento das redes pluviais municipais. Quando a chuva acabar e toda água superficial já tenha sido escoada, pode-se fazer o esgotamento do reservatório. Através dessas temporárias reservas de água da chuva, consegue-se uma diminuição significativa na magnitude das enchentes.

Sistemas de captação de águas pluviais vão dos mais simples aos mais complexos. De acordo com a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), toda a concepção de projetos de captação de água de chuva deve atender as seguintes normas:

- a) NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998) que diz respeito a instalações prediais de água fria;
- b) NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) que diz respeito a instalações prediais de águas pluviais;
- c) NBR 12213 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992a) que diz respeito a projetos de captação de água de superfícies para abastecimento público;
- d) NBR 12214 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992b) que diz respeito a projeto de sistemas de bombeamento de água para abastecimento público;

- e) NBR 12217 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994) que diz respeito a projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

Segundo Hagemann (2009), foi lançado em 2005 pela ANA (Agência Nacional das Águas), juntamente com o FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) e o SindusCon/SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil), um manual intitulado “Conservação e Reuso de Água em Edificações”⁷. Este Manual apresenta uma metodologia para projetos de captação, tratamento e uso de água de chuva e tem como objetivo principal auxiliar e orientar engenheiros, arquitetos e projetistas para um caminho sustentável e de racionalidade ambiental. Ele representa o quadro de escassez de água e a falta de literatura técnica que envolve este assunto e consiste nas seguintes etapas:

- a) determinação da precipitação média mensal (mm/mês);
- b) determinação da área de coleta;
- c) determinação do coeficiente de escoamento;
- d) projeto dos sistemas complementares como grades, filtros, tubulações, etc.;
- e) projeto de reservatório de descarte;
- f) escolha de tratamento necessário;
- g) projeto do reservatório;
- h) caracterização da qualidade da água pluvial;
- i) identificação dos usos da água.

Sistemas de captação de água de chuva podem ser mais simples ou mais complexos, dependendo da utilização final da água. Para sistemas mais elaborados, pode-se incluir tratamento desta água, que engloba filtração e desinfecção da água.

Basicamente, um sistema de captação de água de chuva é composto pelos itens abaixo (trabalho não publicado⁸) e que serão explicados mais detalhadamente na sequência do trabalho:

- a) área de captação ou telhados: área na qual vai cair a chuva;

⁷ Disponível em:

<http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_agua_em_edificacoes.pdf> acessado em: 18 maio 2013.

⁸ Apostila da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministrada pelo professor Dieter Wartchow no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

- b) calhas: canal que recolhe a água precipitada sobre os telhados, conduzindo-a aos condutores verticais. As calhas podem ser de beiral ou platibanda de acordo com sua instalação, devendo ter inclinação mínima de 0,5%. As formas das calhas são variáveis, sendo a mais comum a semicircular;
- c) tubos de queda: tubulações verticais destinadas a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares, conduzindo-os para partes inferiores;
- d) condutores horizontais: tubulações ou canais horizontais que coletam água dos coletores verticais e conduzem aos reservatórios;
- e) ralo: caixa dotada de grelha na parte superior destinada a receber águas precipitadas sobre terraços e áreas descobertas. As grelhas devem ter áreas dos orifícios, igual ou maior até uma vez e meia a área do condutor que se liga ao ralo;
- f) funil: alargamentos na junção de condutores com calhas para facilitar o escoamento das águas de chuva;
- g) cisterna ou reservatório: componente no qual a água coletada é armazenada;
- h) tratamento: equipamentos, filtros e aditivos para filtrar e desinfetar a água.

O quadro 2 mostra alguns materiais empregados em instalações de águas pluviais.

Na sequência do trabalho, são explicadas, com detalhamento, cada uma das etapas de captação e armazenamento de água de chuva. Iniciando com áreas de captação, posteriormente calhas, condutores verticais e horizontais, partindo para grades e sistemas de descarte de primeiras chuvas e por fim os reservatórios.

Quadro 2 – Materiais utilizados em instalações prediais

CALHAS	Plástico rígido
	Alvenaria
	Concreto
	Cimento-amianto
	Chapas galvanizadas ou de cobre
CONDUTORES	Plástico rígido
	Cimento-amianto
	Ferro fundido
	Chapas galvanizadas ou de cobre
COLETORES	Tubos de plástico rígido
	Tubos de cimento amianto
	Tubos de ferro fundido
	Manilha de barro vidrado
	Tubos de concreto simples ou armado
RALOS	Cobre
	Bronze
	Plástico rígido
GRELHAS	Latão
	Metal
	Ferro Fundido
	Plástico rígido

(fonte: trabalho não publicado⁹)

5.1 ÁREAS DE CAPTAÇÃO

As principais áreas de captação de água de chuva são os telhados, pois apresentam uma melhor qualidade da água captada, se comparado com os outros locais de captação, como os estacionamentos e calçadas, pois estas áreas sofrem influência direta de pessoas e automóveis. Outro motivo para escolher os telhados como principal local de captação é o fato de esta água ser direcionada para os reservatórios por gravidade, dispensando a utilização de bombas de recalque (TOMAZ, 2001).

Os materiais para a construção de telhados são diversos: plástico, zinco, fibrocimento, aço galvanizado, concreto, telhas cerâmicas, entre outros. A principal característica de um telhado que distingue a qualidade entre os diversos materiais é a porosidade, que influencia na relação da quantidade de água recebida pela precipitação e direcionada para as calhas e condutores. A utilização de telhados metálicos de zinco e alumínio diminuem as perdas, pois são mais lisos,

⁹ Apostila da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministrada pelo professor Dieter Wartchow no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

enquanto telhados cerâmicos, como são mais porosos, diminuem o escoamento, pois geram perdas maiores. Para diminuir a porosidade de alguns materiais, pode-se utilizar uma camada de tinta, cuidando para que a mesma não libere substâncias tóxicas na água. O coeficiente relacionado com estas porosidades de telhados é conhecido como coeficiente de *Runoff*, ou coeficiente de escoamento. Este valor de coeficiente, além de variar com o material do telhado, varia também com o clima da região e a inclinação do telhado (MANO, 2004).

A vazão de projeto, para poder calcular as demais instalações é determinada pela expressão:

$$Q = c \times i \times A \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

Q = vazão em (L/s);

c = coeficiente de escoamento;

i = intensidade pluviométrica (mm/h);

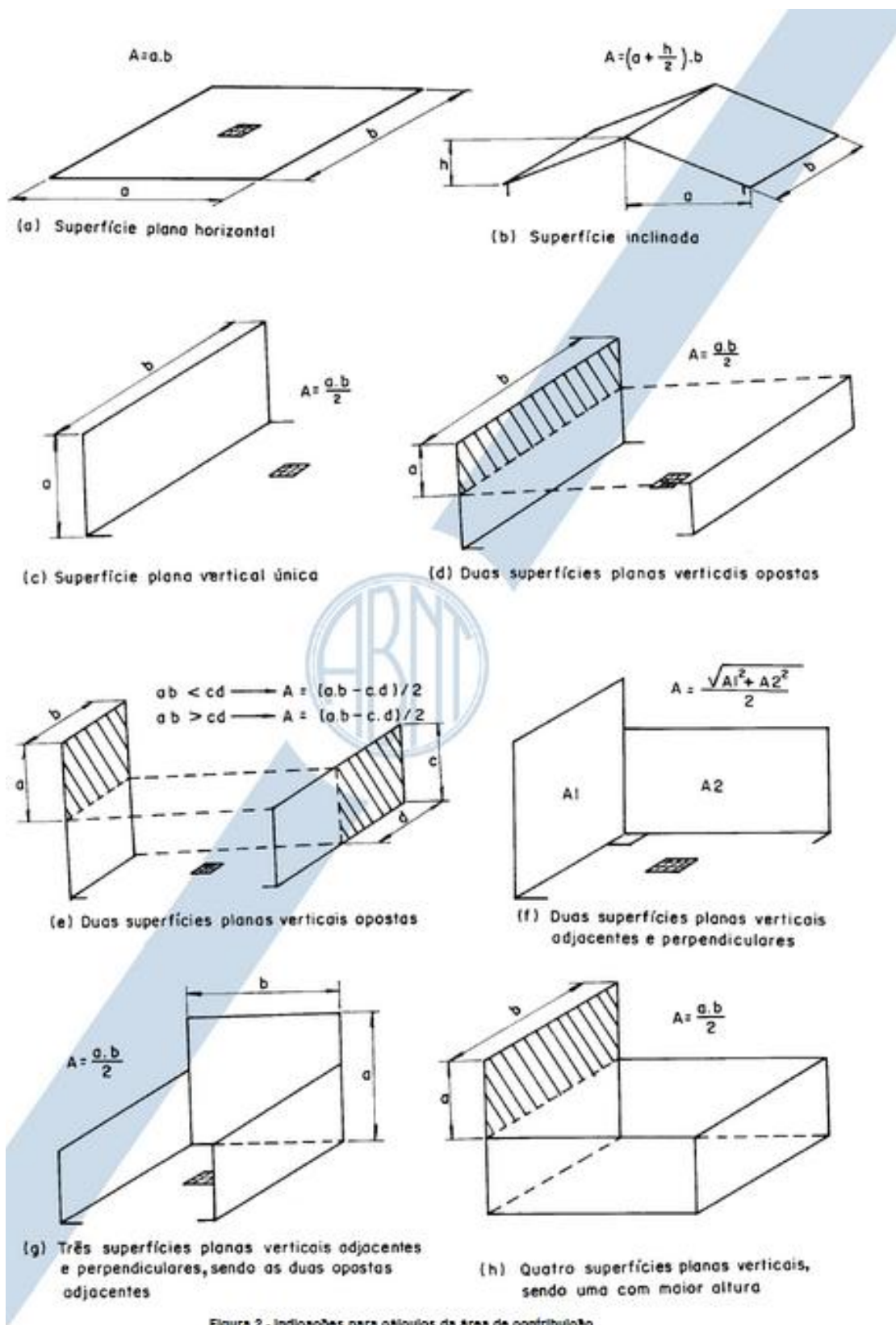
A= área de contribuição (m²).

A determinação da intensidade pluviométrica para fins de projeto deve ser feita a partir da fixação do período de retorno e duração da precipitação (trabalho não publicado¹⁰).

Esta área de contribuição varia conforme a inclinação do telhado e possíveis paredes ou platibandas junto aos telhados. As recomendações para cada situação de cálculo são determinadas pela NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989). A figura 3 demonstra os tipos de cálculos de áreas de contribuição para diferentes tipos de coberturas, segundo a mesma Norma.

¹⁰ Apostila da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministrada pelo professor Dieter Wartchow no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

Figura 3 – Cálculo de áreas de contribuição



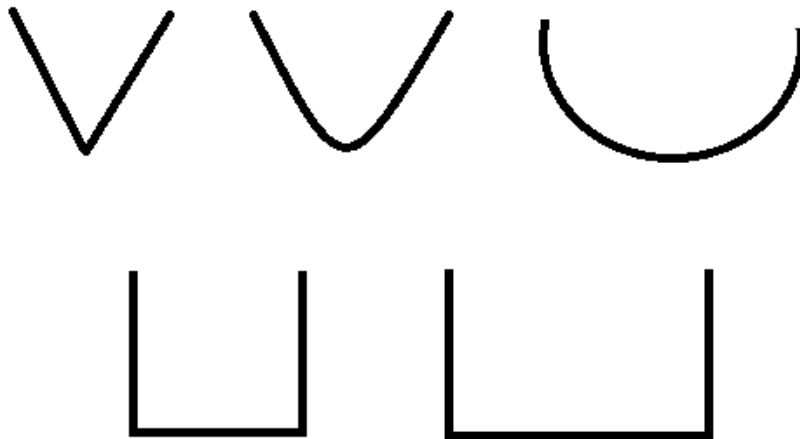
(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 5)

5.2 CALHAS

As calhas são responsáveis por receber a água que precipita nos telhados, descontando a perdas, e direcioná-las para os condutores verticais. Segundo Macintyre (1996), o material mais comum para fabricação de calhas é o PVC (poli cloreto de vinila), podendo ser também de aço galvanizado, concreto, ou de algum outro material que seja de fácil trabalhabilidade, evitando sempre que o material empregado não libere toxinas para a água.

Normalmente as seções das calhas são em forma de V, U, semicircular, quadrada e retangular. A figura 4 mostra alguns formatos de calhas mais usuais e a figura 5 exemplifica os tipos de calhas.

Figura 4 – Formatos de calhas



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 5 – Tipos de calhas



(fonte: GHISI; GUGEL, 2005, p. 4)

A Norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), exige que as calhas atendam a norma NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) que se refere a instalações de águas pluviais. Segundo esta Norma, para fazer o dimensionamento das calhas, usa-se a fórmula de *Manning-Strickler*, apresentada abaixo, ou outra equivalente. Como escrito anteriormente, a declividade mínima que se pode utilizar em calhas é de 0,5%:

$$V = (R_H^{2/3} \times I^{2/3}) / \eta \quad (\text{fórmula 2})$$

$$Q = (A \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}) / \eta \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

Q= vazão de projeto (m³/s);

A= área da seção molhada (m²);

η = coeficiente de rugosidade;

R_H = raio hidráulico (área molhada / perímetro molhado) (m);

P= perímetro molhado (m);

I= declividade da calha (m/m).

A norma NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) apresenta o coeficiente de rugosidade de alguns materiais, que são exemplificados na tabela 1.

Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade

MATERIAL	η
plástico, fibrocimento, aço, materiais não ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestidas	0,015

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 6)

Outra exigência que a NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989) faz é a utilização de coeficientes de majoração para o valor da vazão de

projeto quando estas calhas forem de platibanda ou de beiral e estiverem com as saídas a menos de 4 metros da mudança de direção. A tabela 2 fornece estes valores.

Tabela 2 – Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989)

As calhas devem ser inspecionadas e limpas frequentemente. Um bom momento para fazer estas inspeções, durante os eventos de chuva, pois assim, consegue-se ver algum vazamento nas junções, furos ao longo das calhas e possíveis entupimentos causados por folhas, galhos e outros materiais. Para evitar alguns entupimentos, podem ser utilizadas grades e telas como filtros, que são comentados posteriormente.

5.3 CONDUTORES VERTICAIS

Os condutores verticais são responsáveis por receber a água das calhas e levar diretamente ao reservatório ou aos tubos horizontais. O principal material utilizado é o PVC, pois são de custos relativamente baixos, não liberam toxinas para a água e são de fácil trabalhabilidade. Estes condutores verticais, sempre que possível, devem ser executados em uma só prumada, quando não, usar curvas de raios longos, a fim de evitar grandes perdas de carga (trabalho não publicado¹¹).

Os condutores verticais podem ser ligados diretamente nas calhas, caso dos telhados, ou receber um ralo quando se tratar de terraços, lajes ou calhas largas. Nestes casos se receia a obstrução do condutor por folhas, papéis e detritos diversos (MACINTYRE, 1996).

Segundo a NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), o diâmetro mínimo para tubulação de seção circular é de 70 mm. Para fazer o dimensionamento destes condutores, a Norma fornece ábacos, que determinam o diâmetro a ser usado, dependendo do comprimento da tubulação e da quantidade de chuva, e se possui funil de saída ou se a saída é com canto vivo. As vazões, Q , são dadas em litros por minuto, a altura,

¹¹ Apostila da disciplina de Instalações Hidrossanitárias ministrada pelo professor Dieter Wartchow no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

H, que é a altura da lâmina de água na calha é dada em milímetros, e o comprimento do condutor vertical, L, é dado em metros. A figura 6, mostra os 2 ábacos para fazer o dimensionamento. No ábaco (a) é considerado que a saída da tubulação com a calha é de aresta viva, e no ábaco (b), a saída é por funil.

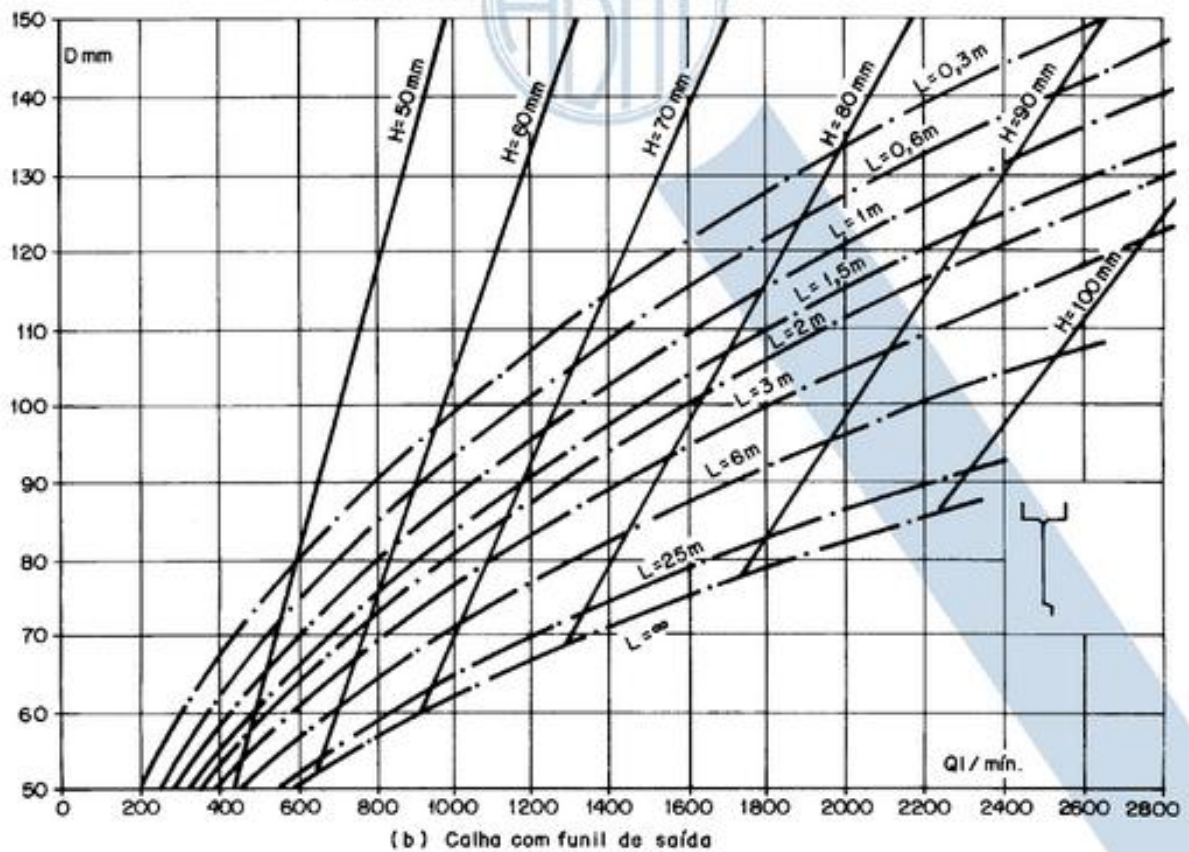
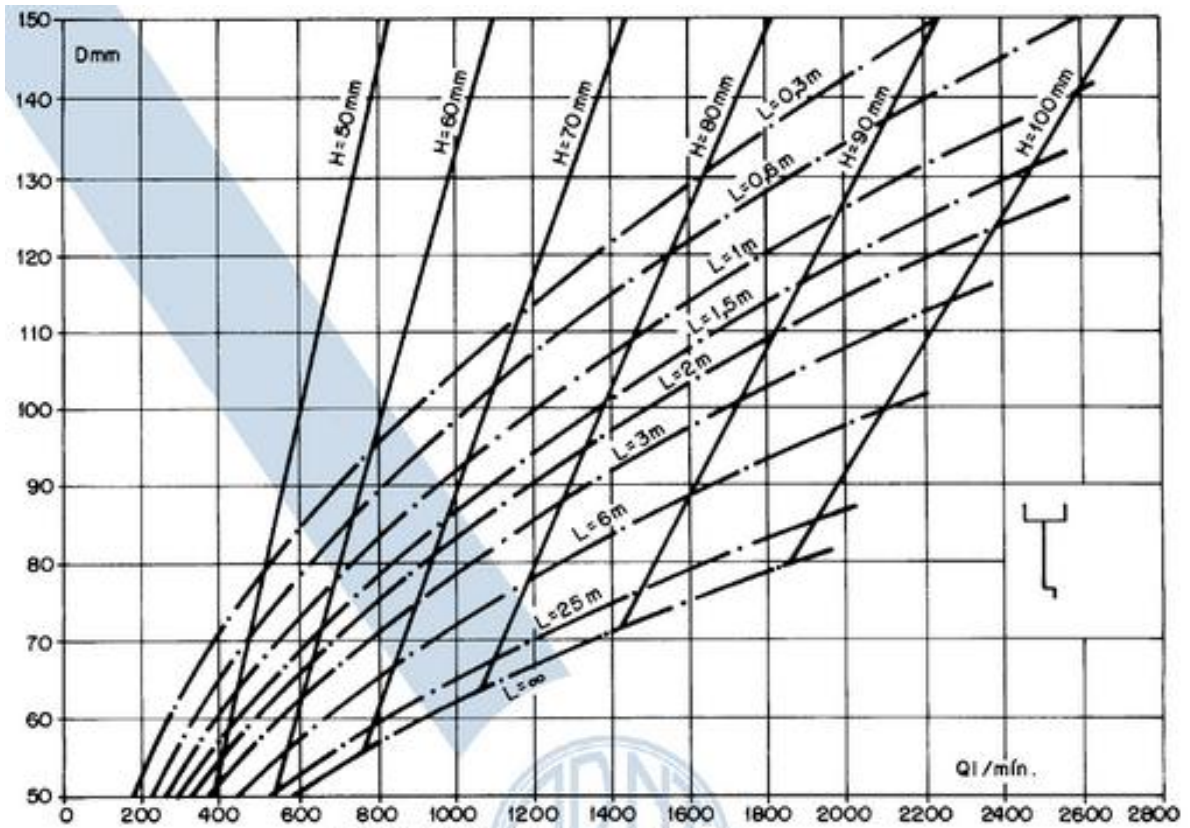
Segundo Macintyre (1996), outro método que pode ser utilizado para fazer o dimensionamento dos condutores verticais é o Critério Rio de Janeiro. A tabela 3 apresenta valores para determinados diâmetros de tubulação.

Tabela 3 – Condutores verticais de águas pluviais

Diâmetro do condutor (cm)	Uso corrente no Rio de Janeiro	
	Área máxima de cobertura (m ²)	Capacidade de esgotamento (L/min)
5	46	116
6,3	89	224
7,5	130	328
10	288	726
12,7	501	1263
15	780	1966
20,3	1616	4072

(fonte: MACINTYRE, 1996)

Figura 6 – Ábacos para determinação de diâmetros de condutos verticais



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 8)

5.4 CONDUTORES HORIZONTAIS

Segundo Macintyre (1996), os condutores de terraços, áreas abertas e pátios são chamados horizontais quando sua declividade for pequena. Segundo a norma NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989), a declividade mínima de condutores horizontais, como citado anteriormente, deve ser de 0,5%. Para fazer o cálculo do dimensionamento, deve-se considerar que o escoamento ocupa 2/3 do diâmetro interno. A tabela 4 fornece diâmetros de tubulações, relacionadas com declividades usuais, com diferentes tipos de materiais e vazões. Os cálculos foram realizados pelas equações de *Manning-Strickler*.

Tabela 4 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular
[vazões em L/min]

	Diâmetro Interno (D) (mm)	$\eta = 0,011$				$\eta = 0,012$				$\eta = 0,013$			
		0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 9)

5.5 GRADES E SISTEMAS DE DESCARTE DE PRIMEIRAS CHUVAS

As grades são de grande importância nos sistemas de captação de água de chuva, pois impedem a passagem de partículas sólidas que possam acarretar em entupimento do sistema de captação e contaminação da água. Os principais materiais utilizados na fabricação das grades de proteção são aço galvanizado, nylon e arame.

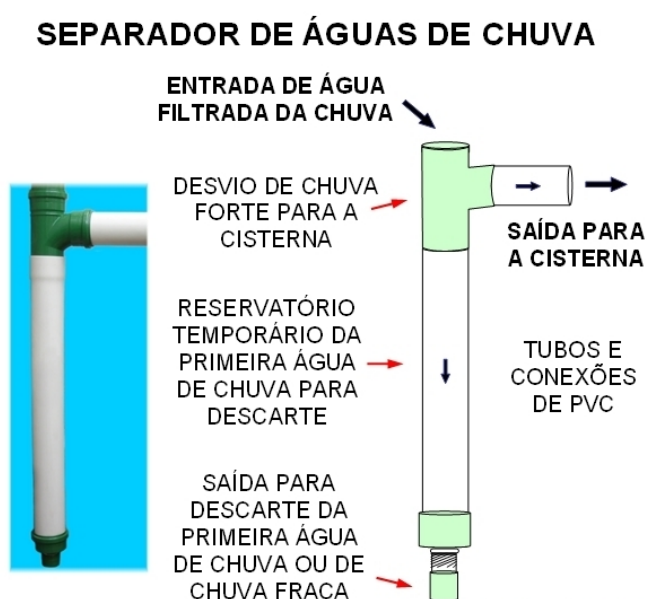
Ruskin (2002) afirma que cobrir as calhas com tela de arame com inclinação igual a do telhado ajuda na proteção das calhas e do sistema de captação. Com as proteções das calhas na mesma inclinação do telhado, as chuvas captadas no telhado, quando escoam para as calhas, levam junto as folhas, que passam direto pelas calhas e caem no chão, ficando mais

fácil a limpeza. Além da proteção das folhas, as telas protegem de animais como lagartixas, sapos e passarinhos que possivelmente acabam entrando nas tubulações.

Para ajudar na qualidade da água que é direcionada para os reservatórios, existem os sistemas de descarte das primeiras chuvas. Nos períodos secos, as áreas de captação de água acumulam resíduos como: folhas, poeiras, animais mortos, fezes de animais, entre outros. As primeiras chuvas lavam essas áreas de captação, assim como a atmosfera, trazendo consigo muitas impurezas, não sendo de boa qualidade para a utilização.

Um sistema simples que pode ser utilizado como retenção das primeiras chuvas é a utilização de um reservatório secundário que é colocado antes do reservatório principal. Neste reservatório é instalado um ladrão, que após de cheio, deixa a água limpa passar direto, alimentando o reservatório principal. Outro mecanismo que pode ser utilizado é a colocação de uma tubulação abaixo de um conector tê, servindo de reservatório de descarte, com uma tampa na extremidade final, que fica entre a calha e o reservatório. Depois desta tubulação estar cheia, a água da chuva escoar pela saída lateral do tê, indo para o reservatório final. A figura 7 exemplifica este sistema. A Norma NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), indica que a quantidade de descarte da água de chuva deve ser dimensionada pelo projetista, porém na falta de dados pode ser utilizado a quantidade equivalente a 2 mm de chuva.

