

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

EDUARDA DE MELO DONICHT

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM PRÉDIOS DA UNIPAMPA - CAMPUS
ALEGRETE (RS)**

**Alegrete
2014**

EDUARDA DE MELO DONICHT

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM PRÉDIOS DA UNIPAMPA - CAMPUS
ALEGRETE (RS)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fátima Cibele
Soares

**Alegrete
2014**

EDUARDA DE MELO DONICHT

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS
PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM PRÉDIOS DA UNIPAMPA - CAMPUS
ALEGRETE (RS)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 22/08/2014

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Fátima Cibele Soares
Orientadora
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Adriana Gindri Salbego
UNIPAMPA

Prof^a. Me. Elvira Luiza Arantes Ribeiro Mancini
UNIPAMPA

RESUMO

O problema da escassez de água é uma questão que vem sendo bastante discutida na atualidade. O maior desafio é atender à crescente demanda de água e ao mesmo tempo preservar este recurso. O aproveitamento de água da chuva é uma alternativa que proporciona redução da demanda de água potável, minimizando problemas relacionados à disponibilidade dos recursos hídricos. Dentro deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade da utilização de águas pluviais para fins não potáveis na Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete (RS), através da sua coleta e armazenamento em reservatórios. Além disso, este estudo buscou avaliar o potencial econômico gerado através da substituição da água potável, pelo uso de águas pluviais, para os fins não potáveis, como as descargas dos banheiros e a limpeza do Campus. Para a realização da pesquisa, foram escolhidos três blocos da Universidade, o Bloco Acadêmico 1, o Bloco Acadêmico 2 e o Bloco Administrativo, que já possuem toda a estrutura instalada para o uso de água da chuva, nas descargas das bacias sanitárias e mictórios. Foi avaliada a necessidade da instalação de novos reservatórios, visando atender toda a demanda não potável da Universidade. Para isso, foram coletados dados referentes à oferta de chuva em Alegrete/RS, que apresentou-se como uma região onde as chuvas são bem distribuídas, com precipitações médias mensais de 125 mm. Também, foi levantado o consumo anual de água na Universidade, apresentando valores próximos a 200 m³/mês. Logo após, foi realizada a estimativa das demandas de água não potável, correspondentes a 150 m³/mês. Com todos os dados obtidos, foi realizado o dimensionamento do reservatório de armazenamento, que resultou em 95 m³. Em seguida, foram propostas sugestões para a correta instalação dos novos reservatórios, além da adequação dos já existentes no Campus. Por fim, foi realizada a análise econômica do investimento, que se mostrou bastante viável, já que o reservatório apresentou um custo aproximado de R\$ 27.200,00, gerando um período de retorno de investimento de apenas 1 ano e 1 mês. Além disso, com a instalação do sistema, seria economizado mensalmente, em gastos com água potável, R\$ 1.490,00, o equivalente a uma redução de 76%.

Palavras-Chave: águas pluviais, uso não potável, viabilidade econômica

ABSTRACT

The problem of water scarcity is an issue that has been much discussed today. The biggest challenge is to meet the growing demand for water while preserving this resource. The use of rainwater is an alternative that provides a reduction in demand for potable water, minimizing problems related to availability of water resources. Within this context, this study aimed to examine the feasibility of using rainwater for non-potable purposes at the Federal University of Pampa - Campus Alegrete (RS) through its collection and storage reservoirs. Additionally, this study sought to evaluate the economic potential generated by replacing the drinking water, the use of rainwater for non-potable purposes, such as discharges from toilets and cleaning the campus. For the research, three blocks were chosen from the University, the Academic Block 1, Block 2 Academic and Administrative Block, who already have the entire structure installed for the use of rainwater in the discharges of sanitary basins and urinals. The need to install new reservoirs was evaluated, to meet all the demands of non-potable University. For this, data concerning the provision of rain in Alegrete/RS, which presented itself as a region where rainfall is well distributed, with average monthly rainfall of 125 mm were collected. It has also raised the annual water consumption at the University, with near 200 m³/month values. Soon after, the estimation of non-potable water demands, corresponding to 150 m³/month was performed. With all the data, the sizing of the storage tank, which resulted in 95 m³ was performed. Then suggestions were proposed for proper installation of new reservoirs, the adequacy of the existing Campus. Finally, the economic analysis of investment, which proved quite feasible, since the reservoir showed a cost of approximately R\$ 27.200,00, resulting in a payback period of only 1 year and 1 month was performed. In addition, with the installation of the system on a monthly basis would be saved, spent on drinking water, R\$ 1.490,00, equivalent to a reduction of 76%.

Keywords: stormwater, non-potable use, economic viability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico.....	16
Figura 2 - Disponibilidade de água na Terra.....	17
Figura 3 - Distribuição da população e dos recursos hídricos por região.....	18
Figura 4 - Represa Jaguari-Jacareí na cidade de Vargem (SP).....	19
Figura 5 - Esquema de cisterna construída na zona rural.....	22
Figura 6 - Esquema do aproveitamento de águas pluviais em fábrica.....	23
Figura 7 - Vista lateral do Residencial Sapato Florido.....	26
Figura 8 - Exemplo de sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais.....	27
Figura 9 - Sistema de coleta de águas pluviais combinado com água potável.....	28
Figura 10 - Áreas de captação de águas pluviais.....	29
Figura 11 - Transporte da água da chuva para o sistema de armazenamento.....	30
Figura 12 - Sistema de grade sobre a calha.....	31
Figura 13 - Esquema de filtro de água da chuva.....	31
Figura 14 - Reservatório de autolimpeza com torneira bóia.....	32
Figura 15 - Reservatório de autolimpeza com tonel.....	32
Figura 16 - Sistema de coleta de águas pluviais para uso na irrigação de jardim.....	38
Figura 17 - Sistema de coleta de águas pluviais com múltiplos reservatórios.....	38
Figura 18 - Vista aérea lateral do Campus.....	46
Figura 19 - Vista aérea frontal do Bloco Acadêmico 2, Bloco Acadêmico 1 e do Bloco Administrativo, respectivamente.....	47
Figura 20 - Reservatórios inferiores.....	48
Figura 21 - Bacia sanitária.....	49
Figura 22 - Mictórios.....	49
Figura 23 - Corredores.....	50
Figura 24 - Precipitação média acumulada mensal em Alegrete/RS (1961 - 1990) ..	59
Figura 25 - Consumo de água mensal em 2013.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferentes níveis de tratamento da água exigidos conforme o uso	35
Quadro 2 - Métodos para tratamento da água da chuva	36
Quadro 3 - Frequência em que deve ser realizada a manutenção.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Obras de captação de água da chuva no Brasil	24
Tabela 2 - Demanda residencial não potável interna.....	39
Tabela 3 - Demanda residencial não potável externa.....	39
Tabela 4 - Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado	40
Tabela 5 - Valores do coeficiente de escoamento superficial	41
Tabela 6 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl	54
Tabela 7 - Áreas de coberturas dos prédios analisados	57
Tabela 8 - Dados pluviométricos de Alegrete/RS - Média histórica (normal climatológica 1961 - 1990)	58
Tabela 9 - Valores de consumo de água potável mensal no Campus em 2013	60
Tabela 10 - Consumo de água usada na limpeza do Campus (C _(LIMPEZA))	62
Tabela 11 - Consumo total de água não potável no Campus em 2013	62
Tabela 12 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl	63
Tabela 13 - Resultados obtidos com a instalação dos reservatórios	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização do tema	11
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo Geral.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
1.3 Justificativa.....	13
1.4 Estrutura do Trabalho	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Ciclo da água na natureza	15
2.2 Recursos hídricos no mundo.....	16
2.3 Aproveitamento de água de chuva	20
2.3.1 Histórico mundial do aproveitamento de água de chuva	20
2.3.2 Legislações sobre o aproveitamento de água de chuva	24
2.4 Sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais.....	26
2.4.1 Áreas de captação.....	29
2.4.2 Calhas e condutores verticais.....	30
2.4.3 Dispositivos para filtragem	30
2.4.4 Reservatórios de armazenamento e sistemas de distribuição	33
2.4.5 Tratamento da água da chuva e manutenção do sistema	34
2.4.6 Coleta de águas pluviais para uso na irrigação e limpeza de sanitários ..	37
2.5 Dimensionamento do reservatório de águas pluviais.....	39
2.5.1 Previsão do consumo de água.....	39
2.5.2 Coeficiente de escoamento superficial	40
2.5.3 Métodos para o dimensionamento do reservatório de armazenamento ...	41
2.5.3.1 Método de Rippl.....	42
2.5.3.2 Método da simulação	42
2.5.3.3 Método Azevedo Neto	43
2.5.3.4 Método prático alemão	44
2.5.3.5 Método Prático Inglês	44
2.5.3.6 Método prático australiano.....	44
3 METODOLOGIA	46
3.1 Identificação do local de estudo	46

3.2 Caracterização das áreas de cobertura.....	50
3.3 Levantamento dos dados pluviométricos.....	51
3.4 Previsão do consumo de água.....	51
3.5 Estimativa do consumo de água não potável.....	51
3.6 Dimensionamento dos reservatórios e adequação para o uso.....	53
3.7 Análise econômica.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
4.1 Áreas de captação.....	57
4.2 Análise dos dados pluviométricos.....	57
4.3 Dados do consumo de água potável.....	59
4.4 Estimativas dos consumos de água para fins não potáveis.....	61
4.5 Dimensionamento do reservatório.....	63
4.6 Sugestões para adequação dos novos reservatórios e dos existentes.....	64
4.7 Análise econômica.....	65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
5.1 Considerações finais.....	67
5.2 Recomendações para trabalhos futuros.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

A água é fundamental para a manutenção da vida, e, desde os primórdios, ela é utilizada pelo homem como recurso para múltiplas finalidades. No entanto, mesmo na atualidade, ela não está acessível a todos.

Apesar de a água doce ainda existir em grande quantidade no planeta, o que ocorre é a má distribuição populacional em função das reservas hídricas. Os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado, onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Além disso, as características do ciclo hidrológico não são homogêneas, o que contribui para a distribuição desigual da água no planeta.

Outro fator preocupante é o crescimento populacional acelerado e desordenado, principalmente nos grandes centros urbanos. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2013), a atual população mundial é estimada em aproximadamente 7,2 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 9,6 bilhões em 2050, o que poderá causar a falta de água potável para 55% da humanidade. Preocupada com o futuro do planeta, a ONU definiu 2013 como o Ano Internacional de Cooperação pela Água.

O desenvolvimento das atividades econômicas e a manutenção das condições de qualidade de vida da população dependem da conscientização da importância desse insumo vital e, respectivamente, de seu uso de forma racional por todos os setores (doméstico, agrícola e industrial). Para isso, é preciso que sejam realizados investimentos em desenvolvimento tecnológico, bem como ações para a eficiente gestão da demanda, reduzindo os índices de perdas e desperdícios, muitas vezes inconscientes. Também, faz-se necessária a busca de soluções alternativas para a ampliação da oferta de água.

Uma das soluções mais viáveis e vantajosas é o aproveitamento de água da chuva, através da sua captação e armazenamento em reservatórios, pois contribui para diminuição do volume consumido de água tratada, proporcionando economia financeira para o usuário. Além disso, a retenção de parte do volume precipitado contribui para a diminuição do escoamento superficial ajudando a evitar enchentes, sendo a principal razão de seu uso em grandes cidades. As águas pluviais podem ser

destinadas para vários fins, principalmente para usos considerados não potáveis, como descargas de bacias sanitárias, limpeza em geral e para a irrigação de plantas.

Pesquisas apontam que o aproveitamento de águas pluviais se torna mais viável quando o consumo de água não potável é elevado, como no caso de indústrias, edifícios públicos, escolas, universidades, entre outros. Deste modo, as universidades são uma fonte potencial para a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, pois geralmente apresentam grandes áreas de captação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade técnica do uso de águas pluviais para fins não potáveis, na Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete (RS), visando à redução do consumo de água potável na Universidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar a área em estudo;
- ✓ Realizar o levantamento dos dados pluviométricos da região;
- ✓ Estimar o consumo mensal de água no Campus;
- ✓ Definir o destino que será dado à água da chuva captada;
- ✓ Analisar os possíveis locais onde o sistema pode ser implantado;
- ✓ Verificar se a água da chuva irá suprir a demanda;
- ✓ Apresentar o dimensionamento de reservatórios para o sistema de aproveitamento da água da chuva, bem como adequação dos já existentes na Universidade;
- ✓ Analisar a viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial no Campus.

1.3 Justificativa

Diante da crise mundial vivida com relação à escassez de água, é necessário que sejam tomadas medidas por parte de cada um para que este cenário mude. Nada mais plausível que aplicar um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em uma instituição de ensino, que é um meio que transmite informações a um grande número de pessoas. O objetivo da implantação do sistema na UNIPAMPA - Campus Alegrete é conscientizar a comunidade acadêmica da importância da sustentabilidade, e que medidas como a conservação da água precisam ser realizadas para que o futuro do planeta não seja comprometido.

Além disso, as áreas cobertas da Universidade, apresentam-se como locais de alto potencial para coleta de águas pluviais. A água armazenada poderá atender aos fins não potáveis, como descargas em sanitários e limpeza do Campus. Assim, contribuindo para a redução do volume de água tratada utilizada, uma vez que o total de água gasto nestes usos são elevados, devido ao grande número de pessoas que circulam diariamente na Universidade e a sua grandiosa estrutura.

1.4 Estrutura do Trabalho

A estrutura deste trabalho é desenvolvida ao longo de 5 capítulos.

No capítulo 1 é introduzido o assunto a ser estudado, apresentando os objetivos do trabalho, além da justificativa da importância do tema.

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, onde são abordados primeiramente alguns conceitos relacionados ao ciclo da água, a disponibilidade hídrica no mundo e a importância do aproveitamento de água de chuva, com um breve histórico de como ele ocorreu no planeta. Na sequência, são relatadas algumas legislações vigentes no Brasil sobre a reutilização de água. E por fim, de acordo com as referências apresentadas em trabalhos nacionais e estrangeiros relativos ao assunto, foram destacados tópicos relativos ao sistema de aproveitamento de águas pluviais e os aspectos técnicos necessários para a sua implantação.