Figura 7 – Reservatório de descarte de primeiras chuvas



(fonte: PROJETO EXPERIMENTAL DO SEPARADOR DE ÁGUAS DE CHUVA DE BAIXO CUSTO, 2012)

5.6 RESERVATÓRIOS

Os reservatórios tem a função de reter a água captada pelos telhados. É aconselhável que estes reservatórios estejam posicionados próximos dos locais de consumo destas águas, em cotas mais elevadas, evitando assim, a utilização de bombas de recalque, que como citado anteriormente, aumentaria o custo do projeto. É indicada essa solução, pois quanto menores forem os custos envolvidos no sistema de captação menor será o tempo de retorno do investimento.

Os reservatórios de maior capacidade de armazenamento (maior que 10.000 litros) normalmente são de fibra de vidro, devido ao fato de serem de boa durabilidade, exigindo pouca manutenção e serem de fácil limpeza, podendo-se utilizar também os de concreto, de polipropileno e de PVC. Independente do material escolhido, o reservatório utilizado deve atender a norma NBR 12217 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

Segundo a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), o volume de água aproveitável depende do coeficiente de escoamento do telhado e da eficiência do sistema, sendo calculado pela fórmula:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P = precipitação média anual, mensal ou diária;

A = área para a coleta da água da precipitação;

$\eta_{\text{fator de captação}}$ = eficiência do sistema de captação.

Para fazer o dimensionamento do reservatório, deve ser feito uma análise técnica, econômica, ambiental, levando em conta as boas práticas da engenharia. E podem ser calculados, como citado anteriormente, por seis métodos diferentes, que são: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

Segundo a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), a água de chuva deve ser protegida da incidência da luz, do sol e do calor, bem como de animais que possam entrar pelas tubulações. O volume não aproveitável da água pode ser descartado diretamente na via pública ou pode ser infiltrado diretamente no solo, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático. Para o consumo não potável os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com soluções de hipoclorito de sódio, pelo menos uma vez ao ano, seguindo as considerações da norma NBR 5626 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

Estes cuidados com limpeza e higienização do reservatório, com a escolha adequada dos materiais, com os cuidados na realização das ligações, são essenciais para o bom funcionamento de todo o sistema de captação e armazenamento de água de chuva.

6 LEGISLAÇÃO REFERENTE A APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No Brasil, somente em 2007 foi elaborada uma norma regulamentadora para aproveitamento e captação de águas pluviais. Porém, há cerca de uma década, várias cidades tem tentado e até conseguido aprovar leis relacionadas com águas pluviais. Estas leis tem o intuito de incentivar, obrigar ou até proibir a coleta e utilização de água da chuva.

A Lei n. 12526 (SÃO PAULO, 2007), está em vigor na cidade de São Paulo e obriga a implementação de sistema de captação e retenção de águas pluviais, coletados por telhados, lajes, coberturas, terraços e pavimentos descoberto, em lotes, edificados ou não, sempre que tenham áreas impermeabilizadas superiores a 500 m². Os objetivos desta Lei são:

- a) reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;
- b) controlar a ocorrência de inundações, amortecer e amenizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;
- c) contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

Esta Lei permite três destinos para esta água armazenada, que são:

- a) infiltração no solo;
- b) liberação para a rede pública após 1 hora da chuva;
- c) utilização para fins não potáveis.

No município de Porto Alegre, existe uma lei em vigor, Lei n. 10.506 (PORTO ALEGRE, 2008), que se intitula Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. As ações básicas de reaproveitamento das águas consistem em captação, armazenamento e utilização de águas provenientes das chuvas e das águas servidas. Esta Lei compreende que as águas das chuvas devem ser captadas nas coberturas das edificações e encaminhadas a cisternas ou tanques para ser utilizada em atividades que não requeiram uso potável de água proveniente dos serviços de abastecimento público de água, tais como a lavagem de roupas, de carros, de vidros, de pisos e em irrigação de jardins e hortas. As

habitações que aderirem a este programa podem ter suas moradias cadastradas nos sistemas da Prefeitura para participar de pesquisas envolvendo o tema. Segundo Dornelles (2012), embora a Lei esteja em vigor, por motivos de viabilidade de aplicação ela está sendo exigida apenas nos casos em que a área de coleta de água de chuva significa mais de 500 m².

Em março de 2012, no estado do Maranhão, foi apresentado um projeto de lei propondo a obrigatoriedade de instalação de reservatórios para captação de água da chuva para ser utilizada em fins não potáveis em prédios públicos e privados com mais de 250m² de área de captação e em condomínios com mais de dez famílias. O objetivo deste projeto é reduzir o consumo de água e o seu custo, evitar o desperdício de água, despertar o sentido ecológico da população e represar parte da água que seria drenada para galerias e rios, ajudando no combate a enchentes (MARANHÃO, 2012).

A NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) surge sendo uma das primeiras diretrizes brasileiras, que especifica requisitos para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas. Águas estas para fins não potáveis tais como descargas em sanitários, lavagem de veículos e pátios, rega de jardins, usos industriais. A Norma trata das questões gerais que os sistemas de aproveitamento deve satisfazer. A Norma se aplica a usos não potáveis.

Dornelles (2012) afirma que no Novo México, Estados Unidos, residências com área iguais ou superior a 230 metros quadrados devem construir sistemas de captação de água da chuva, e em locais comerciais é compulsório. O mesmo autor também afirma que no Texas, Estados Unidos, os cidadãos podem adquirir barris para fazer o armazenamento da água da chuva com subsídio do governo.

7 ESTUDO EXPERIMENTAL

Este estudo experimental visa fornecer diretrizes para projeto de captação de água de chuva, buscando esclarecer quaisquer variáveis envolvidas no dimensionamento. Busca-se também demonstrar uma estimativa dos custos envolvidos na implementação deste sistema.

7.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O local escolhido para realizar este estudo foi a cidade de Porto Alegre, que possui coordenadas geográficas de latitude 30°01'59" S e de longitude 51°13'48" O. A propriedade agrícola onde o estudo foi realizado pertence a uma família de agricultores que produzem diversas hortaliças, mas escolheu-se o cultivo da alface como foco do projeto. É uma pequena produção com aproximadamente 500 metros quadrados, com exclusividade de mão de obra familiar.

7.2 DIMENSIONAMENTO

Para fazer o dimensionamento de todo o sistema de captação, utilizou-se dados pluviométricos da cidade de Porto Alegre e a demanda do consumo de água deu-se pela irrigação de alface. A ideologia deste projeto é conseguir amenizar perdas de produtividade em meses com poucas precipitações e fornecer um sistema alternativo de água para irrigação. Tendo em vista estes dois pontos, tentou-se achar um volume de reservatório que atenda o maior percentual possível para fazer a irrigação, exclusivamente com a água captada, buscando valores que forneçam um bom resultado por um relativo baixo custo de investimento.

O cálculo do dimensionamento do reservatório e demais partes constituintes do sistema de captação de água de chuva, estão baseados nos passos descritos no capítulo 5. Para tanto, se utilizou um período de retorno (T_r) de 5 anos, pois este dimensionamento é alternativo, ou amenizador de perdas, visto que para um dimensionamento mais seguro o T_r ideal seria de 25 anos, casos que não são permitidos empoçamentos, ou extravasamentos de calhas. Na escolha de um período de retorno menor, 5 anos, consegue-se um dimensionamento menos

conservador, porém satisfatório para o fato da escolha do local de captação ser um galpão. Esta escolha acarreta em menores seções transversais das calhas e dos condutores, resultando em uma diminuição nos custos de investimento.

7.2.1 Definição da Demanda de Água

A definição da demanda diária para utilizar na irrigação do cultivo de alface, foi retirada de dados bibliográficos. Quando se deseja uma maior precisão de quantidades, deve ser realizados estudos de umidade do solo, evaporação, e evapotranspiração da cultura a ser irrigada.

Segundo Knott¹² (1951 apud SIMÃO, 1956), informa que quando se fizer possível a irrigação, esta deve ser feita até o estado em que o solo atinja a saturação. Estudos mostram um melhor desenvolvimento da planta, quando a umidade é mantida na sua metade superior. Quando o solo mantiver valores abaixo destes limites, tem-se um desenvolvimento menor da alface, formando folhas menores e cabeças pequenas.

No cultivo da alface, é comum uma quantidade de água de irrigação variando de 3 a 10 litros por dia por metro quadrado de plantação. Em dias de chuvas, esta irrigação pode ser cancelada, ou irrigar somente a quantidade de água não suprida pela precipitação (SIMÃO 1956).

Para este estudo utilizou-se uma quantidade de 3 litros diários por metro quadrado para a irrigação da alface. Levando em conta que caso seja necessário maiores volumes, será necessário realizar a irrigação com outra fonte de água. A área total da plantação é de 500 m², considerando os 3 litros por metro quadrado, tem-se um total necessário de 1500 litros diários de água para irrigação, levando em conta esta quantidade somente em dias com ausência de chuvas. Caso tenha-se precipitações menores de 3mm ao dia, se faz a irrigação da diferença necessária diária.

¹² KNOTT J. E., 1951 – Palestras sobre horticultura da edição da Reitoria da Universidade de São Paulo.

7.2.2 Dados Pluviométricos de Porto Alegre

Para este trabalho foram usados dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia, que na região de Porto Alegre é captado pela estação de número 83967000, situado nas coordenadas geográficas de latitude 30,02° S e longitude 51,22° O.

A tabela 5 apresenta as quantidades mensais de chuva entre os anos de 2008 a 2012. Mostra os meses com as menores quantidades de precipitação de cada ano, dados que são usados para o dimensionamento do reservatório.

Tabela 5 – Dados mensais de chuva de 2008 a 2012

Data	Precipitação Total (mm)	Data	Precipitação Total (mm)	Data	Precipitação Total (mm)	Data	Precipitação Total (mm)	Data	Precipitação Total (mm)
31/01/2008	105	31/01/2009	169.6	31/01/2010	173.7	31/01/2011	135.7	31/01/2012	166
29/02/2008	72.1	28/02/2009	111.4	28/02/2010	110.9	28/02/2011	119.5	29/02/2012	139.5
31/03/2008	75.1	31/03/2009	72.6	31/03/2010	103.1	31/03/2011	83.1	31/03/2012	122.7
30/04/2008	125.2	30/04/2009	31	30/04/2010	71.6	30/04/2011	172.7	30/04/2012	77.1
31/05/2008	220.7	31/05/2009	106.1	31/05/2010	119.9	31/05/2011	50.1	31/05/2012	35.7
30/06/2008	124.8	30/06/2009	57.1	30/06/2010	204.6	30/06/2011	109.6	30/06/2012	31.9
31/07/2008	138.4	31/07/2009	57.2	31/07/2010	170.2	31/07/2011	225.7	31/07/2012	144.9
31/08/2008	121.9	31/08/2009	264.5	31/08/2010	95.5	31/08/2011	182.3	31/08/2012	93.6
30/09/2008	156.5	30/09/2009	293.7	30/09/2010	180.8	30/09/2011	53	30/09/2012	273.7
31/10/2008	219.5	31/10/2009	125	31/10/2010	57.8	31/10/2011	123.7	31/10/2012	121.1
30/11/2008	21.8	30/11/2009	287.6	30/11/2010	72.1	30/11/2011	13.7	30/11/2012	26
31/12/2008	120.6	31/12/2009	143.8	31/12/2010	92.9	31/12/2011	52.1	31/12/2012	196

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

A tabela 6 fornece valores diários de chuva, referentes aos 3 meses de menor quantidade de precipitação do ano de 2008, que são os meses de fevereiro, março e novembro. A tabela 7, por sua vez fornece os dados do ano de 2009, correspondendo aos meses de abril, junho e julho. A tabela 8 de 2010, com os meses de abril, outubro e novembro. A tabela 9, os dados de 2011, maio, novembro e dezembro. E por fim a tabela 10 mostra os valores do ano de 2012, com os meses de maio, junho e novembro. Valores estes, que são utilizados diretamente no cálculo do volume do reservatório.

Tabela 6 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2008

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
01/02/2008	7	01/03/2008	24.8	01/11/2008	0
02/02/2008	0.3	02/03/2008	7.3	02/11/2008	7.7
03/02/2008	7.6	03/03/2008	6.9	03/11/2008	1.1
04/02/2008	0	04/03/2008	2.6	04/11/2008	0.1
05/02/2008	0	05/03/2008	0.9	05/11/2008	0.1
06/02/2008	0	06/03/2008	0	06/11/2008	0.5
07/02/2008	0	07/03/2008	0	07/11/2008	0
08/02/2008	0	08/03/2008	0	08/11/2008	0
09/02/2008	0	09/03/2008	0	09/11/2008	0
10/02/2008	3	10/03/2008	0	10/11/2008	0
11/02/2008	45.3	11/03/2008	3.6	11/11/2008	0
12/02/2008	4.4	12/03/2008	0.3	12/11/2008	0
13/02/2008	1.4	13/03/2008	0	13/11/2008	0
14/02/2008	0	14/03/2008	0.2	14/11/2008	0.1
15/02/2008	0	15/03/2008	0	15/11/2008	0
16/02/2008	0.2	16/03/2008	0	16/11/2008	7.9
17/02/2008	1.4	17/03/2008	0	17/11/2008	0.2
18/02/2008	0	18/03/2008	0	18/11/2008	0
19/02/2008	0	19/03/2008	0	19/11/2008	0.2
20/02/2008	0	20/03/2008	0	20/11/2008	2.6
21/02/2008	0	21/03/2008	0	21/11/2008	0
22/02/2008	0	22/03/2008	0	22/11/2008	0.5
23/02/2008	0	23/03/2008	4	23/11/2008	0.8
24/02/2008	0	24/03/2008	0	24/11/2008	0
25/02/2008	0	25/03/2008	0	25/11/2008	0
26/02/2008	0	26/03/2008	0	26/11/2008	0
27/02/2008	8	27/03/2008	0	27/11/2008	0
28/02/2008	8	28/03/2008	21.8	28/11/2008	0
29/02/2008	0.4	29/03/2008	2.7	29/11/2008	0
		30/03/2008	0	30/11/2008	0
		31/03/2008	0		
TOTAL	72.1	TOTAL	75.1	TOTAL	21.8

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

Tabela 7 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2009

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
01/04/2009	1	01/06/2009	0	01/07/2009	0
02/04/2009	0	02/06/2009	0	02/07/2009	0.1
03/04/2009	0	03/06/2009	0	03/07/2009	0
04/04/2009	0	04/06/2009	0	04/07/2009	0
05/04/2009	25.7	05/06/2009	0	05/07/2009	0
06/04/2009	0.3	06/06/2009	0	06/07/2009	0
07/04/2009	0	07/06/2009	0	07/07/2009	13.4
08/04/2009	0	08/06/2009	0	08/07/2009	5.8
09/04/2009	0	09/06/2009	15.8	09/07/2009	15.9
10/04/2009	0	10/06/2009	1.2	10/07/2009	1.9
11/04/2009	0	11/06/2009	0.2	11/07/2009	0.1
12/04/2009	0	12/06/2009	0	12/07/2009	0
13/04/2009	0	13/06/2009	0.7	13/07/2009	0
14/04/2009	0	14/06/2009	0.1	14/07/2009	0
15/04/2009	0	15/06/2009	0	15/07/2009	0
16/04/2009	0	16/06/2009	0	16/07/2009	3.5
17/04/2009	0	17/06/2009	3.6	17/07/2009	4.6
18/04/2009	0	18/06/2009	3	18/07/2009	0
19/04/2009	0	19/06/2009	0.1	19/07/2009	1
20/04/2009	4	20/06/2009	0.2	20/07/2009	0.1
21/04/2009	0	21/06/2009	0	21/07/2009	0
22/04/2009	0	22/06/2009	0	22/07/2009	10.8
23/04/2009	0	23/06/2009	12.1	23/07/2009	0
24/04/2009	0	24/06/2009	15.4	24/07/2009	0
25/04/2009	0	25/06/2009	0	25/07/2009	0
26/04/2009	0	26/06/2009	0.1	26/07/2009	0
27/04/2009	0	27/06/2009	0	27/07/2009	0
28/04/2009	0	28/06/2009	0	28/07/2009	0
29/04/2009	0	29/06/2009	0	29/07/2009	0
30/04/2009	0	30/06/2009	4.6	30/07/2009	0
				31/07/2009	0
TOTAL	31	TOTAL	57.1	TOTAL	57.2

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

Tabela 8 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2010

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
01/04/2010	0	01/10/2010	0	01/11/2010	0
02/04/2010	0	02/10/2010	0	02/11/2010	0
03/04/2010	0	03/10/2010	0	03/11/2010	0
04/04/2010	2.4	04/10/2010	0	04/11/2010	0
05/04/2010	1.6	05/10/2010	0	05/11/2010	0.6
06/04/2010	0.8	06/10/2010	0	06/11/2010	0
07/04/2010	0.8	07/10/2010	12.5	07/11/2010	0
08/04/2010	1.3	08/10/2010	28.7	08/11/2010	0
09/04/2010	0	09/10/2010	2.3	09/11/2010	0
10/04/2010	0	10/10/2010	0	10/11/2010	24.4
11/04/2010	0	11/10/2010	0	11/11/2010	0
12/04/2010	0	12/10/2010	0	12/11/2010	0
13/04/2010	0	13/10/2010	0	13/11/2010	0
14/04/2010	0	14/10/2010	0.5	14/11/2010	0
15/04/2010	0	15/10/2010	0.9	15/11/2010	0
16/04/2010	0	16/10/2010	0	16/11/2010	0
17/04/2010	0	17/10/2010	0	17/11/2010	0
18/04/2010	0	18/10/2010	0	18/11/2010	0
19/04/2010	0	19/10/2010	0	19/11/2010	0
20/04/2010	5.5	20/10/2010	0	20/11/2010	0
21/04/2010	4.1	21/10/2010	0	21/11/2010	0
22/04/2010	0.9	22/10/2010	0	22/11/2010	2.3
23/04/2010	23.2	23/10/2010	10.8	23/11/2010	0
24/04/2010	1.6	24/10/2010	0	24/11/2010	18.9
25/04/2010	3	25/10/2010	0	25/11/2010	7.6
26/04/2010	17.7	26/10/2010	0	26/11/2010	12.4
27/04/2010	8.7	27/10/2010	0.8	27/11/2010	0.1
28/04/2010	0	28/10/2010	0	28/11/2010	0
29/04/2010	0	29/10/2010	0	29/11/2010	4.6
30/04/2010	0	30/10/2010	1.3	30/11/2010	1.2
		31/10/2010	0		
TOTAL	71.6	TOTAL	57.8	TOTAL	72.1

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

Tabela 9 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2011

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
01/09/2011	0	01/11/2011	0	01/12/2011	18
02/09/2011	0	02/11/2011	0	02/12/2011	0
03/09/2011	0	03/11/2011	0	03/12/2011	0
04/09/2011	0	04/11/2011	0	04/12/2011	0
05/09/2011	5.4	05/11/2011	0	05/12/2011	0
06/09/2011	17.5	06/11/2011	0	06/12/2011	0.1
07/09/2011	0	07/11/2011	0	07/12/2011	0.6
08/09/2011	0	08/11/2011	0	08/12/2011	0
09/09/2011	2.9	09/11/2011	0	09/12/2011	0
10/09/2011	0.6	10/11/2011	2.7	10/12/2011	0
11/09/2011	0	11/11/2011	3.8	11/12/2011	0
12/09/2011	0	12/11/2011	0	12/12/2011	0
13/09/2011	0	13/11/2011	0	13/12/2011	4.7
14/09/2011	0	14/11/2011	0	14/12/2011	0
15/09/2011	0	15/11/2011	0	15/12/2011	2.1
16/09/2011	0	16/11/2011	0	16/12/2011	5.6
17/09/2011	0	17/11/2011	0	17/12/2011	16.9
18/09/2011	4	18/11/2011	0	18/12/2011	1.8
19/09/2011	1.7	19/11/2011	0	19/12/2011	0
20/09/2011	15.6	20/11/2011	0	20/12/2011	0
21/09/2011	0.9	21/11/2011	0	21/12/2011	0
22/09/2011	0	22/11/2011	4	22/12/2011	0
23/09/2011	0	23/11/2011	3.2	23/12/2011	0.7
24/09/2011	4.4	24/11/2011	0	24/12/2011	0.2
25/09/2011	0	25/11/2011	0	25/12/2011	1.4
26/09/2011	0	26/11/2011	0	26/12/2011	0
27/09/2011	0	27/11/2011	0	27/12/2011	0
28/09/2011	0	28/11/2011	0	28/12/2011	0
29/09/2011	0	29/11/2011	0	29/12/2011	0
30/09/2011	0	30/11/2011	0	30/12/2011	0
				31/12/2011	0
TOTAL	53	TOTAL	13.7	TOTAL	52.1

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

Tabela 10 – Dados diários dos 3 meses de menor volume de chuva de 2012

Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
01/05/2012	0	01/06/2012	0	01/11/2012	0
02/05/2012	0.3	02/06/2012	0	02/11/2012	0
03/05/2012	0	03/06/2012	9.3	03/11/2012	0
04/05/2012	0.1	04/06/2012	1.5	04/11/2012	0
05/05/2012	0	05/06/2012	0.2	05/11/2012	0
06/05/2012	0	06/06/2012	0	06/11/2012	0
07/05/2012	0	07/06/2012	0	07/11/2012	0
08/05/2012	0.1	08/06/2012	0	08/11/2012	0
09/05/2012	0	09/06/2012	0	09/11/2012	0
10/05/2012	0	10/06/2012	0	10/11/2012	0
11/05/2012	0	11/06/2012	0.4	11/11/2012	0
12/05/2012	20.4	12/06/2012	0	12/11/2012	4.9
13/05/2012	0	13/06/2012	0	13/11/2012	6.2
14/05/2012	0	14/06/2012	0	14/11/2012	0
15/05/2012	0	15/06/2012	0	15/11/2012	0.1
16/05/2012	0	16/06/2012	0	16/11/2012	0
17/05/2012	0	17/06/2012	0.6	17/11/2012	0
18/05/2012	0	18/06/2012	10.7	18/11/2012	0
19/05/2012	0	19/06/2012	2.9	19/11/2012	0
20/05/2012	0	20/06/2012	0.1	20/11/2012	1.5
21/05/2012	0	21/06/2012	0	21/11/2012	0
22/05/2012	0	22/06/2012	0.1	22/11/2012	0
23/05/2012	0	23/06/2012	1.3	23/11/2012	4
24/05/2012	0	24/06/2012	0.1	24/11/2012	9.3
25/05/2012	0	25/06/2012	0	25/11/2012	0
26/05/2012	0.1	26/06/2012	0	26/11/2012	0
27/05/2012	0.1	27/06/2012	0	27/11/2012	0
28/05/2012	0	28/06/2012	0	28/11/2012	0
29/05/2012	0	29/06/2012	0	29/11/2012	0
30/05/2012	14.4	30/06/2012	4.7	30/11/2012	0
31/05/2012	0.2				
TOTAL	35.7	TOTAL	31.9	TOTAL	26

(fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2013)

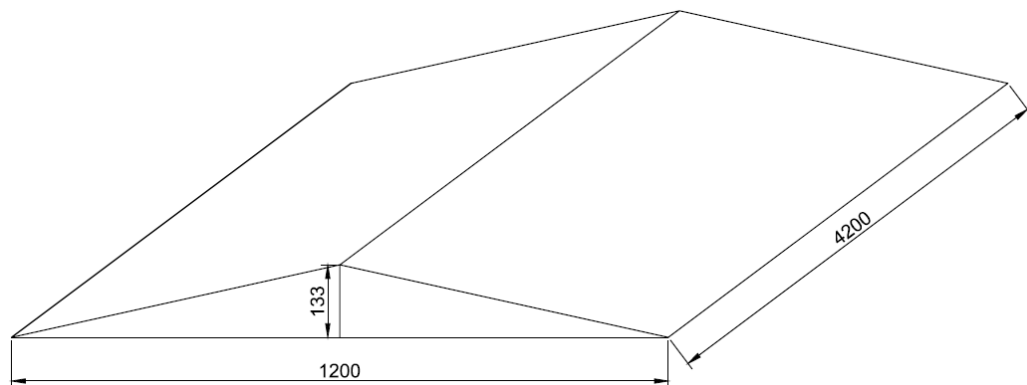
7.2.3 Apresentação da área de captação

A área de captação influencia diretamente no volume de água de chuva a ser captado, portanto, quanto maior for a área de captação, melhores são os resultados em volume de

armazenamento. Para este trabalho, o telhado utilizado foi de um galpão ao lado da residência da família, com uma área de captação de 300m². As dimensões são demonstradas na figura 8, que representa um croqui do telhado. Para o cálculo da área de captação foi utilizado as fórmulas apresentadas na figura 4, sendo o comprimento é 42 metros, a largura 12 metros, tendo uma altura de cumeeira (h) de 1,33 metros.

A figura 9 representa em dimensões reais a área de captação, e a figura 10 fornece uma visão aérea do local estudado.

Figura 8 – Croqui da área de captação



(fonte: desenho do autor)

Figura 9 – Área de captação



(fonte: foto do autor)

Figura 10 – Área de captação vista aérea



(fonte: foto do autor¹³)

7.2.4 Cálculo do Volume do Reservatório

Dos diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios de água de chuva que a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), permite calcular, para este trabalho foi escolhido o Método da Simulação. Este método fornece bons resultados do volume do reservatório, pois simulam períodos ocorridos. As fórmulas para calcular o volume de reservatórios por este método são:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (\text{fórmula 5})$$

¹³ Foto tirada de um quadro do proprietário

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (\text{fórmula 6})$$

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ = volume de água no reservatório no tempo t-1;

$Q_{(t)}$ = volume de chuva no tempo t;

$D_{(t)}$ = consumo ou demanda no tempo t;

C = coeficiente de escoamento superficial.

Para este método, devem-se considerar duas hipóteses, a primeira é que o reservatório deve estar cheio no início da contagem do tempo “t”, e a segunda é que os dados históricos são representativos para as condições futuras.

Neste estudo foi considerado o período de retorno, Tr , de 5 anos, como citado anteriormente. Pois para estes fins e considerando que é um sistema alternativo, não se tem necessidades de períodos mais abrangentes.

O tempo “t” para o trabalho corresponde a um dia, mas são limitados os dimensionamentos em períodos de 1 um mês. Para cada ano de estudo foi considerado os 3 meses com menores quantidades de precipitações, resultando em um total de 3 simulações por ano. Partindo de 2008 a 2012 chega-se um total de 15 simulações. A tabela 11 fornece dados referentes ao volume de cada reservatório correspondente a cada mês estudado.