O capítulo 3 contém a descrição da metodologia adotada e elaborada para a execução da pesquisa, sendo baseada na descrição cronológica de todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Já o capítulo 4 apresenta os resultados obtidos na pesquisa, como os valores de precipitações médias, dados de consumo de água potável da Universidade, o levantamento da demanda de água para fins não potáveis. Também consta, o dimensionamento do reservatório necessário para a captação das águas pluviais. Por fim, há o cálculo do quanto pode ser economizado com a utilização da água da chuva em substituição a água potável.

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as considerações finais obtidas no estudo desenvolvido. Também são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Ciclo da água na natureza

A ciência que trata do estudo da água na natureza é a Hidrologia. Ela abrange, em especial, propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, na superfície da Terra e no subsolo. Sua importância é facilmente compreensível quando se considera o papel da água na vida humana. Ainda que os fenômenos hidrológicos mais comuns como as chuvas e o escoamento dos rios, possam parecer suficientemente conhecidos, devido à regularidade com que se verificam, basta lembrar os efeitos catastróficos, das grandes cheias e estiagens, para constatar o inadequado domínio do homem sobre as leis naturais que regem aqueles fenômenos, e a necessidade de se aprofundar o seu conhecimento (PINTO et al., 1976).

A água pode ser encontrada em estado sólido, líquido ou gasoso; na atmosfera, na superfície da Terra, no subsolo ou nas grandes massas constituídas pelos oceanos, mares e lagos (PINTO et al., 1976). A sua constante movimentação gera o ciclo hidrológico, que pode ser definido como o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação da terra (TUCCI, 2009).

Pode-se começar a descrever o ciclo hidrológico a partir da água que precipita em forma de chuva, neve ou gelo, e é interceptada pela vegetação, escoada pela superfície dos terrenos, ou infiltra-se no solo, onde será transpirada pelas plantas. Em seguida ela evapora dos oceanos, rios e lagos para a atmosfera, onde torna a precipitar-se, e assim sucessivamente, conforme mostra a Figura 1 (TUCCI, 2009).

Figura 1 - Ciclo hidrológico



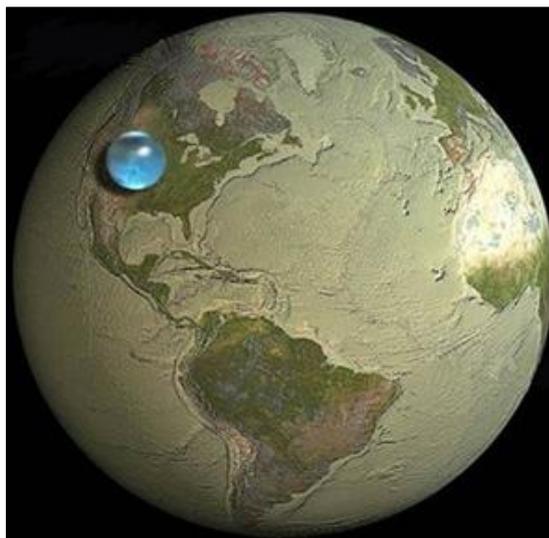
Fonte: Evans (2006, não paginado)

2.2 Recursos hídricos no mundo

A quantidade de água na Terra é praticamente a mesma, nos últimos 500 milhões de anos, e totaliza 1.386 milhões de km³, cobrindo cerca de 70% da superfície terrestre. Deste total, 97,50% é água salgada, portanto, indisponível para consumo humano imediato, e o restante, 2,50%, o equivalente a 35 milhões de km³, é de água doce. Com relação a esta última tem-se que: 69% estão sob a forma de geleiras glaciais, calotas polares e neves; 30% sob a forma de águas subterrâneas, 0,30% em rios e lagos e 0,70% encontram-se sob outras formas (vapor, pantanais e umidade de solo) (REBOUÇAS, 1999).

A água está por todas as partes do planeta sob as mais variadas formas, cobrindo mais da metade da superfície terrestre. Acontece que quando se compara a disponibilidade deste precioso recurso natural com o tamanho da Terra, surpresa: há pouquíssima água no mundo. Para que se tenha uma noção visual, a Figura 2 compara a disponibilidade de água com o tamanho da Terra (BARBOSA, 2012).

Figura 2 - Disponibilidade de água na Terra



Fonte: Barbosa (2012, não paginado)

Além da pouca quantidade de água disponível no mundo, a sua distribuição, tanto espacial quanto temporal, ainda é irregular, devido aos fatores climáticos, geográficos e meteorológicos. No entanto, a demanda pela água, pelos seres vivos, é regular.

Deste modo, para que se consiga suprir a demanda, por este recurso, há a necessidade de intervenção do homem, neste processo natural, com o objetivo de regularização da oferta, a fim de que a demanda sempre seja atendida.

De acordo com Rosa; Fraceto; Moschini-Carlos (2012), no ano de 2000 houve um aumento significativo da disponibilidade de água potável e esgotamento sanitário. Porém, 1 bilhão de pessoas ainda não tem acesso à água tratada, e mais de 2 bilhões de pessoas não tem nenhum tipo de saneamento básico, devido principalmente ao aumento da população, o que dificulta as ações governamentais para melhorar esses problemas.

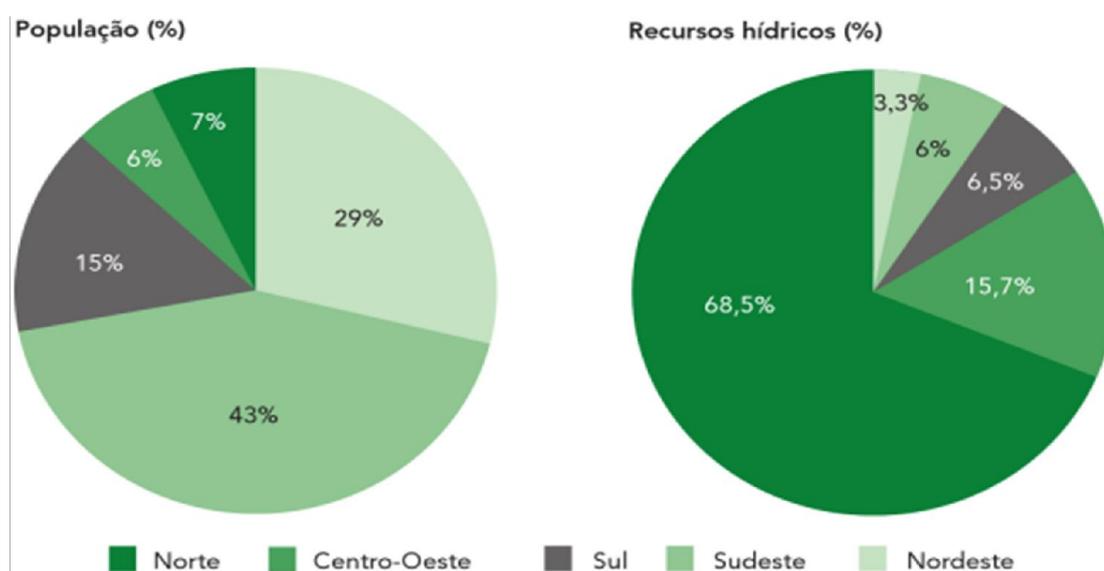
Devido à falta de acesso à água potável e à inexistência de qualquer forma de esgotamento sanitário, morrem aproximadamente 8 milhões de pessoas por ano no mundo (CAMDESSUS et al., 2005).

No Brasil existe uma das maiores bacias hídricas do planeta, possuindo um quinto de toda a reserva global. Conforme o ranking divulgado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO, 2003) sobre a quantidade anual de água disponível per capita, envolvendo 180 países, o Brasil

aparece na 25ª posição, com 48.314 m³/hab/ano.

Sabe-se, porém, que a distribuição de água no país é desigual, pois a maior parte desse recurso encontra-se em regiões com baixa densidade populacional (região Norte), sendo frequentes os problemas de abastecimento nas regiões mais populosas (grandes capitais da região Sudeste). A Figura 3 apresenta a distribuição da população e dos recursos hídricos por região no Brasil (ROSA; FRACETO; MOSCHINI-CARLOS, 2012).

Figura 3 - Distribuição da população e dos recursos hídricos por região



Fonte: Rosa; Fraceto; Moschini-Carlos (2012, p. 109)

A partir da Figura 3, pode-se notar que a região Norte possui uma população pequena (7%), e o maior volume de recursos hídricos (68,5%), representando um excedente de água para a região. Já a região Sudeste contém uma população de 43%, possuindo somente 6% dos recursos hídricos disponíveis. A região Sul apresenta características semelhantes às do Sudeste com 6,5% de recursos hídricos, porém, em proporções menores em relação à população (15%). Na região Centro-Oeste ocorre excesso de recursos hídricos (15,7%), se comparado à população de 6%. E por fim, na região Nordeste acontece o oposto ao Centro-Oeste, tendo uma população de 29% e recursos hídricos de apenas 3,3%, provocando um cenário de escassez de água, muitas vezes, em condições extremas (ROSA; FRACETO; MOSCHINI-CARLOS, 2012).

É de conhecimento de todos a devastação desenfreada que a Amazônia (AM) vem sofrendo. O que muitos não sabem, é que o desmatamento afeta diretamente na disponibilidade de chuvas nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Isto porque, a Amazônia, como visto na Figura 3, apresenta a maior quantidade de recursos hídricos no país, e por isso bombeia para a atmosfera a umidade que vai se transformar em chuva nas respectivas regiões. Portanto, quanto maior o desmatamento, menos umidade e, assim, menos chuva. E sem chuva, os reservatórios ficam vazios, causando a falta de água à população (VIANA, 2014).

São Paulo (SP) vive atualmente, a pior crise hídrica de sua história, já que o conjunto de açudes que abastece a cidade, entre outras, o chamado sistema Cantareira, está com seu nível de água abaixo de 15% da capacidade (Figura 4). A população já enfrenta um rodízio de 3 dias sem água para cada 1,5 dia com abastecimento (ELY, 2014).

Figura 4 - Represa Jaguari-Jacareí na cidade de Vargem (SP)



Fonte: Ely (2014, não paginado)

A Figura 4 representa a situação em que encontram-se os 8 rios que fornecem a água para o sistema Cantareira. A imagem compare-se a situação de seca vivida na região que mais sofre com a falta de água, a região Nordeste.

Com toda esta problemática da escassez da água faz-se necessário a utilização de meios que visem o seu reaproveitamento. Sendo assim, o uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais fornece vários benefícios, pois

possibilitam reduzir o consumo de água potável, diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, além de minimizar riscos de cheias e preservar o meio ambiente.

2.3 Aproveitamento de água de chuva

Segundo o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP) (2005) o aproveitamento de águas pluviais é a coleta de água da chuva diretamente da superfície em que esta cai. Caso contrário, esta água seria encaminhada diretamente para o esgoto ou seria perdida por evaporação, transpiração, etc. Uma vez realizada a coleta e o armazenamento, esta água pode ser utilizada para fins não potáveis, o que inclui descargas sanitárias, rega de jardins, lavagens de veículos e pátios.

A viabilidade da implantação do sistema de armazenamento de água da chuva depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação, demanda de água, condições ambientais locais, clima e fatores econômicos (MELO, 2012).

A água coletada pode ser armazenada em açudes e reservatórios ou cisternas. A solução mais viável é a utilização de reservatórios, pois estes conseguem manter uma maior qualidade da água (SILVA, 2012).

Tomaz (2003) afirma que pode-se estimar uma economia de 30% de água pública quando se utiliza água de chuva.

Apesar desta solução ser atrativa do ponto de vista ecológico, é preciso ficar atento à qualidade da água pluvial recolhida e armazenada, devido aos potenciais riscos para a saúde pública resultantes de contaminantes químicos e microrganismos (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005).

2.3.1 Histórico mundial do aproveitamento de água de chuva

Apesar de parecer algo novo, a utilização da água de chuva para suprir a demanda de água das atividades humanas, acontece há milhares de anos. A data que esta técnica surgiu não é conhecida com precisão, mas há registros que mostram a

existência de estruturas para o armazenamento de água da chuva anteriores a 3.000 a.C., sendo encontradas em diversos locais, incluindo o deserto de Negev em Israel, Índia, Grécia, Itália, Egito, Turquia e México (KRISHNA et al., 2002, tradução nossa).

Os primeiros sistemas de abastecimento coletivo começaram com os nômades, que após abandonar os hábitos de coleta e caça, dedicaram-se à agricultura e ao convívio em comunidades, sendo necessária maior utilização de água para o preparo de alimentos, limpeza, evacuação de dejetos e irrigação. Com isso, foram criadas soluções para atender essas novas necessidades, como a captação, armazenamento e canalização das águas pluviais (HELLER E PADUA, 2006).

Na França em 1703, houve inovação nos sistemas de captação da água pluvial quando Philippe La Hire desenvolveu equipamentos como um filtro de areia e um reservatório que tratava e armazenava água das chuvas de Paris para uso residencial (VIDAL, 2002, tradução nossa).

Segundo Silva et al. (1988) são encontradas na Ásia e no Norte da África verdadeiras obras de arte com relação à captação de águas da chuva. Estas instalações até hoje estão em atividade, coletando a água da chuva de telhados ou da superfície da terra e transportando para grandes cisternas.

Nos Estados Unidos da América, é obrigatório o aproveitamento de águas pluviais nos edifícios novos em Tucson, no condado de Santa Fé e em outras cidades, como San Antonio, Texas, existindo benefícios fiscais para quem adotar estes sistemas (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005, tradução nossa).

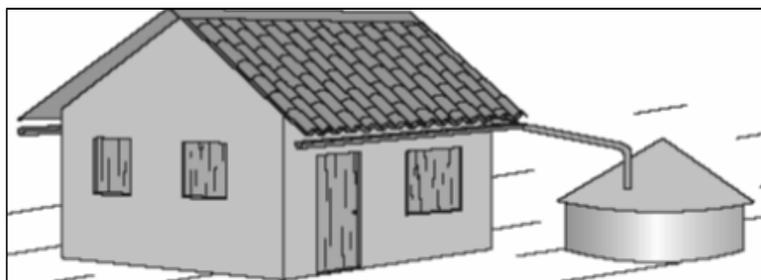
Na América do Sul, Heller e Padua (2006) descrevem que o povo Inca utilizava reservatórios de água e sistemas de banho, onde a água era conduzida através de condutos perfurados em rocha.