Analisando o volume de cada reservatório, o escolhido para fazer parte do sistema de captação foi o reservatório do mês de dezembro de 2011, que corresponde a um volume de 26.295 litros. Este volume é o 7º maior de todos os estudados. Com esta escolha irriga-se esta plantação em 90% do tempo, ou seja, 54 meses deste período, exclusivamente com água da chuva. Como este volume não é um volume de reservatório comercial, foi adotado para o projeto um volume de 27.500 litros, referindo-se a um reservatório de 20.000 litros e outro de 7.500 litros. Caso deseja-se irrigar esta plantação na totalidade com água de chuva, o volume do reservatório deve ser de 35.078 litros. Para um sistema alternativo, esta escolha acarreta em custos mais elevados, pois os maiores investimentos financeiros são referentes a aquisição ou construção dos reservatórios, acarretando em um tempo maior no retorno do investimento.

Tabela 11 – Dimensão do reservatório correspondente a cada mês estudado

DATA	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
fev./2008	18592
mar./2008	25938
nov./2008	35078
abr./2009	32190
jun./2009	19558
jul./2009	19157
abr./2010	22929
out./2010	24023
nov./2010	21881
set./2011	19528
nov./2011	35031
dez./2011	26295
maio/2012	33412
jun./2012	27561
nov./2012	28057

(fonte: elaborado pelo autor)

A tabela 12 mostra a simulação do cálculo do volume do reservatório referente ao mês de dezembro de 2011. As simulações foram feitas com o auxílio do *software Microsoft Excel*, afim de facilitar os cálculos da simulação.

Observa-se, na tabela 12, que são desconsideradas irrigações em dias de chuva, também se faz desnecessária a irrigação no dia seguinte da chuva caso esta tenha sido equivalente a 2,5 vezes a quantidade necessária de água irrigada. Considerando uma quantidade de 3 litros/m² para irrigação, estima-se que para precipitações maiores que 7,5 mm diárias, não haverá necessidade de se realizar a irrigação no dia seguinte. Considera-se água para acumulação no reservatório, somente quando as chuvas forem superior a 1mm, pois esta quantidade de chuva é direcionada ao reservatório de descarte de primeira chuva, que serve somente para lavagem superficial da área de captação. No cálculo do dimensionamento foi considerado um coeficiente de escoamento, C, de 0,9, ou seja, 90% de toda água que cai no telhado é encaminhada para o reservatório, os 10% restantes são perdas por evaporação, vazamentos do telhado e etc. Para todos os cálculos de todas as simulações dos outros meses foram feitas estas mesmas considerações. As tabelas com as simulações e resultados dos demais meses apresentados na tabela 11 estão apresentadas no apêndice A.

Tabela 12 – Tabela da simulação do cálculo do volume do reservatório do mês de dezembro de 2011

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/12/2011	300	18	17	0	4590	26295
02/12/2011	300	0	0	0	0	26295
03/12/2011	300	0	0	1500	0	24795
04/12/2011	300	0	0	1500	0	23295
05/12/2011	300	0	0	1500	0	21795
06/12/2011	300	0,1	0	1450	0	20345
07/12/2011	300	0,6	0	1200	0	19145
08/12/2011	300	0	0	1500	0	17645
09/12/2011	300	0	0	1500	0	16145
10/12/2011	300	0	0	1500	0	14645
11/12/2011	300	0	0	1500	0	13145
12/12/2011	300	0	0	1500	0	11645
13/12/2011	300	4,7	3,7	0	999	12644
14/12/2011	300	0	0	1500	0	11144
15/12/2011	300	2,1	1,1	450	297	10991
16/12/2011	300	5,6	4,6	0	1242	12233
17/12/2011	300	16,9	15,9	0	4293	16526
18/12/2011	300	1,8	0,8	0	216	16742
19/12/2011	300	0	0	0	0	16742
20/12/2011	300	0	0	1500	0	15242
21/12/2011	300	0	0	1500	0	13742
22/12/2011	300	0	0	1500	0	12242
23/12/2011	300	0,7	0	1150	0	11092
24/12/2011	300	0,2	0	1400	0	9692
25/12/2011	300	1,4	0,4	800	108	9000
26/12/2011	300	0	0	1500	0	7500
27/12/2011	300	0	0	1500	0	6000
28/12/2011	300	0	0	1500	0	4500
29/12/2011	300	0	0	1500	0	3000
30/12/2011	300	0	0	1500	0	1500
31/12/2011	300	0	0	1500	0	0

(fonte: elaborado pelo autor)

7.2.5 Especificações dos componentes do sistema

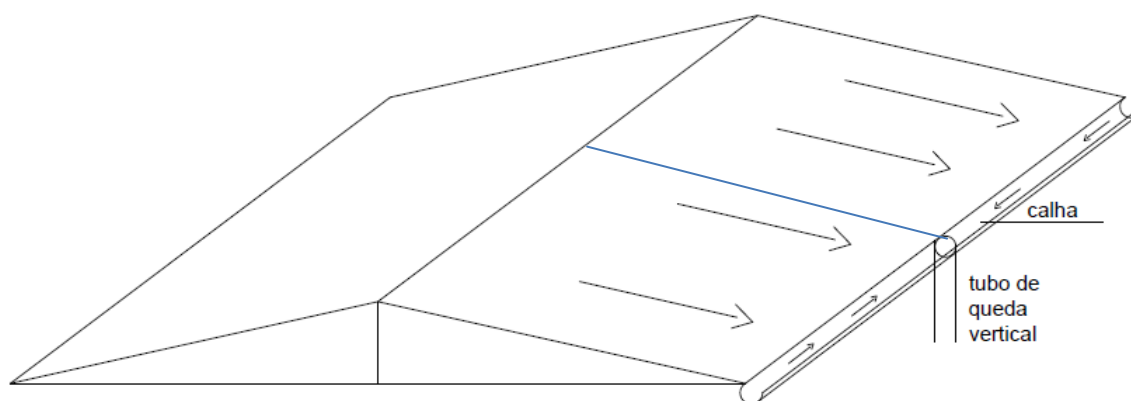
Além do reservatório, os outros componentes também precisam ser dimensionados. Para dimensionar os demais itens, foi utilizada a segunda maior chuva deste período, que foi uma chuva com intensidade de 85,3mm/h. Desconsiderou-se a primeira chuva para não acarretar em seções muito grandes das tubulações e aumentar os custos. Caso este dimensionamento esteja abaixo dos exigidos em dias de chuvas maiores, e acarretar em um extravasamento das calhas, não se terá grandes problemas, pois a área de captação é um galpão. Os demais

componentes dimensionados foram: as calhas, os condutores verticais, condutores horizontais e o reservatório de descarte de primeiras chuvas, que são apresentados a seguir.

7.2.5.1 Seção das calhas Condutoras

Para este dimensionamento se considerou a área de captação de 300m^2 e a chuva com intensidade de $85,3\text{mm/h}$. Foi adotado uma inclinação das calhas de $0,5\%$. Outra consideração realizada, devido ao grande comprimento do telhado, foi a utilização de 2 calhas de cada lado do telhado, ou seja, a inclinação das calhas se dá em direção ao centro do telhado, fazendo com que cada calha transporte a metade do volume escoado. A figura 11 exemplifica esta divisão dos volumes captados. Estes valores de área de captação, intensidade pluviométrica, junto com o coeficiente de escoamento (C) de 0,9, fornecem uma vazão de 383,85 litros por minuto, calculados conforme a fórmula 1. Esta vazão representa o escoamento da água de todo o telhado, como esta área foi dividida em 2 partes, cada calha escoará 191,925 litros por minuto. Segundo as fórmulas 2 e 3, para uma vazão desta dimensão o diâmetro da calha deve ser de 125mm.

Figura 11 – Telhado com as calhas



(fonte: elaborado pelo autor)

É de extrema importância para o bom funcionamento do sistema de captação de água chuva a utilização de protetores de calhas, evitando entupimentos de condutores. Um simples protetor indicado, é enrolar as calhas com “tela de galinheiro”. Estas telas são de custos baixos e respostas satisfatórias. Caso for de interesse utilizar um acabamento mais refinado, caso de residências, podem ser encontrados em materiais de construção, grelhas especiais para estes fins.

7.2.5.2 Seção dos Condutores Verticais

Para os condutores verticais, considera-se uma vazão de 383,85L/min. Neste cálculo deve ser considerado o volume total captado, ou seja, as calhas direcionam a água captada a um único tubo de queda, conforme é mostrado na figura 11. Para fazer este dimensionamento usa-se o ábaco da figura 6, ou o Critério do Rio de Janeiro. Pela tabela 3 que apresenta os valores pelo Critério do Rio de Janeiro, chega-se a um diâmetro de condutor vertical de 100mm. Em casos em que a área de captação for menor e não necessitar de diâmetros grandes nos condutores verticais, deve-se considerar sempre condutores com diâmetros maiores que 70mm.

7.2.5.3 Seção dos Condutores Horizontais

Os condutores horizontais, assim como as calhas, devem ter inclinações maiores que 0,5%. Para poder utilizar diâmetros das tubulações menores, devem ser consideradas inclinações maiores nos condutores. Para o devido estudo foi fixado uma inclinação de 2%. Com esta declividade e com a vazão de 383,85 litros por minuto, baseando-se na tabela 3, chega-se a um diâmetro de condutores horizontais de 100mm.

7.2.5.4 Volume do Reservatório de Descarte de primeiras Chuvas

Os reservatórios ou dispositivos de descarte de primeiras chuvas não são obrigatórios para os sistemas de captação de água de chuva, porém, quando utilizados, melhoram a qualidade da água captada, e ajudam a evitar entupimentos das tubulações. Toda a poeira, animais mortos, frutas e flores apodrecidas que ficam sobre os telhados, quando acontece a chuva, esta primeira água precipitada ajuda a limpar o telhado. Para não levar esta água suja ao reservatório de armazenamento se cria um reservatório de descarte antes. A quantidade optada como água de descarte foi uma chuva de 1mm, devido ao fato de ser uma região agrícola com poucos poluentes atmosféricos, ou seja, só foi considerado água para armazenamento, águas de chuvas superiores a 1mm diário.

Considerando a área de captação de 300m² e a água de descarte de 1mm, chega-se a um volume de 300L, por questões de conservadorismo, não foi considerado neste reservatório a eficiência de 90 por cento do sistema. O modelo de reservatório de descarte deste estudo é um tubo de diâmetro 200mm. No condutor vertical de 100mm que leva água ao reservatório, coloca-se uma junção simples, que quando o tubo vertical estiver cheio, a saída lateral da junção servirá para direcionar a água ao reservatório de armazenamento. Abaixo da junção

coloca-se reduções excêntricas de 150mmx100mm, e outra de 200mmx150mm, afim de aumentar o diâmetro do tubo. Após estas reduções o diâmetro que se encontra a tubulação é de 200mm, e estes tubos servirão como o reservatório de descarte. Para armazenar 300L de água de descarte, com um tubo de diâmetro de 200mm, necessita-se de um comprimento de 9,50 metros. Na extremidade inferior deste tubo, deve ser previsto uma maneira de esvaziar este reservatório quando a chuva acabar. No trabalho utilizou-se novamente reduções, 200mmx150mm, 150mmx100mm e 100mmx40mm, após esta última redução coloca-se um registro de esfera de diâmetro 40mm.

8 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Com todas as etapas do dimensionamento de captação da água de chuva concluídas, inicia-se o processo de verificação de conectores (luvas, reduções, joelhos, curvas, etc.), e quantitativos de materiais. Por mais simples que seja o projeto, para melhor entendimento, é importante apresentar, no mínimo, um croqui do projeto, facilitando a execução e entendimento do mesmo. Com os levantamentos de quantitativos realizados, consegue-se fazer uma estimativa dos custos envolvidos e fazer uma análise da viabilidade econômica do sistema.

8.1 QUANTITATIVOS DE MATERIAS

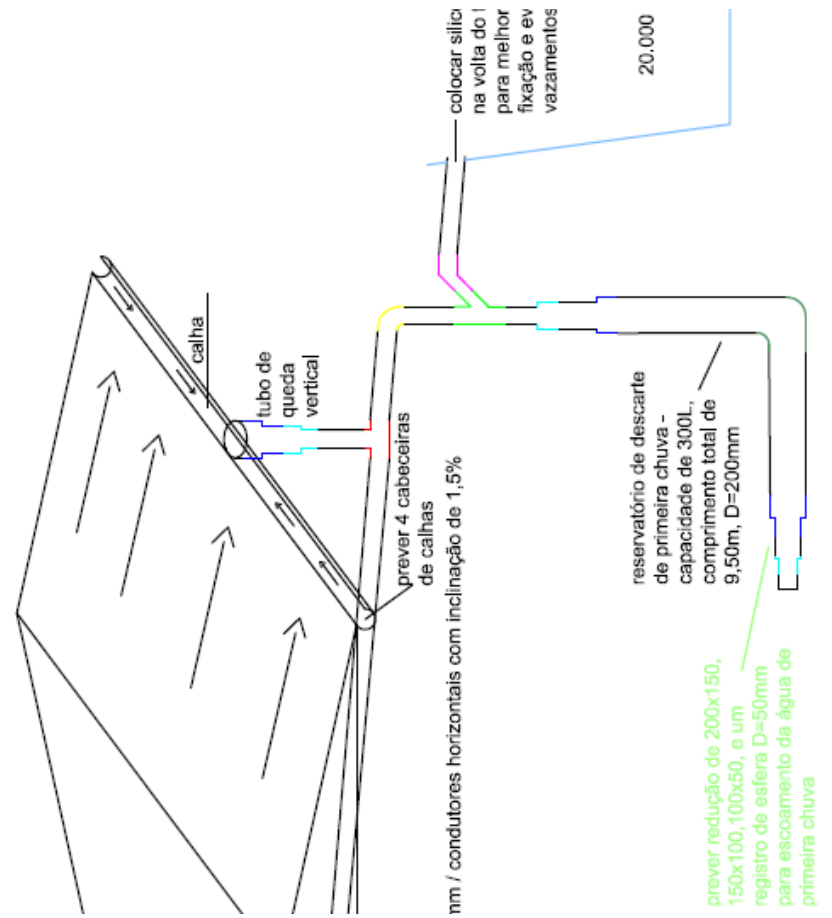
Os critérios para as escolhas dos materiais foram feitos levando em consideração a maior facilidade em encontrar os produtos no mercado, facilidade na hora de executar o projeto, custos dos materiais, custos de execução do projeto e a durabilidade dos materiais. Não estão envolvidos neste estudo materiais indiretos, como por exemplo, materiais utilizados em ferramentas, materiais de fixação de calhas, maquinário para regularização de solo para a acomodação das caixas d'água e demais materiais que sejam necessários para executar o projeto. Estes materiais não foram considerados no sistema porque os serviços podem ser executados de diversas maneiras, e dependendo da maneira haverá diferenciação dos custos.