No Brasil, Rebello (2004) ressalta que até os anos 30, era comum a existência de casas com reservatórios para armazenamento de águas pluviais, porém, com o passar dos anos, este método deixou de ser utilizado em razão da construção das redes de abastecimento público.

O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB, 2006) afirma que o processo de coleta e armazenamento de água da chuva é muito usado principalmente nas regiões semiáridas, como o nordeste brasileiro, onde o regime de precipitação é baixo e necessita-se armazenar água para suprir as demandas. Ainda, ressalta que nos anos em que a precipitação é considerada irregular, em períodos de estiagem, as chuvas embora variáveis no tempo e no espaço, caem suficientemente

para suprir as demandas ao longo do ano, se forem armazenadas. O método proposto para o semiárido é simples, consiste em aproveitar os telhados das casas como área de captação e direcionar a água da chuva para as cisternas (Figura 5).

Figura 5 - Esquema de cisterna construída na zona rural



Fonte: Porto et al. (1999, p. 48)

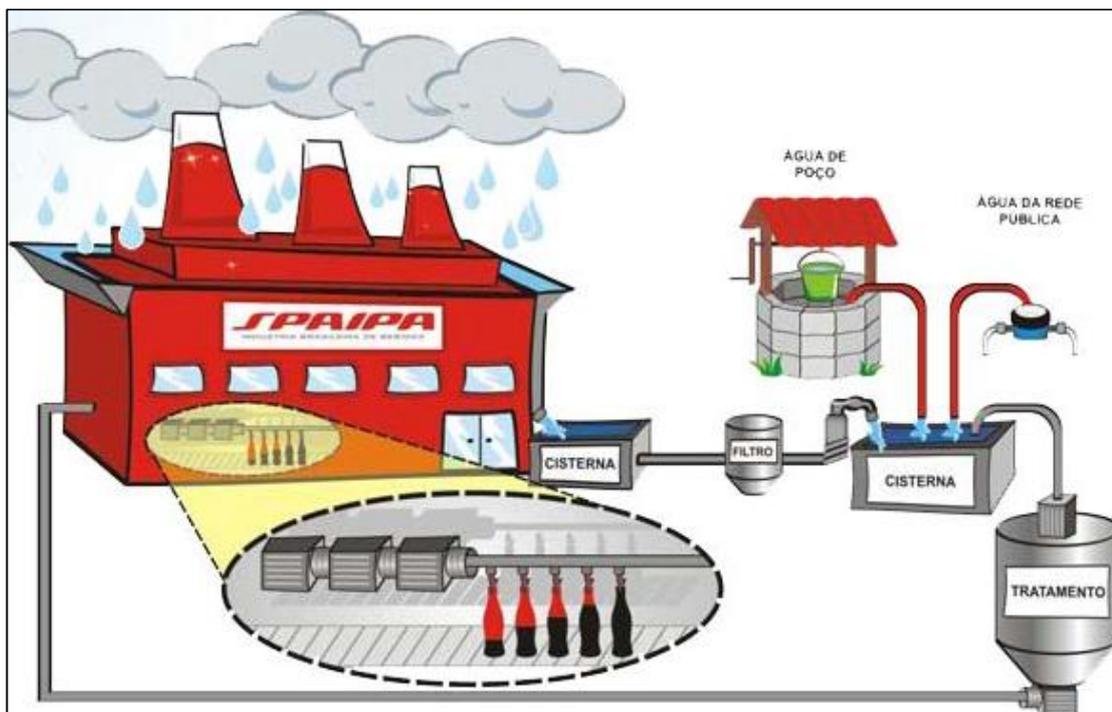
Uma iniciativa combinada de organizações do governo e da sociedade para estimular o uso de água da chuva é o “Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais”. Este projeto propõe construir cisternas para coletar água da chuva como forma de viabilizar o acesso à água para a população rural do semiárido (PORTO et al., 1999).

Já nas grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre, entre outras, essa captação está associada às frequentes enchentes que causam problemas sociais, ambientais e econômicos de grandes proporções. Ou seja, as cisternas além de armazenar água para disponibilizar em períodos de escassez, também tem a função de contensão ou atenuação das cheias (SILVA, 2007).

Silva (2007) cita como exemplo da aplicação do aproveitamento de águas pluviais, a lavanderia industrial “Lavanderia da Paz” em São Paulo, que há mais de 30 anos utiliza a água de chuva nos seus processos de lavagem.

Outro exemplo, apresentado na Figura 6, é a fábrica de refrigerantes do grupo Coca-Cola (Indústrias Spaipa) localizada no Paraná, que realiza a captação e o aproveitamento de água da chuva para uso no processo industrial (SPAIPA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE BEBIDAS, 2007).

Figura 6 - Esquema do aproveitamento de águas pluviais em fábrica



Fonte: Spaipa - Indústria Brasileira de Bebidas (2007, não paginado)

A Figura 6 mostra que a água da chuva que cai em parte do telhado da fábrica é coletada e armazenada em uma cisterna. Depois de passar por um equipamento de filtração e ser analisada quanto à potabilidade, é misturada com a água captada dos poços e do sistema de abastecimento público. Logo após, a água é tratada, ficando apta para o uso no processo produtivo dos refrigerantes.

Além dos já citados, existe uma série de estabelecimentos espalhados pelo Brasil que fazem uso da água de chuva. Na Tabela 1 são apresentados alguns deles.

Tabela 1 - Obras de captação de água da chuva no Brasil

Obra	Área construída (m²)	Área de cobertura (m²)	Área de captação (m²)	Volume dacisterna (L)	*Economia de água potável (L)
Angeloni Joinville(SC)	25.160	10.500	5.120	167.330	659.000
Auto Posto Nasato em Esteio (RS)	15.080	7.300	2.800	77.000	267.000
Ginásio de Esportes em Joinville (SC)	15.080	7.300	2.800	77.000	267.000
Hotel Íbis em Santa Catarina (SC)	5.375,08	569,50	569,50	16.000	684.000
Igreja Universal em Santo André (SP)	12.178	3.600	3.600	50.000	345.000
Polland Química (RJ)	9.000	3.000	3.000	140.000	285.000
Primavera Tennis em Florianópolis (SC)	3.600	3.200	3.200	60.000	358.000
Solaris em Cabriúva (SP)	1.085	680	6.801	50.000	650.000
Supermercado Big em Ijuí (RS)	5.120	2.470	1.300	30.000	124.000
Supermercado Big em Santa Catarina (SC)	19.800	4.859	4.859	162.000	583.000

*Economia anual baseada em índices pluviométricos históricos

Fonte: Adaptado de May (2009)

2.3.2 Legislações sobre o aproveitamento de água de chuva

A regulamentação do uso de água de chuva é relativamente recente no Brasil. Ela vem sendo implantada conforme ocorre o crescimento do interesse no uso racional de água. O intuito das regulamentações é incentivar, padronizar, e até mesmo obrigar a coleta e utilização de água de chuva (DORNELLES, 2012).

Em algumas cidades, foram criadas leis municipais incentivando ou exigindo a captação de águas pluviais, principalmente com o intuito de diminuir as enchentes.

Na cidade de São Paulo (SP), a Lei nº 13.276/2002, tornou obrigatória, em lotes edificadas ou não, com área impermeabilizada superior a 500 m², a construção de

reservatórios para armazenar as águas de chuva captadas por coberturas e pavimentos (BRASIL, 2002).

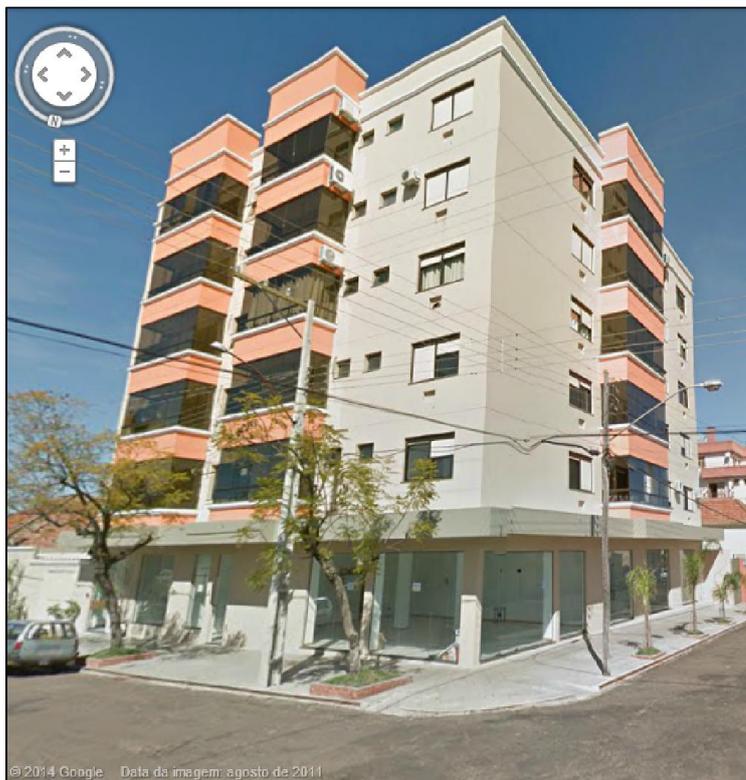
Em Cascavel (PR) foi criada a Lei nº 4.631/2007, que institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água e Reuso em Edificações, que objetiva o uso de medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação de água (BRASIL, 2007).

No Estado de Santa Catarina (SC) existe a Lei nº 5.722/2006, na qual impõe que edifícios com um número igual ou superior a três pavimentos e área superior a 600 m² (metros quadrados) instalem sistema de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuva. Enquadram-se nessa lista também os hotéis, motéis, pousadas e similares com número igual ou superior a 8 apartamentos dotados de toaletes. Recomenda-se a utilização dessa água em ambientes externos, como para jardinagem, lavagem de pisos, garagem e irrigação de hortas (BRASIL, 2006).

Porto Alegre (RS) também possui uma lei para a captação de águas pluviais. A Lei nº 10.506/2008, que instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas na Cidade de Porto Alegre. O Capítulo III da Lei, que trata do reaproveitamento das águas, diz que a água das chuvas que será captada na cobertura das edificações deve ser encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não necessitem do uso de água potável como a lavagem de roupas, vidros, calçadas, pisos, veículos e a irrigação de hortas e jardins. Ainda segundo a lei, as águas dos lagos artificiais e chafarizes de parques, praças e jardins serão provenientes de ações de reaproveitamento (BRASIL, 2008).

Já em Alegrete (RS), local deste estudo, não existem leis que regulamentam o aproveitamento de água da chuva. Porém, segundo informações da Prefeitura da cidade, há dois edifícios que adotaram o uso do sistema, visando à sustentabilidade, além da economia para os moradores, o Residencial Sapato Florido (Figura 7), localizado na Rua Joaquim Nabuco, número 28, e também, o Edifício Recanto da Praça, localizado na Rua Nossa Senhora do Carmo, número 93.

Figura 7 - Vista lateral do Residencial Sapato Florido



Fonte: Google Maps (2014, não paginado)

A única norma específica existente no Brasil que trata do aproveitamento de águas pluviais é a NBR 15.527/2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de águas de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, onde após tratamento adequado, possa ser usada em descargas sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos limpeza de calçadas e ruas, etc (ABNT, 2007).

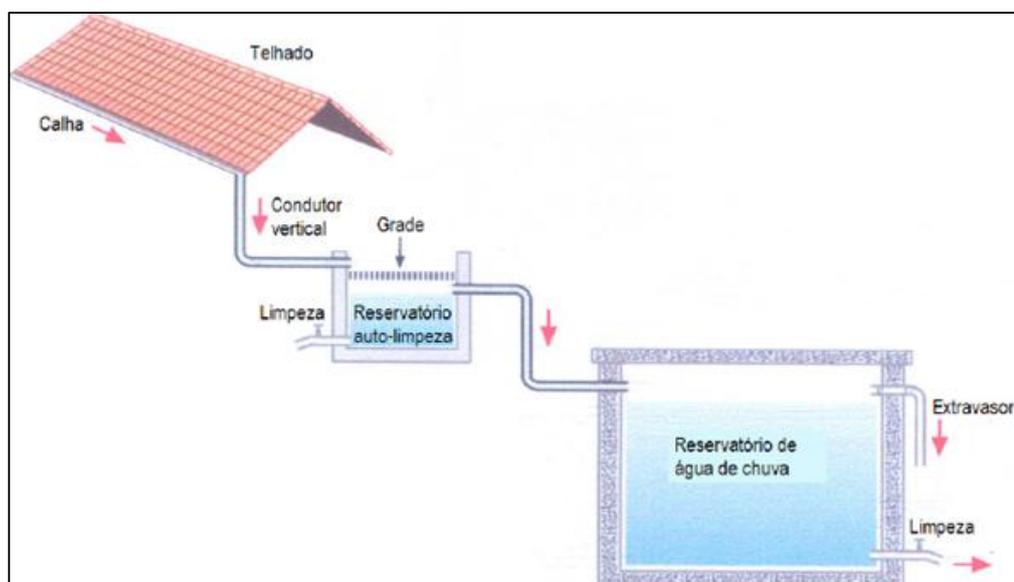
A NBR 15.527 aborda as condições gerais sobre: concepção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais, qualidade da água, bombeamento e manutenção do sistema (ABNT, 2007).

2.4 Sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais

Segundo Leal (2000), o sistema de coleta e utilização de águas pluviais funciona da seguinte maneira: a água é captada da superfície impermeável

(geralmente telhados), em seguida, é tratada e armazenada em um reservatório. A Figura 8 mostra um esquema do funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva com reservatório de autolimpeza.