Os materiais que englobam o estudo são os que fazem parte diretamente do projeto, ou seja, os que foram dimensionados no trabalho, sendo eles: calhas, tubos verticais e horizontais, conectores (curvas longas, joelhos, luvas, flanges, cabeceiras de calhas, cola para fazer as ligações, etc.), registros, reservatórios. Também não fazem parte do projeto, materiais a partir do registro de saída de água dos reservatórios, estes materiais dependem do tipo de irrigação a ser adotado. Caso não se consiga fazer a irrigação por gravidade, deve ser incluído no projeto uma bomba para fazer o recalque desta água armazenada. Porém sempre que possível se deve evitar o uso de motores, assim, os custos na execução são menores e não há custos mensais de operação, como gastos com energia elétrica e manutenção do motor. As figuras 12 e 13 apresentam um croqui de execução. A primeira ilustra e indica os materiais a serem usados em cada ligação, e a segunda apresenta o croqui com as devidas cotas das tubulações

A partir destas figuras foram realizados os quantitativos de materiais envolvidos no projeto. A tabela 13 fornece as quantidades de cada material presente no sistema de captação. No caso das calhas, dos condutores verticais e horizontais foi levado em conta os valores de medidas comerciais, como estes tubos são vendidos em barras de 3 e 6m, sempre adota-se um número acima das medidas de projeto.

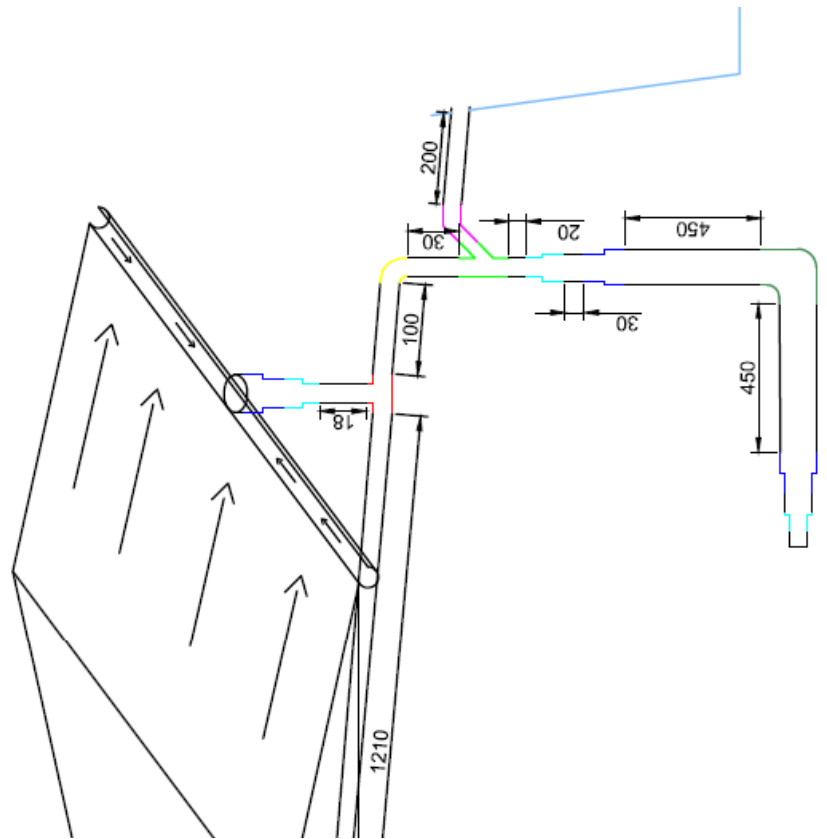
Os reservatórios devem sempre conter tampas, a fim de preservar a qualidade da água armazenada. Também devem ser colocados sobre superfícies lisas a fim de evitar o desnivelamento da caixa e um provável rompimento. É aconselhado fazer este nivelamento com um lastro de areia, e quando possível um piso de concreto.

Figura 12 – Apresentação do projeto com indicação de materiais



(fonte: desenho do autor, 2013)

Figura 13 – Apresentação do projeto com cotas



(fonte: desenho do autor, 2013)

Tabela 13 – Quantitativos de materiais

MATERIAL	QUANTIDADE DE PROJETO	QUANTIDADE COMERCIAL ADOTADA
CALHA DE D=125mm	84,4m	87m
CABECEIRAS DE CALHAS D=125mm	4	4
EMENDA DE CALHAS D=125mm	24	24
TUBOS DE 100mm	19,66m	21m
LUVA DE D=100mm	4	4
CURVA LONGA DE 90º D=100mm	4	4
TÊ DE D=100mm	1	1
JUNÇÃO SIMPLES D=100mm	1	1
CURVA DE 45º DE D=100mm	1	1
REDUÇÃO EXCÊNTRICA DE 150mmx100mm	4	4
REDUÇÃO EXCÊNTRICA DE 200mmx150mm	4	4
TUBOS DE D=200mm	9,5m	12m
LUVA DE D=200mm	1	1
TUBO DE D=150mm	0,3	3m
JOELHO DE D=200mm	1	1
ADAPTADOR AJUSTÁVEL DE 50mm x 1.1/2"	2	2
REGISTRO DE ESFERA DE D=40mm	3	3
COLA PARA COLAR CONECTORES	525g	525g
RESERVATÓRIO DE 20.000L	1	1
RESERVATÓRIO DE 7.500L	1	1

(fonte: elaborado pelo autor)

8.2 ESTIMATIVA DOS CUSTOS ENVOLVIDOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A etapa da estimativa dos custos ou propriamente o orçamento para execução do projeto só pode ser realizado após todos os itens dimensionados e após todos quantitativos levantados. Para avaliação dos custos de implantação do sistema foram realizadas pesquisas orçamentárias em materiais de construção da região de Porto Alegre e pesquisas em sites de vendas da internet.

A tabela 14 indica as quantidades e valores envolvidos em cada material, e o somatório do valor total.

Tabela 14 – Quantitativos de materiais e custos envolvidos

MATERIAL	QUANTIDADE DE PROJETO	QUANTIDADE COMERCIAL ADOTADA	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
CALHA DE D=125mm	84,4m	87m	14,16	1.231,92
CABECEIRAS DE CALHAS D=125mm	4	4	7,54	30,16
EMENDA DE CALHAS D=125mm	24	24	9,90	237,60
TUBOS DE 100mm	19,66m	21m	6,98	146,58
LUVA DE D=100mm	4	4	7,78	31,12
CURVA LONGA DE 90° D=100mm	4	4	24,56	98,24
TÊ DE D=100mm	1	1	8,25	8,25
JUNÇÃO SIMPLES D=100mm	1	1	7,14	7,14
CURVA DE 45° DE D=100mm	1	1	17,75	17,75
REDUÇÃO EXCÊNTRICA DE 150mmx100mm	4	4	11,55	46,20
REDUÇÃO EXCÊNTRICA DE 200mmx150mm	4	4	31,05	124,20
TUBOS DE D=200mm	9,5m	12m	30,66	367,92
LUVA DE D=200mm	1	1	27,72	27,72
TUBO DE D=150mm	0,3	3m	20,40	61,20
JOELHO DE D=200mm	1	1	85,55	85,55
ADAPTADOR AJUSTÁVEL DE 50mm x 1.1/2"	2	2	16,50	33,00
REGISTRO DE ESFERA DE D=40mm	3	3	13,70	41,10
COLA PARA COLAR CONECTORES	525g	525g	10,10	30,30
RESERVATÓRIO DE 20.000L	1	1	4.223,00	4.223,00
RESERVATÓRIO DE 7.500L	1	1	1.663,00	1.663,00
VALOR TOTAL				8.511,95

(fonte: elaborado pelo autor)

É notável pela tabela 14 que os maiores gastos são referentes aos reservatórios, eles geram custos de quase três vezes em comparação com os restante dos materiais. Este sistema de captação poderia ter seus custos diminuídos caso os reservatórios fossem de concreto, porém exigiria uma mão de obra qualificada na execução, e maiores custos de manutenção. Caso o reservatório fosse construído sem alguns devidos cuidados, este poderia ficar inoperante por não ser estanque, ou seja, a água acumulada vazaria pelas fissuras e buracos deixados na execução. Caso optasse por fazer impermeabilização no reservatório, os custos com mão de obra e materiais começam a aumentar causando a inviabilidade desta opção.

Como já citado anteriormente no trabalho, a propriedade em estudo se enquadrando nas condições exigidas pelo Pronaf Eco, tem disponível pelo governo uma verba de até R\$10.000,00, para construção de cisternas, açudes ou qualquer estrutura de armazenamento de água. Este financiamento além de fornecer período de carência para início do pagamento, fornece juros extremamente baixos, na ordem 1 por cento ao ano, e prazos de pagamento de 10 anos.

Considerando que este agricultor receba uma verba de R\$8.511,95, que foram os gastos estimados na execução do projeto, e não opte por carência no pagamento, cujo financiamento tem vigência de 10 anos, este agricultor terá um gasto mensal de R\$74,57. Em resumo, a plantação deste agricultor pode ser irrigada, em 90 por cento do tempo em um período de cinco anos, exclusivamente por água de chuva. E nos demais períodos, diminuiria o consumo de água de outras fontes de irrigação, tudo isto com um gasto mensal de apenas R\$74,57.

Em uma plantação de 500m² é possível produzir aproximadamente 1750 pés de alface por mês. Para este resultado considerou-se 7 pés para serem comercializados por m² e um ciclo de cultivo de 60 dias, desde a sementeira até a colheita do pé.

Em pesquisas feitas no Ceasa do Rio Grande do Sul, o preço da dúzia da alface varia de R\$6,00 a R\$12,00, porém, como valor mais frequente R\$8,00. Considerando R\$8,00 como preço base, o preço por pé da alface representa R\$0,66. Para cobrir os custos mensais para implantação do sistema de captação da água da chuva, R\$74,57, são necessários a comercialização de 113 pés. Restando para os demais custos e o lucro do agricultor a comercialização de mais 1637 pés ao mês.

Neste estudo não foi feito um comparativo com os gastos atuais com irrigação porque, como são produzidos mais hortaliças nesta propriedade, e ela sendo feita por água de açude e necessitando de uma bomba para recalcar toda a água, os custos com a irrigação de toda a propriedade são altos. Para fazer os comparativos reais, precisaria ser dimensionada uma bomba para uma altura de recalque de água e vazão exclusiva para irrigar a plantação de alface. Assim consideraria as horas diárias de funcionamento desta bomba e se calcularia o gasto mensal com energia elétrica.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento da demanda de água e a redução da oferta, gerando escassez de água, o uso de água de chuva para irrigação surge como uma possível e considerável solução para a racionalização desse bem e preservação ambiental.

A tendência atual é de considerar a água de reuso como um recurso hídrico a ser utilizado para diversos fins, incluindo a irrigação. A utilização da água de chuva significa um aumento na oferta de água para vários fins, liberando os recursos hídricos disponíveis para utilização em outros usos onde existe uma maior exigência da qualidade da água, tais como o abastecimento humano.

O presente estudo teve por objetivo fornecer diretrizes e informações adicionais a projetos de captação de água de chuva. Apresentando um referencial bibliográfico capaz de suprir possíveis dúvidas para projetos de captação e armazenamento.

Ao longo do capítulo referente ao estudo experimental, mostrou-se na prática como devem ser executados os dimensionamentos de todos os itens envolvidos em um projeto, como: calhas, condutores verticais, condutores horizontais, reservatório de descarte de primeiras chuvas e reservatórios. Sempre buscando exemplificar e explicar as soluções mais cabíveis para cada escolha.

Com o trabalho apresentado constata-se que sistemas de captação de água de chuva, podem ser soluções amenizadoras para os problemas de escassez de água, devido a falta de precipitações e má distribuição das chuvas. Além da questão da sustentabilidade, que já seria um forte incentivo para adotar sistemas alternativos de utilização de água, consegue-se demonstrar que a questão econômica é um atrativo muito forte. Com apenas R\$74,47 por mês, consegue-se fazer, quase que na totalidade, a irrigação desta propriedade estudada exclusivamente com água da chuva. Considerando ainda que este valor de pagamento mensal se encerra em um período de 10 anos, e após este, as economias com irrigação serão maiores ainda.

A partir de todo estudo realizado, conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais para a irrigação, quando associada ao dimensionamento criterioso do sistema de captação, coleta e reservação, oferece uma alternativa viável, possibilitando a redução de custos e diminuição do consumo de águas de outras fontes de abastecimento.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS. Irrigação é a finalidade mais outorgada de 2012. Brasília/DF, 2013. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=11655>. Acesso em 03 julho 2013.

ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Cisternas nas Escolas. Recife, 2013. Disponível em: <http://www.asabrazil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=5622&WORDKEY=Cisterna>. Acessado em 18 maio 2013.

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

_____. **NBR 12213**: projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992a.

_____. **NBR 12214**: projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992b.

_____. **NBR 12217**: projeto de reservatórios de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 15527**: água de chuva – aproveitamento de coberturas em área urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007a.

BERNARDI, C. C. **Reuso de água para irrigação**. 2003. 52 f. Monografia – MBA, em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, com área de concentração em Planejamento Estratégico em Engenharia. Brasília, Distrito Federal, 2003. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/docs/publicacoes/publicacoesiica/cristinacosta.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2012.

CARVALHO, W. F. **Medição individualizada de água em apartamentos**. 2010. 95 f. Monografia (Especialização em Engenharia) – Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/51.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FOZ DO IGUAÇU. Câmara Municipal de Foz do Iguaçu. **Projeto de Lei n. 24**, de 2008. Dispõe sobre a obrigatoriedade de Reservatórios e Captadores de Água da Chuva nos Postos de Combustíveis e Estabelecimentos de Lavagem de Veículos e dá outras providências. Foz

do Iguaçu, PR, 2008. Disponível em: <<http://www.cmfi.pr.gov.br/pdf/projetos/720.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

GHISI, E. ; GUGEL, E. C. **Instalações prediais de águas pluviais**. 2005. Artigo publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina, em 02 de junho de 2005. Disponível em: <<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.feb.unesp.br%2Feduoliv%2Fapostilas%2F%3Faction%3Ddownload%26file%3DL0Fwb3N0aWxhIEFndWFQbHV2aWFsLnBkZg%3D%3D&ei=vrLIUM3hOIrO0QHIjID4Dw&usg=AFQjCNFC8ZAdfwaGLmDbyvfRtEYRMrGs1w&bvm=bv.1354675689,d.dmQ>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2001. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS, 2009. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgec/wpcontent/uploads/Sabrina_Elicker_Hagemann_Disserta%C3%A7%C3%A3o_de_Mestrado.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2012.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

MANO, R. S. **A captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema**. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8742/000586430.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

MARANHÃO. Assembleia Legislativa do Estado do Maranhão. **Projeto propõe reutilização da água da chuva em condomínios e prédios**. São Luis/MA, 2012. Disponível em: <<http://al.ma.gov.br/noticiasBlank.php?id=24392>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por Aspersão em Hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **A ONU e o meio ambiente**, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

PORTO ALEGRE. Secretaria de Planejamento Municipal. **Lei n. 10.506**, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, RS, 2008. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/500602/lei-10506-de-porto-alegre-08-porto-alegre-0>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

PROJETO experimental de aproveitamento da água da chuva com a tecnologia da minicisterna para residência urbana: manual de construção e instalação – versão 1.1. [S. l.]: Sempre Sustentável, 2012. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>>. Acesso em: 15 maio 2013.

RUSKIN, R. H. **Manutenção de água de cisterna, 3. parte:** brindemos a sua saúde. *Água Latino América*, México, DF, v. 2, n. 1, janeiro/fevereiro, 2002. Disponível em: <<http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/1-2-01basico.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

SÃO PAULO [Município]. Câmara Municipal de São Paulo. **Lei n. 12.526**, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/132505/lei-12526-07-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

SIMÃO, S. Irrigação de alface. In: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1956, Piracicaba. **Anais eletrônicos...** p. 122-128. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v12-13/10.pdf>>. Acessado em: 20 abr. 2013,

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva:** aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

**APÊNDICE A – Tabelas de simulação dos cálculos
do reservatório dos demais meses apresentados na tabela10**

TABELA PARA FEVEREIRO DE 2008

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/02/2008	300	7	6	0	1620	13633
02/02/2008	300	0,3	0	1350	0	12283
03/02/2008	300	7,6	6,6	0	1782	14065
04/02/2008	300	0	0	1500	0	12565
05/02/2008	300	0	0	1500	0	11065
06/02/2008	300	0	0	1500	0	9565
07/02/2008	300	0	0	1500	0	8065
08/02/2008	300	0	0	1500	0	6565
09/02/2008	300	0	0	1500	0	5065
10/02/2008	300	3	2	0	540	5605
11/02/2008	300	45,3	44,3	0	11961	17566
12/02/2008	300	4,4	3,4	0	918	18484
13/02/2008	300	1,4	0,4	0	108	18592
14/02/2008	300	0	0	1500	0	17092
15/02/2008	300	0	0	1500	0	15592
16/02/2008	300	0,2	0	1400	0	14192
17/02/2008	300	1,4	0,4	800	108	13500
18/02/2008	300	0	0	1500	0	12000
19/02/2008	300	0	0	1500	0	10500
20/02/2008	300	0	0	1500	0	9000
21/02/2008	300	0	0	1500	0	7500
22/02/2008	300	0	0	1500	0	6000
23/02/2008	300	0	0	1500	0	4500
24/02/2008	300	0	0	1500	0	3000
25/02/2008	300	0	0	1500	0	1500
26/02/2008	300	0	0	1500	0	0
27/02/2008	300	8	7	0	1890	1890
28/02/2008	300	8	7	0	1890	3780
29/02/2008	300	0,4	0	0	0	3780

TABELA PARA MARÇO DE 2008

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/03/2008	300	24,8	23,8	0	6426	22212
02/03/2008	300	7,3	6,3	0	1701	23913
03/03/2008	300	6,9	5,9	0	1593	25506
04/03/2008	300	2,6	1,6	0	432	25938
05/03/2008	300	0,9	0	0	0	25938
06/03/2008	300	0	0	0	0	25938
07/03/2008	300	0	0	1500	0	24438
08/03/2008	300	0	0	1500	0	22938
09/03/2008	300	0	0	1500	0	21438
10/03/2008	300	0	0	1500	0	19938
11/03/2008	300	3,6	2,6	0	702	20640
12/03/2008	300	0,3	0	1350	0	19290
13/03/2008	300	0	0	1500	0	17790
14/03/2008	300	0,2	0	1400	0	16390
15/03/2008	300	0	0	1500	0	14890
16/03/2008	300	0	0	1400	0	13490
17/03/2008	300	0	0	800	0	12690
18/03/2008	300	0	0	1500	0	11190
19/03/2008	300	0	0	1500	0	9690
20/03/2008	300	0	0	1500	0	8190
21/03/2008	300	0	0	1500	0	6690
22/03/2008	300	0	0	1500	0	5190
23/03/2008	300	4	3	0	810	6000
24/03/2008	300	0	0	1500	0	4500
25/03/2008	300	0	0	1500	0	3000
26/03/2008	300	0	0	1500	0	1500
27/03/2008	300	0	0	1500	0	0
28/03/2008	300	21,8	20,8	0	5616	5616
29/03/2008	300	2,7	1,7	0	459	6075
30/03/2008	300	0	0	0	0	6075
31/03/2008	300	0	0	1500	0	4575

TABELA PARA NOVEMBRO DE 2008

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/11/2008	300	0	0	1500	0	33269
02/11/2008	300	7,7	6,7	0	1809	35078
03/11/2008	300	1,1	0,1	950	27	34155
04/11/2008	300	0,1	0	1450	0	32705
05/11/2008	300	0,1	0	1450	0	31255
06/11/2008	300	0,5	0	1250	0	30005
07/11/2008	300	0	0	1500	0	28505
08/11/2008	300	0	0	1500	0	27005
09/11/2008	300	0	0	1500	0	25505
10/11/2008	300	0	0	1500	0	24005
11/11/2008	300	0	0	1500	0	22505
12/11/2008	300	0	0	1500	0	21005
13/11/2008	300	0	0	1500	0	19505
14/11/2008	300	0,1	0	1450	0	18055
15/11/2008	300	0	0	1500	0	16555
16/11/2008	300	7,9	6,9	0	1863	18418
17/11/2008	300	0,2	0	1400	0	17018
18/11/2008	300	0	0	1500	0	15518
19/11/2008	300	0,2	0	1400	0	14118
20/11/2008	300	2,6	1,6	200	432	14350
21/11/2008	300	0	0	1500	0	12850
22/11/2008	300	0,5	0	1250	0	11600
23/11/2008	300	0,8	0	1100	0	10500
24/11/2008	300	0	0	1500	0	9000
25/11/2008	300	0	0	1500	0	7500
26/11/2008	300	0	0	1500	0	6000
27/11/2008	300	0	0	1500	0	4500
28/11/2008	300	0	0	1500	0	3000
29/11/2008	300	0	0	1500	0	1500
30/11/2008	300	0	0	1500	0	0

TABELA PARA ABRIL DE 2009

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/04/2009	300	1	0	1000	0	30021
02/04/2009	300	0	0	1500	0	28521
03/04/2009	300	0	0	1500	0	27021
04/04/2009	300	0	0	1500	0	25521
05/04/2009	300	25,7	24,7	0	6669	32190
06/04/2009	300	0,3	0	0	0	32190
07/04/2009	300	0	0	0	0	32190
08/04/2009	300	0	0	1500	0	30690
09/04/2009	300	0	0	1500	0	29190
10/04/2009	300	0	0	1500	0	27690
11/04/2009	300	0	0	1500	0	26190
12/04/2009	300	0	0	1500	0	24690
13/04/2009	300	0	0	1500	0	23190
14/04/2009	300	0	0	1500	0	21690
15/04/2009	300	0	0	1500	0	20190
16/04/2009	300	0	0	1500	0	18690
17/04/2009	300	0	0	1500	0	17190
18/04/2009	300	0	0	1500	0	15690
19/04/2009	300	0	0	1500	0	14190
20/04/2009	300	4	3	0	810	15000
21/04/2009	300	0	0	1500	0	13500
22/04/2009	300	0	0	1500	0	12000
23/04/2009	300	0	0	1500	0	10500
24/04/2009	300	0	0	1500	0	9000
25/04/2009	300	0	0	1500	0	7500
26/04/2009	300	0	0	1500	0	6000
27/04/2009	300	0	0	1500	0	4500
28/04/2009	300	0	0	1500	0	3000
29/04/2009	300	0	0	1500	0	1500
30/04/2009	300	0	0	1500	0	0

TABELA PARA JUNHO DE 2009

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/06/2009	300	0	0	1500	0	19558
02/06/2009	300	0	0	1500	0	18058
03/06/2009	300	0	0	1500	0	16558
04/06/2009	300	0	0	1500	0	15058
05/06/2009	300	0	0	1500	0	13558
06/06/2009	300	0	0	1500	0	12058
07/06/2009	300	0	0	1500	0	10558
08/06/2009	300	0	0	1500	0	9058
09/06/2009	300	15,8	14,8	0	3996	13054
10/06/2009	300	1,2	0,2	0	54	13108
11/06/2009	300	0,2	0	1400	0	11708
12/06/2009	300	0	0	1500	0	10208
13/06/2009	300	0,7	0	1150	0	9058
14/06/2009	300	0,1	0	1450	0	7608
15/06/2009	300	0	0	1500	0	6108
16/06/2009	300	0	0	1500	0	4608
17/06/2009	300	3,6	2,6	0	702	5310
18/06/2009	300	3	2	0	540	5850
19/06/2009	300	0,1	0	1450	0	4400
20/06/2009	300	0,2	0	1400	0	3000
21/06/2009	300	0	0	1500	0	1500
22/06/2009	300	0	0	1500	0	0
23/06/2009	300	12,1	11,1	0	2997	2997
24/06/2009	300	15,4	14,4	0	3888	6885
25/06/2009	300	0	0	0	0	6885
26/06/2009	300	0,1	0	1450	0	5435
27/06/2009	300	0	0	1500	0	3935
28/06/2009	300	0	0	1500	0	2435
29/06/2009	300	0	0	1500	0	935
30/06/2009	300	4,6	3,6	0	972	1907

TABELA PARA JULHO DE 2009

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/07/2009	300	0	0	1500	0	17697
02/07/2009	300	0,1	0	1450	0	16247
03/07/2009	300	0	0	1500	0	14747
04/07/2009	300	0	0	1500	0	13247
05/07/2009	300	0	0	1500	0	11747
06/07/2009	300	0	0	1500	0	10247
07/07/2009	300	13,4	12,4	0	3348	13595
08/07/2009	300	5,8	4,8	0	1296	14891
09/07/2009	300	15,9	14,9	0	4023	18914
10/07/2009	300	1,9	0,9	0	243	19157
11/07/2009	300	0,1	0	0	0	19157
12/07/2009	300	0	0	1500	0	17657
13/07/2009	300	0	0	1500	0	16157
14/07/2009	300	0	0	1500	0	14657
15/07/2009	300	0	0	1500	0	13157
16/07/2009	300	3,5	2,5	0	675	13832
17/07/2009	300	4,6	3,6	0	972	14804
18/07/2009	300	0	0	1500	0	13304
19/07/2009	300	1	0	1000	0	12304
20/07/2009	300	0,1	0	1450	0	10854
21/07/2009	300	0	0	1500	0	9354
22/07/2009	300	10,8	9,8	0	2646	12000
23/07/2009	300	0	0	0	0	12000
24/07/2009	300	0	0	1500	0	10500
25/07/2009	300	0	0	1500	0	9000
26/07/2009	300	0	0	1500	0	7500
27/07/2009	300	0	0	1500	0	6000
28/07/2009	300	0	0	1500	0	4500
29/07/2009	300	0	0	1500	0	3000
30/07/2009	300	0	0	1500	0	1500
31/07/2009	300	0	0	1500	0	0

TABELA PARA ABRIL DE 2010

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/04/2010	300	0	0	1500	0	22929
02/04/2010	300	0	0	1500	0	21429
03/04/2010	300	0	0	1500	0	19929
04/04/2010	300	2,4	1,4	300	378	20007
05/04/2010	300	1,6	0,6	700	162	19469
06/04/2010	300	0,8	0	1100	0	18369
07/04/2010	300	0,8	0	1100	0	17269
08/04/2010	300	1,3	0,3	850	81	16500
09/04/2010	300	0	0	1500	0	15000
10/04/2010	300	0	0	1500	0	13500
11/04/2010	300	0	0	1500	0	12000
12/04/2010	300	0	0	1500	0	10500
13/04/2010	300	0	0	1500	0	9000
14/04/2010	300	0	0	1500	0	7500
15/04/2010	300	0	0	1500	0	6000
16/04/2010	300	0	0	1500	0	4500
17/04/2010	300	0	0	1500	0	3000
18/04/2010	300	0	0	1500	0	1500
19/04/2010	300	0	0	1500	0	0
20/04/2010	300	5,5	4,5	0	1215	1215
21/04/2010	300	4,1	3,1	0	837	2052
22/04/2010	300	0,9	0	1050	0	1002
23/04/2010	300	23,2	22,2	0	5994	6996
24/04/2010	300	1,6	0,6	0	162	7158
25/04/2010	300	3	2	0	540	7698
26/04/2010	300	17,7	16,7	0	4509	12207
27/04/2010	300	8,7	7,7	0	2079	14286
28/04/2010	300	0	0	0	0	14286
29/04/2010	300	0	0	1500	0	12786
30/04/2010	300	0	0	1500	0	11286

TABELA PARA OUTUBRO DE 2010

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/10/2010	300	0	0	1500	0	20588
02/10/2010	300	0	0	1500	0	19088
03/10/2010	300	0	0	1500	0	17588
04/10/2010	300	0	0	1500	0	16088
05/10/2010	300	0	0	1500	0	14588
06/10/2010	300	0	0	1500	0	13088
07/10/2010	300	12,5	11,5	0	3105	16193
08/10/2010	300	28,7	27,7	0	7479	23672
09/10/2010	300	2,3	1,3	0	351	24023
10/10/2010	300	0	0	0	0	24023
11/10/2010	300	0	0	1500	0	22523
12/10/2010	300	0	0	1500	0	21023
13/10/2010	300	0	0	1500	0	19523
14/10/2010	300	0,5	0	1250	0	18273
15/10/2010	300	0,9	0	1050	0	17223
16/10/2010	300	0	0	1500	0	15723
17/10/2010	300	0	0	1500	0	14223
18/10/2010	300	0	0	1500	0	12723
19/10/2010	300	0	0	1500	0	11223
20/10/2010	300	0	0	1500	0	9723
21/10/2010	300	0	0	1500	0	8223
22/10/2010	300	0	0	1500	0	6723
23/10/2010	300	10,8	9,8	0	2646	9369
24/10/2010	300	0	0	0	0	9369
25/10/2010	300	0	0	1500	0	7869
26/10/2010	300	0	0	1500	0	6369
27/10/2010	300	0,8	0	1100	0	5269
28/10/2010	300	0	0	1500	0	3769
29/10/2010	300	0	0	1500	0	2269
30/10/2010	300	1,3	0,3	850	81	1500
31/10/2010	300	0	0	1500	0	0

TABELA PARA NOVEMBRO DE 2010

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/11/2010	300	0	0	1500	0	21881
02/11/2010	300	0	0	1500	0	20381
03/11/2010	300	0	0	1500	0	18881
04/11/2010	300	0	0	1500	0	17381
05/11/2010	300	0,6	0	1200	0	16181
06/11/2010	300	0	0	1500	0	14681
07/11/2010	300	0	0	1500	0	13181
08/11/2010	300	0	0	1500	0	11681
09/11/2010	300	0	0	1500	0	10181
10/11/2010	300	24,4	23,4	0	6318	16499
11/11/2010	300	0	0	0	0	16499
12/11/2010	300	0	0	1500	0	14999
13/11/2010	300	0	0	1500	0	13499
14/11/2010	300	0	0	1500	0	11999
15/11/2010	300	0	0	1500	0	10499
16/11/2010	300	0	0	1500	0	8999
17/11/2010	300	0	0	1500	0	7499
18/11/2010	300	0	0	1500	0	5999
19/11/2010	300	0	0	1500	0	4499
20/11/2010	300	0	0	1500	0	2999
21/11/2010	300	0	0	1500	0	1499
22/11/2010	300	2,3	1,3	350	351	1500
23/11/2010	300	0	0	1500	0	0
24/11/2010	300	18,9	17,9	0	4833	4833
25/11/2010	300	7,6	6,6	0	1782	6615
26/11/2010	300	12,4	11,4	0	3078	9693
27/11/2010	300	0,1	0	0	0	9693
28/11/2010	300	0	0	1500	0	8193
29/11/2010	300	4,6	3,6	0	972	9165
30/11/2010	300	1,2	1,2	900	324	8589

TABELA PARA SETEMBRO DE 2011

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/09/2011	300	0	0	1500	0	18385
02/09/2011	300	0	0	1500	0	16885
03/09/2011	300	0	0	1500	0	15385
04/09/2011	300	0	0	1500	0	13885
05/09/2011	300	5,4	4,4	0	1188	15073
06/09/2011	300	17,5	16,5	0	4455	19528
07/09/2011	300	0	0	0	0	19528
08/09/2011	300	0	0	1500	0	18028
09/09/2011	300	2,9	1,9	50	513	18491
10/09/2011	300	0,6	0	1200	0	17291
11/09/2011	300	0	0	1500	0	15791
12/09/2011	300	0	0	1500	0	14291
13/09/2011	300	0	0	1500	0	12791
14/09/2011	300	0	0	1500	0	11291
15/09/2011	300	0	0	1500	0	9791
16/09/2011	300	0	0	1500	0	8291
17/09/2011	300	0	0	1500	0	6791
18/09/2011	300	4	3	0	810	7601
19/09/2011	300	1,7	0,7	650	189	7140
20/09/2011	300	15,6	14,6	0	3942	11082
21/09/2011	300	0,9	0	0	0	11082
22/09/2011	300	0	0	1500	0	9582
23/09/2011	300	0	0	1500	0	8082
24/09/2011	300	4,4	3,4	0	918	9000
25/09/2011	300	0	0	1500	0	7500
26/09/2011	300	0	0	1500	0	6000
27/09/2011	300	0	0	1500	0	4500
28/09/2011	300	0	0	1500	0	3000
29/09/2011	300	0	0	1500	0	1500
30/09/2011	300	0	0	1500	0	0

TABELA PARA NOVEMBRO DE 2011

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/11/2011	300	0	0	1500	0	35031
02/11/2011	300	0	0	1500	0	33531
03/11/2011	300	0	0	1500	0	32031
04/11/2011	300	0	0	1500	0	30531
05/11/2011	300	0	0	1500	0	29031
06/11/2011	300	0	0	1500	0	27531
07/11/2011	300	0	0	1500	0	26031
08/11/2011	300	0	0	1500	0	24531
09/11/2011	300	0	0	1500	0	23031
10/11/2011	300	2,7	1,7	150	459	23340
11/11/2011	300	3,8	2,8	0	756	24096
12/11/2011	300	0	0	1500	0	22596
13/11/2011	300	0	0	1500	0	21096
14/11/2011	300	0	0	1500	0	19596
15/11/2011	300	0	0	1500	0	18096
16/11/2011	300	0	0	1500	0	16596
17/11/2011	300	0	0	1500	0	15096
18/11/2011	300	0	0	1500	0	13596
19/11/2011	300	0	0	1500	0	12096
20/11/2011	300	0	0	1500	0	10596
21/11/2011	300	0	0	1500	0	9096
22/11/2011	300	4	3	0	810	9906
23/11/2011	300	3,2	2,2	0	594	10500
24/11/2011	300	0	0	1500	0	9000
25/11/2011	300	0	0	1500	0	7500
26/11/2011	300	0	0	1500	0	6000
27/11/2011	300	0	0	1500	0	4500
28/11/2011	300	0	0	1500	0	3000
29/11/2011	300	0	0	1500	0	1500
30/11/2011	300	0	0	1500	0	0

TABELA PARA MAIO DE 2012

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/05/2012	300	0	0	1500	0	33412
02/05/2012	300	0,3	0	1350	0	32062
03/05/2012	300	0	0	1500	0	30562
04/05/2012	300	0,1	0	1450	0	29112
05/05/2012	300	0	0	1500	0	27612
06/05/2012	300	0	0	1500	0	26112
07/05/2012	300	0	0	1500	0	24612
08/05/2012	300	0,1	0	1450	0	23162
09/05/2012	300	0	0	1500	0	21662
10/05/2012	300	0	0	1500	0	20162
11/05/2012	300	0	0	1500	0	18662
12/05/2012	300	20,4	19,4	0	5238	23900
13/05/2012	300	0	0	0	0	23900
14/05/2012	300	0	0	1500	0	22400
15/05/2012	300	0	0	1500	0	20900
16/05/2012	300	0	0	1500	0	19400
17/05/2012	300	0	0	1500	0	17900
18/05/2012	300	0	0	1500	0	16400
19/05/2012	300	0	0	1500	0	14900
20/05/2012	300	0	0	1500	0	13400
21/05/2012	300	0	0	1500	0	11900
22/05/2012	300	0	0	1500	0	10400
23/05/2012	300	0	0	1500	0	8900
24/05/2012	300	0	0	1500	0	7400
25/05/2012	300	0	0	1500	0	5900
26/05/2012	300	0,1	0	1450	0	4450
27/05/2012	300	0,1	0	1450	0	3000
28/05/2012	300	0	0	1500	0	1500
29/05/2012	300	0	0	1500	0	0
30/05/2012	300	14,4	13,4	0	3618	3618
31/05/2012	300	0,2	0	0	0	3618

TABELA PARA JUNHO DE 2012

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/05/2012	300	0	0	1500	0	27561
02/05/2012	300	0	0	1500	0	26061
03/05/2012	300	9,3	8,3	0	2241	28302
04/05/2012	300	1,5	0,5	0	135	28437
05/05/2012	300	0,2	0	1400	0	27037
06/05/2012	300	0	0	1500	0	25537
07/05/2012	300	0	0	1500	0	24037
08/05/2012	300	0	0	1500	0	22537
09/05/2012	300	0	0	1500	0	21037
10/05/2012	300	0	0	1500	0	19537
11/05/2012	300	0,4	0	1300	0	18237
12/05/2012	300	0	0	1500	0	16737
13/05/2012	300	0	0	1500	0	15237
14/05/2012	300	0	0	1500	0	13737
15/05/2012	300	0	0	1500	0	12237
16/05/2012	300	0	0	1500	0	10737
17/05/2012	300	0,6	0	1200	0	9537
18/05/2012	300	10,7	9,7	0	2619	12156
19/05/2012	300	2,9	1,9	0	513	12669
20/05/2012	300	0,1	0	0	0	12669
21/05/2012	300	0	0	1500	0	11169
22/05/2012	300	0,1	0	1450	0	9719
23/05/2012	300	1,3	0,3	850	81	8950
24/05/2012	300	0,1	0	1450	0	7500
25/05/2012	300	0	0	1500	0	6000
26/05/2012	300	0	0	1500	0	4500
27/05/2012	300	0	0	1500	0	3000
28/05/2012	300	0	0	1500	0	1500
29/05/2012	300	0	0	1500	0	0
30/05/2012	300	4,7	3,7	0	999	999

TABELA PARA NOVEMBRO DE 2012

DIA DO MÊS	ÁREA (m ²)	PRECIPITAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO PARA CAPTAÇÃO (mm)	DEMANDA (L)	VOLUME DE ÁGUA CAPTADA (L)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (L)
01/11/2012	300	0	0	1500	0	28057
02/11/2012	300	0	0	1500	0	26557
03/11/2012	300	0	0	1500	0	25057
04/11/2012	300	0	0	1500	0	23557
05/11/2012	300	0	0	1500	0	22057
06/11/2012	300	0	0	1500	0	20557
07/11/2012	300	0	0	1500	0	19057
08/11/2012	300	0	0	1500	0	17557
09/11/2012	300	0	0	1500	0	16057
10/11/2012	300	0	0	1500	0	14557
11/11/2012	300	0	0	1500	0	13057
12/11/2012	300	4,9	3,9	0	1053	14110
13/11/2012	300	6,2	5,2	0	1404	15514
14/11/2012	300	0	0	0	0	15514
15/11/2012	300	0,1	0	1450	0	14064
16/11/2012	300	0	0	1500	0	12564
17/11/2012	300	0	0	1500	0	11064
18/11/2012	300	0	0	1500	0	9564
19/11/2012	300	0	0	1500	0	8064
20/11/2012	300	1,5	0,5	750	135	7449
21/11/2012	300	0	0	1500	0	5949
22/11/2012	300	0	0	1500	0	4449
23/11/2012	300	4	3	0	810	5259
24/11/2012	300	9,3	8,3	0	2241	7500
25/11/2012	300	0	0	0	0	7500
26/11/2012	300	0	0	1500	0	6000
27/11/2012	300	0	0	1500	0	4500
28/11/2012	300	0	0	1500	0	3000
29/11/2012	300	0	0	1500	0	1500
30/11/2012	300	0	0	1500	0	0