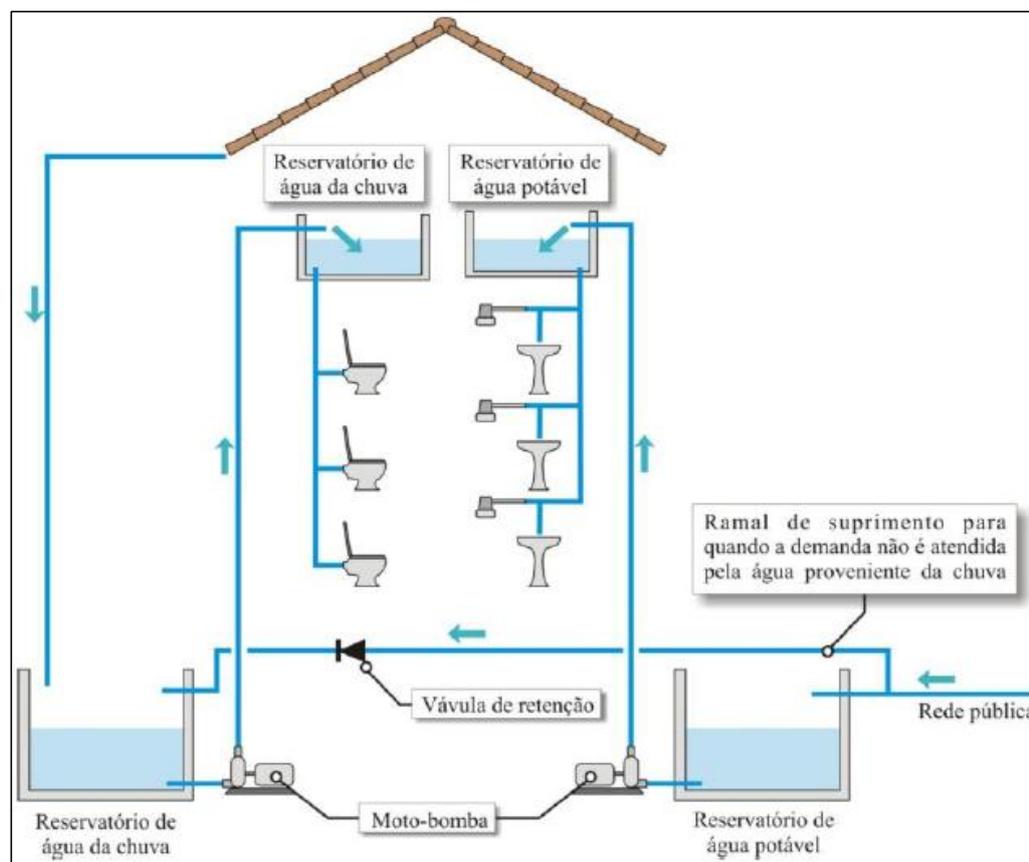
Figura 8 - Exemplo de sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais



Fonte: May (2009, p. 50)

Mesmo com a utilização de um sistema de coleta de água da chuva é preciso que haja o abastecimento de água potável, tanto para alimentar o consumo potável, quanto para alimentar o sistema de aproveitamento de água pluvial, quando este não é capaz de atender a demanda. É importante que as redes de água potável e de água da chuva não tenham ligações entre elas, para que não ocorram contaminações (DORNELLES, 2012). A Figura 9 ilustra como ocorre o funcionamento conjunto dos dois sistemas.

Figura 9 - Sistema de coleta de águas pluviais combinado com água potável



Fonte: Dornelles (2012, p. 22)

Para realizar o projeto do sistema de captação, tratamento e uso da água de chuva o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, apresenta uma metodologia básica envolvendo as seguintes etapas (ANA, FIESP & SINDUSCN, 2005):

- ✓ determinação da precipitação média local (mm/mês);
- ✓ determinação da área de coleta;
- ✓ determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- ✓ caracterização da qualidade da água de chuva;
- ✓ projeto do reservatório de descarte;
- ✓ projeto do reservatório de armazenamento;
- ✓ identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- ✓ escolha do sistema de tratamento necessário;
- ✓ projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc).

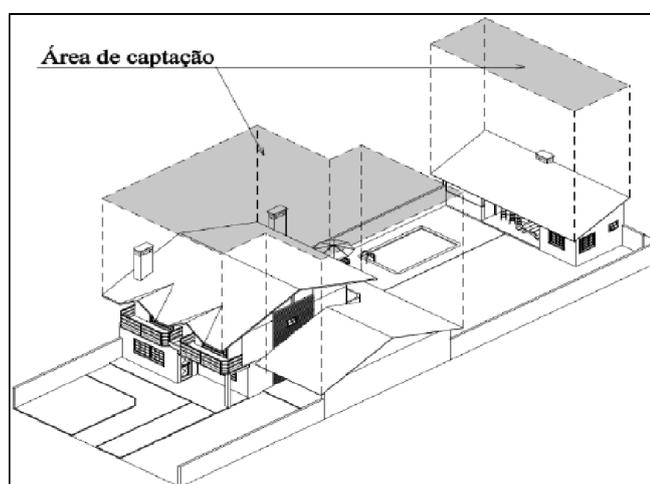
2.4.1 Áreas de captação

A quantidade de água da chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta, da precipitação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e do fator de captação (MAY, 2009).

Em geral, a superfície de captação é o telhado ou a laje, por apresentar melhor qualidade e possibilitar que a água atinja o reservatório por gravidade, facilitando o projeto (HAGEMANN, 2009). Mas também, pode-se coletar a água da chuva de superfícies impermeáveis de pisos em geral, como pátios, passeios e estacionamentos, porém nestes locais deve ser realizada a devida limpeza da área, por ser frequente a passagem de pessoas e carros, havendo o acúmulo de sujeira (MAY, 2009).

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) diz que a área de captação da água da chuva consiste na projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é coletada (Figura 10).

Figura 9 - Áreas de captação de águas pluviais



Fonte: Dornelles (2012, p. 23)

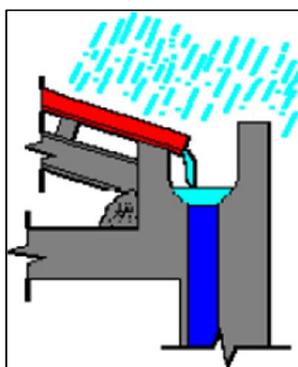
Conforme Melo (2012), os materiais comumente utilizados nos telhados são: cerâmica, plástico, ferro galvanizado, zinco, fibrocimento, concreto, entre outros. Para a escolha do material é importante que se analise a dimensão e a textura do telhado, pois estes influenciam diretamente na quantidade e na qualidade de água que será coletada. Portanto, um telhado mais macio, liso e impermeável, como as telhas

metálicas, favorece este processo, pois como sua superfície não é rugosa há um melhor deslizamento da água. Já as telhas de fibrocimento, concreto e cerâmica apresentam maiores perdas, não sendo tão eficientes.

2.4.2 Calhas e condutores verticais

A condução da água captada nas coberturas da edificação até o reservatório é realizada por meio de calhas e tubulações (Figura 11). A NBR 10.844/1989 - Instalações prediais de águas pluviais mostra detalhadamente como deve ser realizado o dimensionamento e a instalação das calhas e condutores verticais.

Figura 11 - Transporte da água da chuva para o sistema de armazenamento



Fonte: Melo (2012, p. 41)

As calhas podem ser constituídas de variadas formas: retangular, em “U”, em “V”, circular, semicircular, etc. Também, podem ser de diferentes materiais como chapas de aço galvanizado, chapas de cobre, poli cloreto de vinila (PVC), fibra de vidro, betão, entre outros. Já os tubos de queda podem ser de: PVC, ferro fundido, fibrocimento, fibra de vidro, aço galvanizado, cobre, aço inoxidável, etc (MELO, 2012).

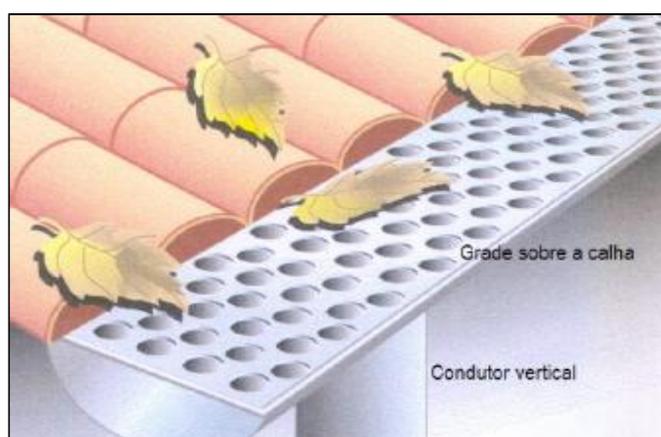
2.4.3 Dispositivos para filtragem

Para que não ocorram entupimentos nos condutores de água, que possam danificar ou obstruir o sistema de coleta de águas pluviais deve-se instalar dispositivos para remoção de sedimentos e detritos que se acumulam no telhado. Estes dispositivos podem ser malhas de plástico ou metal, os dispositivos de filtração e os

dispositivos de descarte da primeira chuva, ficando a critério do proprietário a escolha do melhor dispositivo de retenção (HAGEMANN, 2009).

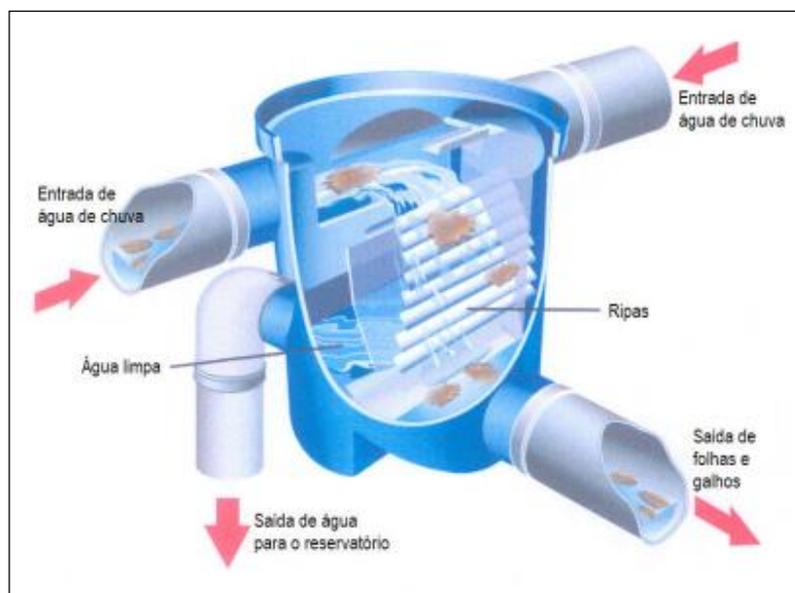
Melo (2012) especifica que as malhas são dispositivos colocados sobre a calha, para evitar que detritos grandes como folhas, galhos e pequenos animais, adentrem na mesma (Figura 12). Outra opção, que possui a mesma função, são os dispositivos de filtração (Figura 13).

Figura 12 - Sistema de grade sobre a calha



Fonte: May (2009, p. 57)

Figura 13 - Esquema de filtro de água da chuva

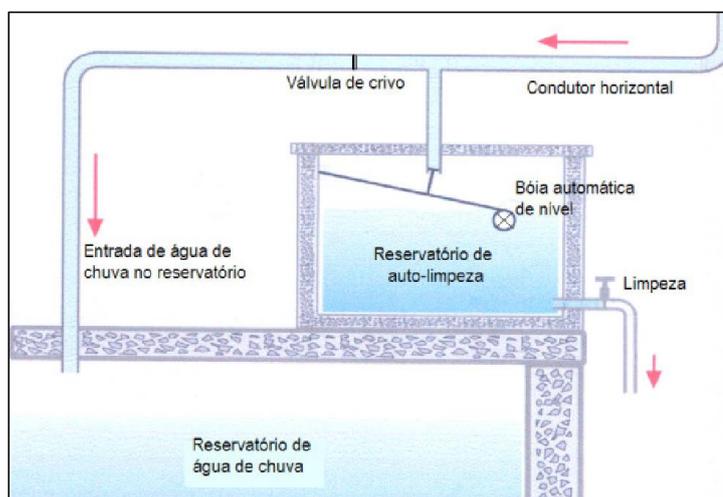


Fonte: Melo (2012, p. 43)

Também existem os dispositivos de descarte da primeira chuva, que são altamente recomendados, pois a primeira parcela da chuva que passa pela superfície de captação faz uma lavagem na mesma, levando consigo os materiais que ali ficam acumulados. O reservatório de descarte tem o objetivo de reter temporariamente essa água coletada na fase inicial da precipitação, descartando-a logo após, evitando assim que esta primeira parcela de chuva interfira na qualidade da água coletada posteriormente (MELO 2012).

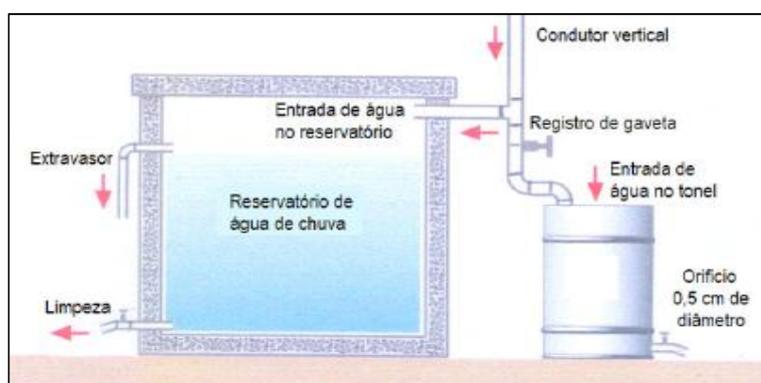
De acordo com ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005), há diversas técnicas que realizam este procedimento, entre as quais, reservatórios de autolimpeza com torneira bóia (Figura 14), tonéis (Figura 15), dispositivos automáticos, etc.

Figura 14 - Reservatório de autolimpeza com torneira bóia



Fonte: May (2009, p. 58)

Figura 15 - Reservatório de autolimpeza com tonel



Fonte: May (2009, p.58)

2.4.4 Reservatórios de armazenamento e sistemas de distribuição

O reservatório ou cisterna de armazenamento tem a função de acumular a água que é coletada. Conhecendo-se a área de captação, a precipitação média da região e a demanda mensal, pode-se calcular o volume mínimo necessário para o reservatório. Por ser o elemento de maior custo de todo o sistema, seu dimensionamento precisa ser realizado de forma criteriosa, para não tornar a implantação do sistema inviável (MAY, 2009). A instalação do reservatório deve seguir as especificações da NBR 12.217/1994 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

De acordo com Hagemann (2009) o reservatório utilizado pode estar apoiado, enterrado ou elevado, e sempre que possível deve ficar o mais próximo dos pontos de fornecimento e do consumo, para diminuir a distância de transporte da água.

Além disso, deve-se escolher o material que seja mais apropriado para o reservatório, sendo os mais utilizados: concreto, alvenaria, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno.

Alguns cuidados especiais devem ser tomados com relação à instalação e à manutenção desses sistemas (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005):

- ✓ deverá ser evitada a entrada de luz solar nos reservatórios para diminuir a proliferação de microorganismos;
- ✓ a tampa de inspeção deverá ficar fechada;
- ✓ a saída de extravasores deverá conter grade para evitar a entrada de pequenos animais;
- ✓ pelo menos uma vez por ano deverá ser realizada a limpeza no reservatório, removendo o lodo que se acumula no fundo;
- ✓ para facilitar a limpeza, o reservatório de água de chuva deverá conter uma pequena declividade no fundo;
- ✓ a água coletada deverá ser utilizada somente para fins não potáveis;
- ✓ em uma estiagem prolongada, pode-se prever o reabastecimento dos reservatórios de águas pluviais com água potável, em quantidades que garantam o consumo diário;
- ✓ a entrada de água potável no reservatório de águas pluviais deverá estar acima da entrada de águas pluviais para que estas não retornem ao reservatório de água potável;

- ✓ deverão ser tomados os devidos cuidados para que as águas pluviais não contaminem os reservatórios de água potável, caso o reservatório de águas pluviais esteja ligado a ele;
- ✓ no fundo dos reservatórios deverá existir um dispositivo para evitar turbulência na água e não agitar o material sedimentado do fundo do reservatório de águas pluviais;
- ✓ a tubulação de águas pluviais deverá ser devidamente identificada, para evitar uma possível interconexão com o sistema de água potável;
- ✓ deverá existir uma placa de aviso “Água não Potável” próxima à mangueira do jardim ou quintal;
- ✓ deverá ser verificada a necessidade de tratar e qual será o tipo de tratamento a ser aplicado às águas pluviais.

Com relação ao transporte da água pluvial para o seu uso final, este pode ocorrer através de bombeamento ou gravidade.

A distribuição por gravidade consiste no transporte da água pluvial até o seu uso final por ação da gravidade. É usada quando o reservatório for elevado, sendo o processo mais recomendado, por ser mais simples, não sendo necessária a utilização de bomba hidráulica (AGUIAR, 2012).

Segundo Melo (2012), quando for preciso elevar a água a cotas superiores à do reservatório, como no caso de reservatórios enterrados, deve-se instalar um sistema de bombeamento. Qualquer bomba pode ser utilizada, desde que a mesma seja convenientemente dimensionada de acordo com a NBR 12.214 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público (ABNT, 1992).

2.4.5 Tratamento da água da chuva e manutenção do sistema

Segundo o PROSAB (2006) mesmo utilizando o dispositivo de primeiro descarte da chuva, ainda podem permanecer substâncias na água prejudiciais à saúde, que devem ser eliminadas. Por isso, para que a água pluvial possa ser utilizada é preciso que ela atenda aos padrões de qualidade exigidos, conforme os fins a que será destinada, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Diferentes níveis de tratamento da água exigidos conforme o uso

Usos da água de chuva	Tratamento da água
Rega de jardins	Não é necessário
Rede de incêndio; irrigadores, para refrescar o ar	É necessário, para manter os equipamentos em boas condições
Lagoas e fontes, descargas de sanitários, lavagem de roupas e veículos	É necessário, pois a água pode entrar em contato com o corpo humano
Banho/piscina, para beber, para cozinhar	É necessária a desinfecção, pois a água é consumida direta e indiretamente

Fonte: Adaptado de GroupRaindrops (2002)

Além disso, a qualidade das águas pluviais pode variar de acordo com a região em que ocorre a precipitação, com as condições meteorológicas, com a presença ou não de vegetação e principalmente com a existência de poluição no local (TOMAZ, 2003).

Melo (2012) ressalta que os tratamentos podem ser variados, sendo divididos em três grupos:

- ✓ Higiénico: remoção de bactérias, elementos venenosos ou nocivos, mineralização excessiva, teores elevados de compostos orgânicos, protozoários e outros microrganismos;
- ✓ Estético: correção da cor, sabor e turvação;
- ✓ Econômico: redução da corrosibilidade, da dureza, cor, turvação, ferro, odor, sabor, manganésio e outras.

De acordo com o guia da ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005), para usos não potáveis mais comuns em edifícios, são utilizados sistemas de tratamento compostos por unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com radiação ultravioleta.

O Manual de Aproveitamento de Águas Pluviais de Texas (The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005) sugere algumas técnicas para o tratamento melhora da qualidade da água, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Métodos para tratamento da água da chuva

Método	Local	Resultado
PRÉ-FILTRAÇÃO		
Telas e grades	Calhas e tubos de queda	Previne a entrada de folhas e outros detritos no sistema
SEDIMENTAÇÃO		
Sedimentação	Reservatório	Sedimentação de partículas em suspensão
FILTRAÇÃO		
Na linha de água	Após bombeamento	Filtra os sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remove cloro
Osmose reversa	Na torneira	Remove contaminantes
Camadas mistas	Reservatório separado	Retém material particulado
Areia	Reservatório separado	Retém material particulado
DESINFECÇÃO		
Fervura/Destilação	Antes do uso	Elimina microorganismos
Tratamento químico (cloro ou iodo)	No reservatório ou na bomba (líquido, em pastilha ou granulado)	Elimina microorganismos
Radiação ultravioleta	Após o filtro e antes da torneira	Elimina microorganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina microorganismos

Fonte: Adaptado de The Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005, tradução nossa)

Já a manutenção do sistema, segundo a NBR 15.527, deverá ser realizada de acordo com o Quadro 3 (ABNT, 2007).

Quadro 3 - Frequência em que deve ser realizada a manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal, limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT (2007, p. 9)

2.4.6 Coleta de águas pluviais para uso na irrigação e limpeza de sanitários

A água da chuva que será utilizada para rega de plantas e lavagem de calçadas não precisa ser tratada, sendo assim os materiais orgânicos que se acumulam nos telhados, como folhas, galhos e fezes de animais, não serão um problema para a sua utilização, uma vez que para as plantas estes detritos servem de adubo. O jardim pode conter ainda drenos para eliminar o excesso de água para não prejudicar o desenvolvimento sadio da planta (MAY, 2009).

A Figura 16 apresenta um esquema de funcionamento de um sistema coleta e aproveitamento de águas pluviais usado para a rega de plantas e jardins, com área de coleta (telhado), condutor horizontal (calha), condutor vertical, sistema de armazenamento (reservatório) e sistema de distribuição para rega do jardim (MAY, 2009).

Figura 16 - Sistema de coleta de águas pluviais para uso na irrigação de jardim



Fonte: Adaptado de Waterfall (2002)

Ainda segundo May (2009), a distribuição de água para o jardim pode ser feita através de mangueira de jardim, gotejamento ou aspersores. Dependendo do volume de água necessário para irrigação, podem ser utilizados diversos reservatórios interligados, conforme mostra a Figura 17.

Figura 17 - Sistema de coleta de águas pluviais com múltiplos reservatórios



Fonte: Adaptado de Waterfall (2002)

A utilização de águas pluviais para limpeza de vasos sanitários também é bastante benéfica, pois o gasto de água para a descarga está entre os três maiores consumos de uma residência (MAY, 2009).

Com relação ao funcionamento do sistema que deve ser empregado, o princípio é basicamente o mesmo que o usado para a rega de jardins. Porém, deve-se ter um cuidado maior com a sua instalação, pois durante o uso podem ocorrer respingos de água e causar riscos à saúde de seus usuários, por isso é necessário ser feita a desinfecção da água (MAY, 2009).

2.5 Dimensionamento do reservatório de águas pluviais

2.5.1 Previsão do consumo de água

Para que o dimensionamento do reservatório de armazenamento da água de chuva seja adequado e garanta maior confiabilidade é importante saber a demanda que se pretende atender. A seguir são apresentados alguns valores utilizados nas estimativas de demandas para usos internos (Tabela 2) e para usos externos (Tabela 3), que poderiam ser supridas com água não potável (TOMAZ, 2003).

Tabela 2 - Demanda residencial não potável interna

Uso	Unidade	Valores		
		Inferior	Superior	Mais provável
Bacia sanitária - Volume de descarga	Litros/descarga	6,80	18	9
Bacia sanitária - Frequência de uso	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Vazamento de bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Máquina de lavar roupas - volume de água	Litros/ciclo	108	189	108
Máquina de lavar roupas	Carga/pessoa/dia	0,20	0,37	0,37

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

Tabela 3 - Demanda residencial não potável externa

Uso	Unidade	Valor
Rega de jardim	Litro/dia/m ²	2
Lavagem de carros - volume de água	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros - frequência	Lavagem/mês	4

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

Em edificações de uso público ou comercial, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o consumo de água em ambientes sanitários varia de 35% a 50% do consumo total (ANA, FIESP & SINDUSCON-SP, 2005).

Segundo Dziegielewskiet al. (1993) apud Tomaz (2000) as universidades consomem entre 477 e 519 litros/empregado/dia de água. Quanto à distribuição da porcentagem de água separadamente para cada uso em instituições de ensino Tomaz (2000) apresenta os valores obtidos em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado (Tabela 4).

Tabela 4 - Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado

Uso	Porcentagem (%)
Consumo doméstico	47,80
Água para rega de jardins	29,50
Água para resfriamento e aquecimento	5,40
Água para resfriamento sem aproveitamento	5,20
Água para cozinhas	3,90
Perdas de água	3,80
Água para lavanderias	2,90
Outros usos	0,80
Vazamentos de água	0,70
Uso total de água	100

Fonte: Tomaz (2000)

Como a demanda nesses tipos de estabelecimentos é elevada, o tempo de retorno do investimento é menor, possibilitando uma economia significativa de água tratada, se comparado com aplicações em residências. Outro fator que contribui são as áreas de captação geralmente grandes, que proporcionam um maior volume de água potencialmente coletável (HAGEMANN, 2009).

2.5.2 Coeficiente de escoamento superficial

Conforme Tomaz (2003), o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado, uma vez que parte da água de chuva que cai sobre a superfície de captação perde-se por evaporação, retenção, limpeza do telhado, etc. Portanto, no cálculo do volume de água que pode ser aproveitado, usa-se o coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de Runoff, ou coeficiente (C), que

representa o quociente entre o volume de água que escoar superficialmente e o volume de água precipitado sobre a mesma. Os valores de escoamento superficial são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores do coeficiente de escoamento superficial

Material da cobertura	Coeficiente de escoamento	Fonte
Cerâmico	0,80 – 0,90	Hofkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
Cimento	0,62 - 0,69	UNEP (2004)
Metálico	0,8 - 0,85	UNEP (2004)
Corrugado de Metal	0,7 - 0,9	Hofkes e Frasier (1996) apud Tomaz (2003)
Aço galvanizado	> 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Vidro	0,6 - 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Plástico	0,94	Khan (2001) apud Tomaz (2003)
Asbesto	0,8 - 0,9	Thomas e Martinson (2007)
Telhados verdes	0,27	Khan (2001) apud Tomaz (2003)

Um valor muito utilizado para o coeficiente de escoamento superficial é de 0,8, ou seja, estima-se que 20% da água precipitada não contribuem para o escoamento (HAGEMANN, 2009).

2.5.3 Métodos para o dimensionamento do reservatório de armazenamento

Existem vários modelos que podem ser utilizados para o dimensionamento do reservatório de captação, a maioria deles segue a mesma sistemática: utilizam séries históricas de chuva, a demanda a ser atendida, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial e a eficiência requerida para o sistema como dados de entrada, e tem como resultado os volumes de armazenamento associados a uma ou mais probabilidades de falha do sistema (ANNECCHINI, 2005).

A NBR 15.527 apresenta seis métodos que podem ser usados para o dimensionamento do reservatório, eles são descritos a seguir (ABNT, 2007).

2.5.3.1 Método de Rippl

Este método, também chamado de diagrama de massas, consiste na determinação do volume do reservatório através de um diagrama, que contém o volume de entrada no reservatório acumulado no eixo das ordenadas e o tempo no eixo das abcissas (HAGEMANN, 2009).

Para o cálculo, podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias (ABNT, 2007).

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

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad \dots(2)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

$$\text{Sendo que: } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

onde:

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

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

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

V = volume do reservatório;

C = coeficiente de escoamento superficial.

Conforme Tomaz (2003), este é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante, principalmente durante o período mais crítico de estiagem.

2.5.3.2 Método da simulação

No método da simulação, também conhecido como balanço de massa, os registros de precipitação são utilizados para simular o comportamento do volume de água no reservatório (DORNELLES, 2012).

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito (ABNT 2007):

$$S_{(t)} = S_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (3)$$

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

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

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 aproveitável no tempo t;

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

V = volume do reservatório fixado;

C = coeficiente de escoamento superficial.

Para este método, duas hipóteses devem ser realizadas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo "t", os dados históricos são representativos para as condições futuras (ABNT 2007).

2.5.3.3 Método Azevedo Neto

Trata-se de um método prático, em que o volume de chuva é obtido pela seguinte equação (ABNT, 2007):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \dots(4)$$

onde:

V = volume de água do reservatório, em litros (L);

P = precipitação média anual, em milímetros (mm);

A = área de coleta em projeção, em metros quadrados (m²);

T = número de meses com pouca chuva ou seca.

Dornelles (2012) recomenda, para definir o número de meses com pouca, ou nenhuma chuva, que a contagem dos mesmos seja feita para precipitação média inferior a 100 mm. Para lugares onde a precipitação é sempre superior a este valor, recomenda-se adotar o mínimo de 1 mês.

2.5.3.4 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico, que adota como volume de reservação o menor valor entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável (ABNT 2007).

$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06 \text{ (6 \%)}$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V; D) \times 0,06 \quad \dots(5)$$

onde:

V_{adotado} = volume de água do reservatório, em (L);

V = volume aproveitável de água de chuva anual, em (L);

D = demanda anual da água não potável, em (L).

2.5.3.5 Método Prático Inglês

Neste procedimento, o volume do reservatório é obtido através da aplicação de uma equação empírica, que adota 5% do volume anual de água pluvial captado (DORNELLES, 2012). A ABNT (2007) apresenta o cálculo do volume de chuva através da equação abaixo:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \dots(6)$$

onde:

V = volume de água do reservatório, em (L);

P = precipitação média anual, em (mm);

A = área de coleta em projeção, em (m²).

2.5.3.6 Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação (ABNT, 2007):

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \dots(7)$$

onde:

Q = volume mensal produzido pela chuva;

A = área de coleta;

C = coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P = precipitação média mensal;

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm.

Independente do método escolhido, para se ter um dimensionamento econômico e eficiente deve-se conhecer as informações requeridas pelo modelo a ser utilizado. Conhecer o índice pluviométrico da região também é importante, pois o mesmo reflete na distribuição da chuva ao longo do ano, e quanto mais regular for o seu valor mais confiável será o sistema (ANNECCHINI, 2005).

3 METODOLOGIA

Para verificar a redução no consumo de água potável, através da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na UNIPAMPA - Campus Alegrete, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: identificação do local de estudo, determinação das áreas de cobertura, levantamento de dados pluviométricos da região, levantamento de dados referentes ao consumo de água, dimensionamento dos reservatórios para aproveitamento de água pluvial e adequação dos reservatórios já existentes, de captação de águas pluviais, e por fim, foi realizada a análise econômica da implantação do sistema.

3.1 Identificação do local de estudo

O local de estudo é o Campus da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), situado na cidade de Alegrete/RS, localizado na Avenida Tiarajú, nº 810, no bairro Ibirapuitã.

Inaugurado em 2006, o campus da UNIPAMPA – Alegrete ainda encontra-se em processo de expansão, possuindo atualmente seis prédios construídos e um em fase de conclusão (Figura 18).

Figura 18 - Vista aérea lateral do Campus



Fonte: UNIPAMPA (não paginado, 2012)

Deste total, foram escolhidos três blocos para a realização do estudo da implantação do sistema de coleta e armazenamento de água da chuva, o Bloco

Administrativo, Bloco Acadêmico 1 e o Bloco Acadêmico 2, apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Vista aérea frontal do Bloco Acadêmico 2, Bloco Acadêmico 1 e do Bloco Administrativo



Fonte: UNIPAMPA (não paginado, 2012)

Estes três blocos já possuem as instalações hidráulicas necessárias, para as descargas das bacias sanitárias e reserva de incêndio, serem abastecidas tanto por água potável (fornecida pela concessionária de abastecimento público), quanto por água pluvial, armazenas em cisternas. Atualmente, a captação da água da chuva é realizada apenas no Bloco Acadêmico 2, onde é armazenada em cinco reservatórios inferiores de 5.000 litros, cada (Figura 20) e bombeada para um reservatório superior de 50.000 litros, localizado no Bloco Acadêmico 1. A partir deste ponto a água armazenada é distribuída para os demais blocos.

Figura 20 - Reservatórios inferiores



Fonte: Elaboração própria

Pode-se perceber através da Figura 19, que um dos reservatórios encontra-se sem a tampa, possibilitando a entrada de sujeiras, detritos e outros. Na realidade, o sistema de captação de águas pluviais, não foi dimensionado de forma correta, pois não foi realizado nenhum estudo das características pluviométricas da cidade, e nem do consumo que as mesmas poderiam atender. Além disso, o sistema não conta com um dispositivo para descarte da primeira parcela de chuva e não realiza nenhum tratamento da água, como é recomendado para quando existe a possibilidade do seu contato com o corpo humano. O sistema apenas apresenta um filtro que impede a passagem de folhas, galhos e outros detritos.

Por estes motivos, apesar da existência do sistema, o mesmo não é utilizado, ou seja, a água armazenada nos reservatórios não possui finalidade alguma, sendo assim, os mesmos estão sempre cheios. A água destinada para as descargas e para a reserva de incêndio ainda é a água tratada, fornecida pela Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN).

Atualmente, a Universidade conta com uma população de aproximadamente 1.700 pessoas, dentre eles alunos de graduação, pós-graduação, corpo docente, técnicos e demais funcionários. Este número só tende a aumentar a cada ano, proporcionando um maior consumo de água.

Pode-se perceber que devido à dimensão da estrutura e ao grande número de frequentadores no Campus o uso de água para fins não potáveis é bastante considerável. Por isso, o reaproveitamento de água da chuva traria grande economia para a Universidade.

Na estrutura física dos três blocos em análise, existe um total de 58 vasos sanitários, 18 mictórios e 6 tanques, que fornecem água potável para o uso. Porém, estes fins poderiam utilizar água da chuva, pois são fins que não necessitam de água potável.

Diante disso, é proposto que a água pluvial seja utilizada nas bacias sanitárias (Figura 21), mictórios (Figura 22) e para a limpeza do Campus (Figura 23), visto que o consumo de água para estes fins é elevado.

Figura 21 - Bacia sanitária



Fonte: Elaboração própria

Figura 22 - Mictórios



Fonte: Elaboração própria

Figura 23 - Corredores, onde ocorre a limpeza



Fonte: Elaboração própria

Através da demanda a ser atendida e do volume de chuva que poderá ser coletado, foi verificada a necessidade da instalação de novas cisternas, caso as já existentes não fossem suficientes para atender o consumo de água. Também é apresentada uma proposta de adaptação dos reservatórios já existentes, seguindo as normas de dimensionamento.

3.2 Caracterização das áreas de cobertura

Para a realização do cálculo do volume do reservatório foi necessário o levantamento das áreas de cobertura que irão contribuir para a captação da água da chuva, que são as áreas de telhados do Bloco Acadêmico 1 e 2 e Bloco Administrativo (Figura 19).

Além disso, deve-se saber qual é o material utilizado nos telhados, pois ele influencia diretamente na determinação do coeficiente de escoamento superficial.

Os referidos dados foram retirados das plantas de cobertura das edificações, em estudo, disponíveis na universidade.

3.3 Levantamento dos dados pluviométricos

O volume de água de chuva que poderá ser armazenado mensalmente, através das áreas de coletas dos telhados, foi obtido através de uma série histórica de dados pluviométricos, de 30 anos (normal climatológica 1961 - 1990), para a cidade em estudo.

Os índices pluviométricos foram extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014), que disponibiliza, através das Normais Climatológicas do Brasil, dados de precipitações acumuladas mensais para diversas cidades do Brasil, inclusive Alegrete, no período de 1961 a 1990.

Os dados do INMET já são fornecidos com as devidas verificações e correções hidrológicas necessárias.

Com estes dados, foi possível, através de uma planilha xls, comparar nos diferentes meses do ano, o volume de chuva com a demanda por água.

3.4 Previsão do consumo de água

Foram analisadas as faturas pagas à CORSAN, pela Universidade, no ano de 2013, a fim de registrar os volumes de água mensais utilizados. Estas informações foram adquiridas no setor de finanças do Campus Alegrete.

O ano analisado foi 2013, pois foi o ano em que houve significativo aumento no consumo de água no Campus, devido ao início do funcionamento do Bloco Acadêmico 2 e Bloco Administrativo, causando maior frequência de alunos, funcionários e professores.

Não foram realizadas comparações do consumo de água com os outros anos letivos, devido a alterações nos calendários acadêmicos, causadas pelas greves ocorridas entre agosto e setembro de 2011 (greve dos técnicos administrativos) e entre junho, julho e agosto de 2012 (greve dos professores).

3.5 Estimativa do consumo de água não potável

Atualmente, a Universidade conta com uma população de 1.700 pessoas, porém, não há um controle do número de pessoas que frequentam o Campus por dia,

por isso não há como saber com exatidão a frequência de uso das bacias sanitárias e mictórios.

Portanto, para a determinação do consumo de água nas descargas dos vasos sanitários e mictórios foi elaborada uma estimativa mensal, com base em estudos de Ana, Fiesp & Sinduscon-SP (2005), que indicam que o consumo de água em ambientes sanitários varia de 35% a 50% do consumo total de água. Portanto, o consumo de água destinado às descargas dos banheiros será calculado através da Equação 8.

$$C_{(\text{DESCARGAS})} = C_{(\text{ÁGUA POTÁVEL})} \times 50\% \quad \dots(8)$$

onde:

$C_{(\text{DESCARGAS})}$ = consumo total de água não potável destinado ao uso nas descargas das bacias sanitárias e mictórios, em (m³/mês);

$C_{(\text{ÁGUA POTÁVEL})}$ = consumo médio de água potável, em (m³/mês).

Já os dados de consumo de água, para limpeza do Campus ($C_{(\text{LIMPEZA})}$), foram coletados através de entrevistas com funcionários, para determinar com que frequência ocorre esta limpeza. Foi realizada uma tabela onde foram consideradas as demandas de água para a limpeza dos banheiros, corredores e algumas salas.

As salas de aulas e salas dos professores não se enquadram na pesquisa, por serem de piso em parquet de madeira, onde não é utilizada água para a limpeza. Para o cálculo do consumo de água considerou-se que a limpeza ocorre durante 20 dias no mês e que são usados baldes com capacidade de 20 litros. Para a determinação do volume de água destinado a limpeza foi utilizada a Equação 9.

$$C_{(\text{LIMPEZA})} = C_{(\text{BANHEIROS})} + C_{(\text{CORREDORES})} + C_{(\text{SALAS})} \quad \dots(9)$$

onde:

$C_{(\text{LIMPEZA})}$ = consumo total de água destinado a limpeza do Campus, em (m³/mês);

$C_{(\text{BANHEIROS})}$ = consumo de água destinado a limpeza dos banheiros, em (m³/mês);

$C_{(CORREDORES)}$ = consumo de água destinado a limpeza dos corredores, em ($m^3/mês$);

$C_{(SALAS)}$ = consumo de água destinado a limpeza de algumas salas, em ($m^3/mês$).

Além destes consumos calculados foi considerada uma pequena margem de segurança, considerando a porcentagem de Tomaz (2000), para vazamentos de água e outros usos, de 1,5 %. O consumo para outros fins, portanto, foi determinado através da Equação 10.

$$C_{(OUTROS)} = C_{(ÁGUA POTÁVEL)} \times 1,5\% \quad \dots(10)$$

onde:

$C_{(OUTROS)}$ = consumo considerado para eventuais outros usos, em ($m^3/mês$);

$C_{(ÁGUA POTÁVEL)}$ = consumo médio de água potável, em ($m^3/mês$).

Por fim foi realizada uma tabela resumo baseada na Equação 11 com os valores totais de demanda de água não potável usados na Universidade.

$$C_{(TOTAL)} = C_{(DESCARGAS)} + C_{(LIMPEZA)} + C_{(OUTROS)} \quad \dots(11)$$

A irrigação dos jardins não foi considerada, pois no ano analisado (2013) o Campus ainda não era arborizado e por isso não havia consumo de água para este fim. Porém, as áreas verdes são pequenas, e como dito acima, foi considerada uma margem de segurança, para outros possíveis consumos, que poderá ser usada para este destino, caso nas épocas mais quentes do ano tenha que ser realizada a rega das plantas.

3.6 Dimensionamento dos reservatórios e adequação para o uso

O cálculo do volume do reservatório foi realizado de acordo com o Método de Rippl, proposto pela NBR 15.527/2007.

Este método foi escolhido porque considera as demandas de água e é flexível com relação aos dados de entrada. Para a realização do cálculo fez-se necessário o uso da Tabela 6.

Tabela 6 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

Mês	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume mensal de chuva (m ³)	Diferença entre demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada dos valores positivos da coluna 6 (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro						
Fevereiro						
Março						
Abril						
Maio						
Junho						
Julho						
Agosto						
Setembro						
Outubro						
Novembro						
Dezembro						
Total						
Média						

Fonte: Tomaz (2012)

Para o preenchimento da Tabela 6, foram realizados os seguintes passos:

Coluna 1 - É o período de tempo, em meses, que vai de janeiro a dezembro.

Coluna 2 - Nesta coluna é inserida a série histórica das chuvas mensais.

Coluna 3 - É o volume total do consumo ou demanda.

Coluna 4 - É a área de captação utilizada para armazenar a água da chuva.

Coluna 5 - Nesta coluna, estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva.

Eles são obtidos multiplicando-se a coluna 2 com a coluna 4 e com o coeficiente de

Runoff (disponíveis na Tabela 5) e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos (m^3). Foi adotado para o coeficiente de Runoff o valor de 0,8, pois não consta o valor específico para o tipo de telha em uso, no caso, telha ondulada de fibrocimento.

Coluna 6 - Nesta coluna estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensal. Deve-se fazer a subtração da coluna 3 e da coluna 5. Quando o valor resultante der negativo, significa que há excesso de água. Se o valor der positivo, indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.

Coluna 7 - É o valor da diferença acumulada entre os valores positivos da coluna 6 em metros cúbicos (m^3). O volume do reservatório necessário para captar a água da chuva será o somatório dos valores positivos da coluna 7.

Só então, foi analisado se os reservatórios de armazenamento de águas pluviais disponíveis na Universidade atendem à demanda ou se é necessário o acréscimo de novos.

Caso fosse necessária a instalação de novas cisternas para atender a demanda, as mesmas devem ser instaladas de acordo com as especificações da NBR 12.217/1994.

Após o dimensionamento do reservatório, foram propostos os ajustes necessários para a correta instalação dos novos reservatórios, além da adequação dos já existentes.

3.7 Análise econômica

O sistema de coleta, armazenamento e distribuição de águas pluviais já encontra-se praticamente todo instalado, pois já existe toda a ligação da água coletada no Bloco Acadêmico 2 para os demais blocos, para o uso nas descargas dos vasos sanitários e mictórios.

É necessária que seja realizada apenas a adequação do sistema para a instalação dos novos reservatórios. Para isso, é preciso que sejam colocadas calhas nos Bloco Acadêmico 1 e Bloco Administrativo para a coleta da água da chuva. Além disso, para que a água captada seja distribuída até os reservatórios, e dos reservatórios para os devidos fins, é necessária a colocação de tubulações e

conexões. Como não existem conexões que ligam a água pluvial, armazenada nos reservatórios, aos tanques, que dispõem a água utilizada para a limpeza do Campus, a sugestão é a instalação de torneiras próximas às cisternas, evitando assim que a estrutura do Campus seja danificada com novas obras para a instalação de tubulações até os respectivos tanques.

Por estes motivos, foi realizada uma estimativa com base no custo de mercado, apenas dos reservatórios, visto que eles apresentam o maior custo para a instalação do sistema. Com isso, pode-se analisar qual seria o potencial econômico gerado pelo uso do sistema.

Além disso, foi calculado o período de retorno do investimento (payback), que é um método prático que indica o número de períodos (anos, meses ou dias) necessários para recuperar o investimento feito na construção do sistema. Quanto menor for o período de retorno, melhor é o projeto. O valor do tempo de retorno é calculado através da Equação 12 (OLIVEIRA, 2008).

$$\text{Payback} = \text{Custo do reservatório} \div \text{Benefício} \quad \dots(12)$$

onde:

Custo do reservatório = volume dos reservatórios x preço do m³ do reservatório, em (R\$);

Benefício = volume de água de chuva x custo do m³ de água potável, em (m³/mês).

Considerando que:

1 m³ de reservatório = R\$ 272,00;

1 m³ de água = R\$ 10,28 m³/mês.

O custo do m³ do reservatório foi baseado nos valores da empresa Araguaia Agrocomercial Ltda, que apresentou os preços mais acessíveis.

Já o preço do m³ de água foi retirado das contas pagas à CORSAN.

Foi possível, no final do estudo, verificar qual foi a redução mensal do volume de água fornecida pela CORSAN, caso passem a ser utilizadas as cisternas para atender o consumo de água não potável, das descargas dos banheiros e da limpeza do Campus.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Áreas de captação

Através da análise das plantas baixas de cobertura dos prédios em estudo, determinou-se as áreas de captação de águas pluviais, que são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Áreas de coberturas dos prédios analisados

Identificação	Área (m²)
Bloco acadêmico 1	506,33
Bloco acadêmico 2	747,50
Bloco administrativo	775,17
Total	2.029

Fonte: Elaboração própria

A área total, que poderá ser utilizada para captação de água pluvial é de 2.029 m². Sendo que hoje, somente a área do Bloco Acadêmico 2 (correspondente a 36,84% da área total) é utilizada para a captação pluvial.

Nas referidas plantas baixas também foi identificado que o material das coberturas dos três blocos é constituído por telha ondulada de fibrocimento.

4.2 Análise dos dados pluviométricos

Com base nos dados obtidos no INMET é apresentada a Tabela 8, que relaciona as precipitações médias acumuladas de todos os meses do ano, em um período de 30 anos (1961 - 1990).

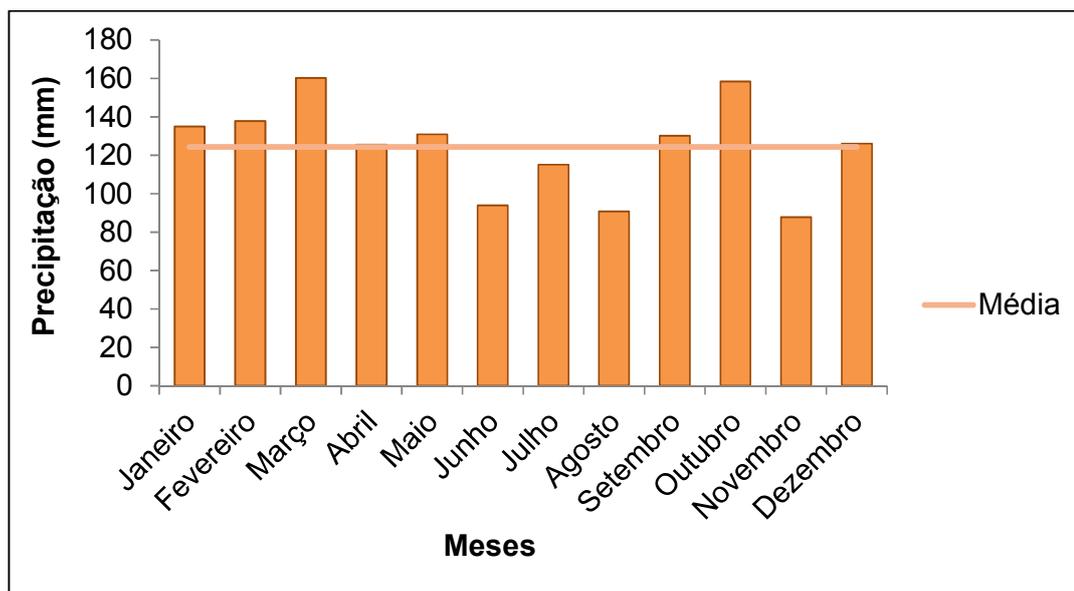
Tabela 8 - Dados pluviométricos de Alegrete/RS - Média histórica (normal climatológica 1961 - 1990)

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	135,00
Fevereiro	137,90
Março	160,40
Abril	125,50
Maio	130,90
Junho	93,90
Julho	115,20
Agosto	90,80
Setembro	130,20
Outubro	158,40
Novembro	87,90
Dezembro	126,10
Total	1.492,20
Média	124,35

Fonte: INMET (2013, não paginado)

Por meio da série de dados, é possível constatar que as chuvas em Alegrete são bem distribuídas, registrando uma precipitação mínima média de 87,90 mm no mês de novembro e máxima média de 160,40 mm no mês de março, com precipitação média anual em torno de 1.492 mm. Na Figura 24 é apresentada a distribuição temporal das precipitações médias mensais acumuladas em Alegrete/RS.

Figura 24 - Precipitação média acumulada mensal em Alegrete/RS (1961 - 1990)



Fonte: Elaboração própria

Através da Figura 24, nota-se que os meses de janeiro, fevereiro, março, maio, setembro e outubro, são classificados como meses chuvosos, uma vez que seus índices pluviométricos ficaram acima da média anual. Os demais, são classificados como meses secos. Esta comparação, com base na média acumulada mensal é descrita por Mélló; Zahed Filho; Brites (2014).

Ainda, observa-se que a distribuição temporal das precipitações do município de Alegrete/RS apresenta tendência similar a distribuição das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul.

4.3 Dados do consumo de água potável

Através da verificação das faturas mensais pagas à CORSAN, pela Universidade, foi elaborada a Tabela 9, que apresenta os consumos mensais, de água potável, com seus respectivos valores, no ano de 2013.

Tabela 9 - Valores de consumo de água potável mensal no Campus em 2013

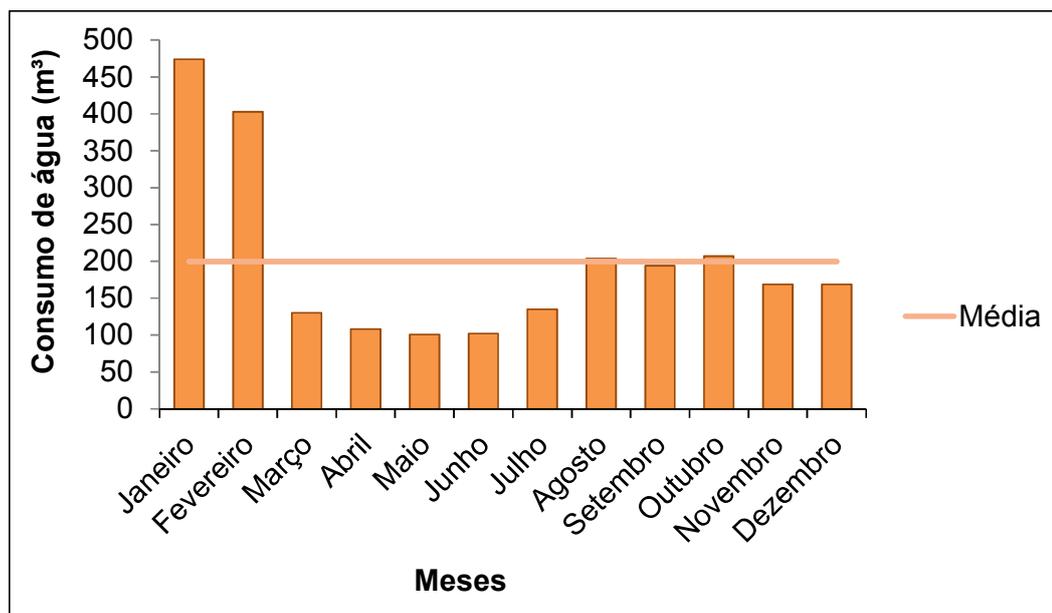
Mês	Consumo de água (m³)	Valor (R\$)
Janeiro	474	4.550,24
Fevereiro	403	3.868,66
Março	130	1.214,47
Abril	108	1.111,31
Mai	101	940,56
Junho	102	949,93
Julho	135	1.348,29
Agosto	204	2.057,79
Setembro	194	1.957,46
Outubro	207	2.088,90
Novembro	169	1.696,33
Dezembro	169	1.696,33
Total	2.396	23.480,27
Média	199,67	1.956,69

Fonte: CORSAN (2013, não paginado)

Conforme a Tabela 9, pode-se constatar que o consumo total de água em 2013, proveniente da rede pública, utilizada no Campus, foi de 2.396 m³, apresentando uma média mensal em torno de 200 m³, resultando em um custo médio mensal de aproximadamente R\$ 1.957,00, totalizando um custo anual de aproximadamente R\$ 23.480,00.

Na Figura 25 é apresentada a distribuição temporal do consumo de água potável, ao longo do ano de 2013.

Figura 25 - Consumo de água mensal em 2013



Fonte: Elaboração própria

A partir da Figura 25 pode-se observar um elevado consumo de água nos meses de janeiro e fevereiro. Esta elevação deve-se ao funcionamento da Universidade neste período, caracterizado por elevadas temperaturas, atingindo a marca dos 40°. Como já dito anteriormente, o Campus estava em funcionamento devido às greves ocorridas em 2011 e 2012.

4.4 Estimativas dos consumos de água para fins não potáveis

O consumo total de água considerado, para estes fins, foi o somatório do consumo de água estimado para uso nas bacias sanitárias e mictórios e do consumo para a limpeza interna do Campus.

a) Cálculo do consumo de água nos vasos sanitários e mictórios ($C_{(DESCARGAS)}$):

$$C_{(DESCARGAS)} = 199,67 \text{ m}^3/\text{mês} \times 50 \% = 99,83 \text{ m}^3/\text{mês}$$

b) Cálculo do consumo de água para a limpeza do Campus ($C_{(LIMPEZA)}$):

A Tabela 10 apresenta o resultado da entrevista realizada com os funcionários

responsáveis pela limpeza do Campus, onde foi considerada a limpeza dos banheiros, corredores e algumas salas.

Tabela 10 - Consumo de água usada na limpeza do Campus ($C_{(LIMPEZA)}$)

Local	Quantidade (balde/dia)	Quantidade (litros/dia)	Frequência (vezes/semana)	Consumo (litros/mês)
Banheiros	108	2160	5	43200
Corredores	12	240	5	4800
Outras salas	14	280	1	1120
Total $C_{(LIMPEZA)}$ (litros/mês)				49120
Total $C_{(LIMPEZA)}$ ($m^3/mês$)				49,12

Fonte: Elaboração própria

O total do consumo de água destinado para a limpeza do Campus foi de $49,12 m^3/mês$. Este valor representa, aproximadamente, 25% do consumo total, de água potável, usado no Campus.

c) Cálculo do consumo de água para outros fins ($C_{(OUTROS)}$):

$$C_{(OUTROS)} = 199,67 m^3/mês \times 1,5 \% = 3 m^3/mês$$

d) Cálculo do consumo total mensal de água não potável $C_{(TOTAL)}$:

A demanda mensal total de água não potável, na Universidade, é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 – Consumo total de água não potável no Campus em 2013

Uso não potável	Quantidade estimada ($m^3/mês$)	Quantidade estimada (%)
Descargas dos banheiros ($C_{(BANHEIROS)}$)	99,83	50
Limpeza do Campus ($C_{(LIMPEZA)}$)	49,12	24,60
Outros fins ($C_{(OUTROS)}$)	3,00	1,50
Total $C_{(TOTAL)}$	151,95	76,10

Fonte: Elaboração própria

Com base nos cálculos verifica-se que o total da demanda não potável é de aproximadamente, 152 m³/mês e representa um percentual na base de 76%, com relação ao consumo total.

4.5 Dimensionamento do reservatório

O dimensionamento do reservatório foi realizado através do método de Rippl. Para a determinação do volume do reservatório foi utilizada a Tabela 12.

Tabela 12 - Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

Mês	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume mensal de chuva (m ³)	Diferença entre demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada dos valores positivos da coluna 6 (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	135,00	151,95	2.029	219,13	-67,18	
Fevereiro	137,90	151,95	2.029	223,84	-71,89	
Março	160,40	151,95	2.029	260,36	-108,41	
Abril	125,50	151,95	2.029	203,71	-51,76	
Mai	130,90	151,95	2.029	212,48	-60,53	
Junho	93,90	151,95	2.029	152,42	-0,47	
Julho	115,20	151,95	2.029	186,99	-35,04	
Agosto	90,80	151,95	2.029	147,39	4,56	4,56
Setembro	130,20	151,95	2.029	211,34	-59,39	
Outubro	158,40	151,95	2.029	257,11	-105,16	
Novembro	87,90	151,95	2.029	142,68	9,27	13,83
Dezembro	126,10	151,95	2.029	204,69	-52,74	
Total	1492,20 mm/ano	1823,40 m³/ano	-	2422,14 m³/ano	-	-
Média	124,35 mm/mês	151,95 m³/mês	-	201,84 m³/mês	-	-

Fonte: Elaboração própria

Nota-se na Tabela 12, que a diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva, somente foi positivo nos meses de agosto e novembro. Ou seja, a oferta (volume de chuva precipitado), ao longo do ano, foi sempre superior à demanda (volume consumido), exceto nos meses citados acima.

Observa-se ainda na Tabela 12, através da diferença acumulada entre os valores positivos de volumes de demanda de água e de chuva, que o reservatório deve armazenar além da demanda mensal, $151,95 \text{ m}^3$, o total de $13,83 \text{ m}^3$, para suprir a demanda nos meses de agosto e novembro, onde a precipitação é menor que a demanda.

Nota-se que o volume anual de água da chuva é bem maior que a demanda anual de água não potável, apresentando uma diferença de $598,74 \text{ m}^3/\text{ano}$, comprovando que o consumo mensal de água não potável pode ser suprido totalmente com a captação da água da chuva.

Portanto, para o volume do reservatório foi considerado o volume de demanda mensal de água não potável de 152 m^3 , além do volume de 14 m^3 , que é o volume que deve ser armazenado a mais para suprir a demanda dos meses de agosto e novembro. Assim, totalizando em um volume de reservatório de 166 m^3 .

Como já dito, existem no Campus, cinco reservatórios inferiores de 5 m^3 , o equivalente a 25 m^3 , e um reservatório de 50 m^3 na parte superior, totalizando 75 m^3 . Assim, é necessária a instalação de mais um reservatório de 91 m^3 . Como os volumes de reservatórios comerciais comuns são múltiplos de cinco, será adotado um reservatório de 95 m^3 .

4.6 Sugestões para adequação dos novos reservatórios e dos existentes

Para que as cisternas já existentes no Campus e as novas possam ser utilizadas é preciso que as mesmas sofram as devidas adequações. Como as calhas do Bloco Acadêmico 2 já apresentam filtros que impedem a passagem de folhas, galhos e outros detritos, sugere-se que seja efetuada a colocação, de outros dispositivos de filtragem, que evita que detritos menores adentrem sobre as calhas. Caso sejam colocadas as novas cisternas, sugere-se a instalação dos dois dispositivos filtrantes, citados acima.

Além deste sistema básico para a limpeza da água, é recomendado que seja realizado o tratamento da água, pois a água pode entrar em contato com o corpo humano. Também, deve-se instalar um reservatório de autolimpeza, que tem a função de armazenar a primeira parcela de chuva, para evitar a contaminação de toda a água da chuva que é coletada.

Para o dimensionamento do reservatório de autolimpeza, foi adotado o exposto na NBR 15.527/2007. Considerando-se que a área de telhado do Campus é de 2.029 m², e adotando-se o descarte de 2 mm iniciais de chuva, conclui-se que o reservatório de autolimpeza deve ter um volume de, aproximadamente, 5 m³.

Deste modo, para que o Campus possa atender a demanda, será necessária a instalação de mais dois reservatórios, um com capacidade 95 m³ para armazenar as águas pluviais e outro com capacidade de 5 m³, de autolimpeza.

O reservatório de autolimpeza deve ser esvaziado e limpo regularmente, sempre após períodos sem a ocorrência de precipitação.

4.7 Análise econômica

Foi realizada uma estimativa com base no custo dos reservatórios para analisar qual seria o potencial econômico gerado através da implantação do sistema.

Se fossem instalados os dois reservatórios (o de armazenamento para uso não potável e o de descarte das primeiras chuvas), o custo seria de aproximadamente R\$ 27.200,00.

O valor do tempo de retorno do investimento foi calculado de acordo com a Equação 12. O cálculo encontra-se abaixo:

Volume de água de chuva = 201,84 m³/mês

Benefício = 201,84 m³/mês x R\$ 10,28 m³/mês = R\$ 2.074,91 m³/mês

Custo dos reservatórios = R\$ 27.200,00

Custo dos reservatórios ÷ Benefício = R\$ 27.200,00 ÷ R\$ 2.074,91 = 13,10 meses

A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos, com o potencial econômico para a Universidade, caso os reservatórios sejam instalados.

Tabela 13 - Resultados obtidos com a instalação dos reservatórios

VR (m ³)	CR (R\$)	PR (meses)	VE (R\$)
100	27.200,00	13	1.490,00

Fonte: Elaboração própria

VR = volume dos reservatórios (m³); CR = custo do m³ do reservatório (R\$); PR = período de retorno (meses); VE = valor economizado com água potável(R\$).

Analisando os valores da Tabela 13, verifica-se que a implantação do sistema de coleta e armazenamento de águas pluviais se mostra bastante viável econômica e ambientalmente. Com um investimento de aproximadamente R\$ 27.200,00, em apenas 1 ano e 1 mês o dinheiro investido nos reservatórios seria recuperado, através da economia de 76% do consumo de água tratada, gerada mensalmente.

O consumo de água iria passar de aproximadamente 200 m³ para 50 m³, gerando uma economia mensal em torno de R\$ 1.490,00 mensais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Considerações finais

Este trabalho propôs estudar a viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, na Universidade Federal do Pampa - Campus Alegrete/RS, visando à redução do consumo de água potável utilizada para as descargas das bacias sanitárias e mictórios e para a limpeza da Universidade.

O município de Alegrete/RS está situado em uma região caracterizada por apresentar chuvas bem distribuídas durante o ano, com valores de precipitação média anual em torno de 1.492 mm. Esta é uma característica bem comum do estado do Rio Grande do Sul, que acabou refletindo no dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl. Após a realização dos cálculos, obteve-se que o volume de chuva que pode ser armazenado mensalmente é muito maior que a demanda mensal necessária para suprir o consumo de água não potável no Campus, apresentando uma diferença entre volume de chuva captado e demanda mensal em torno de 50 m³/mês.

Aliado a esta condição, de precipitações bem distribuídas na região, a Universidade apresenta telhados de grandes dimensões, o que possibilita a captação de grandes volumes de água de chuva, permitindo que a demanda anual não potável seja suprida totalmente com o volume de chuva armazenado.

Na maior parte dos casos, o que torna o uso do sistema de captação das águas pluviais oneroso, gerando um longo tempo de retorno do investimento, é a instalação do reservatório, por ser necessário que tenha um volume elevado, para que a captação da água da chuva possa atender toda a demanda não potável exigida. Neste estudo de caso, isto não ocorreu, já que a Universidade já possui o sistema instalado, na maior parte da estrutura avaliada, apenas necessitando de adequação para que esteja liberado para o uso.

Além dos reservatórios já existentes, seria necessária a instalação de um reservatório, para o armazenamento da água da chuva, de 95 m³, para que toda a demanda não potável fosse suprida apenas com a utilização de águas pluviais.

Diante do exposto, a implantação do sistema de coleta de águas pluviais se mostrou bastante viável, em termos econômicos e ambientais. Os gastos necessários para os ajustes e colocação dos novos reservatórios seriam pequenos, comparados ao que é gasto anualmente com a água potável, fornecida pela concessionária de abastecimento público. Além disso, com o uso das águas pluviais para os destinos não potáveis, a instituição de ensino servirá como vitrine para conscientizar a população da importância da conservação da água potável.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Após a conclusão deste estudo, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- ✓ Elaborar um estudo mais detalhado na UNIPAMPA – Campus Alegrete/RS, com base na aplicação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Para isso, deve-se realizar a comparação entre as demandas de água não potáveis calculadas neste trabalho, através de estimativas baseadas em bibliografias, com as demandas obtidas através do monitoramento e entrevistas realizadas com os frequentadores do Campus. O objetivo é obter o consumo real de água usado nas descargas dos banheiros e comparar com as disponíveis nas bibliografias;
- ✓ Realizar estudos com base em sistemas de aproveitamento de águas pluviais em outros tipos de edificações, como por exemplo, em residências, escolas, indústrias e hospitais, a fim de verificar a viabilidade da implantação do sistema;
- ✓ Verificar a economia de água potável gerada através da utilização do sistema de aproveitamento de água da chuva em conjunto com o sistema de reuso de águas cinzentas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. A. S. **Sustentabilidade no uso da água para rega em estruturas desportivas**. Dissertação. (Mestrado em Construção Civil)-Instituto Politécnico de Setúbal, Lisboa, 2012.
- ANA, FIESP & SINCUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.
- ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.
- BARBOSA, V. **Meio Ambiente e Energia**. 2012. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/>>. Acesso em: 9 jul. 2013.
- BRASIL. **Decreto-lei nº 13.276**, de 4 de janeiro de 2002. Dispõe sobre a obrigatoriedade de edifícios possuírem sistema de reúso de água. São Paulo, 15 mar. 2002. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/habitacao/plantas_on_line/legislacao/index.php?p=12678>. Acesso em: 17 jul. 2013.
- _____. **Lei nº 5.722**, de 21 de agosto de 2006. Dispõe sobre a obrigatoriedade de edifícios possuírem sistema de reúso de água e de outras providências. Santa Catarina, 21 ago. 2006. Disponível em: <http://www.camaracascavel.pr.gov.br/leis-municipais/consulta-de-leis.html?sdetail=1&leis_id=81>. Acesso em: 17 jul. 2013.
- _____. **Lei nº 4.631**, de 2 de agosto de 2007. Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água e reúso em edificações, e dá outras providências. Paraná, 2 ago. 2007. Disponível em: <http://www.camaracascavel.pr.gov.br/leis-municipais/consulta-de-leis.html?sdetail=1&leis_id=81>. Acesso em: 17 jul. 2013.
- _____. **Lei nº10.506**, de 05 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Porto Alegre, 05 ago. 2008. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 17 jul. 2013.

CAMDESSUS, M. et al. **Água: 8 milhões de mortos por ano: um escândalo mundial**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de Água de Chuva no Meio Urbano e seu Efeito na Drenagem Pluvial**. Tese (Doutorado em Engenharia)-Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ELY, D. **Como a grande São Paulo chegou a escassez de água**. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2014/08/como-a-grande-sao-paulo-chegou-a-escassez-de-agua-4566043.html>> Acesso em: 1 ago. 2014.

EVANS, J. M. **Ciclo da água**. 2006. Disponível em: <http://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ciclo_da_%C3%A1gua.jpg>. Acesso em: 9 jul. 2013. il. color.

GOOGLE MAPS BRASIL. **Localização Residencial Sapato Florido**, 2014. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-29.780158,-55.789152,3a,75y,147.48h,62.36t/data=!3m4!1e1!3m2!1stYMS4lghjd9NtJibdApSOA!2e0>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. 1. ed. Curitiba: Organic Trading, 2002.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1. ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 09 set. 2013.

KRISHNA, H. J. et al. **Rainwater Harvesting and Stormwater Recycling**. ASLA (American Society Landscape Architects).Annual Meeting, 2002.

LEAL, U. **Ciclo da água na edificação**.Téchnee, v. 9, n. 48, p. 45-6, set/out, 2000.

MAY, S. **Caracterização, Tratamento e Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MELO, F. M. O. J. **Análise de Sustentabilidade de Técnica de Sistemas de Recolha de Águas Pluviais em Grandes Estruturas**. Dissertação (Mestrado em Construção)-Instituto Politécnico de Setúbal. Lisboa, 2012.

MÉLLO, JR. A.V.; ZAHED FILHO, K.; BRITES, A. P. **Precipitações: chuvas intensas**, 2014. Disponível em: <file:///D:/Downloads/Aula%206_Precipita%C3%A7%C3%A3o_2014_Parte_3_de_3.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

OLIVEIRA, F. **Aproveitamento de Água Pluvial em Usos Urbanos em Portugal Continental** – Simulador para Avaliação da Viabilidade. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente)-Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2008.

ONU, **Organização das Nações Unidas no Brasil**, 2013. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher, 1976.

PORTO, E. R. et al. **Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semi-árido Brasileiro: O Que Tem Sido Feito e como Ampliar sua Aplicação no Campo**. Centro de Pesquisa do Trópico Semi-Árido (CPATSA), 1999.

PROSAB. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental)-Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2004.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

ROSA, A. H.; FRACETO, L. F.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Meio ambiente e sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SILVA, A. S.; BRITO, T. L.; ROCHA, M. C. **Captação de água da chuva no semi-árido brasileiro: Cisternas rurais II Água para Consumo Humano**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1988. (Embrapa Semiárido, Circular Técnica, 16).

SILVA, G. **Aproveitamento de Água de Chuva em um Prédio Industrial e Numa Escola Pública – Estudo de Caso**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2007.

SILVA, T. S. **Estudo da Viabilidade Técnico-Econômico do Aproveitamento das Águas em Sistemas Prediais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Perfil da Construção)-Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

SPAIPA, Indústria Brasileira de Bebidas. **Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.spaipa.com.br/captacaodaagua.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2013. il. color.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3ed. Austin, 2005.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar, 2000

_____. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

_____. **Dimensionamento de reservatórios de água de chuva**. São Paulo: Navegar, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009.

UNESCO, **Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura**, 2003. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

UNIPAMPA, **Universidade Federal do Pampa**, 2013. Disponível em:
<http://porteiros.unipampa.edu.br/alegrete/index.php?option=com_content&view=article&id=697&Itemid=98>. Acesso em: 10 set. 2013. il. color.

VIANA, V. **Água da Amazônia e a crise de São Paulo**. 2014. Disponível em:
<<http://envolverde.com.br/ambiente/agua-da-amazonia-e-crise-de-sao-paulo/>>.
Acesso em: 1 ago. 2014.

VIDAL, R. T. **Agua de lluvia – agua saludable**- Publicacion del Proyecto de Apoyo a la Reforma del Sector Salud de Guatemala. “APRESAL” Coemision Europea. República da Guatemala: M’ks Comunicacion, 2002.

WATERFALL, P. H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use**. University of Arizona Cooperative. Disponível em:
<<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>>. Acesso em: 25 ago. 2013.